**HİSSE SENEDİ FİYAT VERİMLİLİĞİNİN MARKOV ZİNCİRLERİ İLE ANALİZİ BIST TEKNOLOJİ ENDEKSİ HİSSE SENEDİ FİYATLARI ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

**Aslı ÖZDEMİR[[1]](#footnote-1)**

**Erhan DEMİRELİ[[2]](#footnote-2)**

***ÖZET***

*Oynaklık yapısı ekonometrik modellere uygun bir seyir izleyen hisse senedi fiyatları; olasılığa dayalı olarak tahminlenebilse de, piyasada aşırı getirilerin engellenmesi piyasanın işleyişinin temel mekanizmasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada Markov zincirleri analizi yaklaşımı ile diğer çalışmalardan farklı olarak doğrudan BIST Teknoloji Endeksi’nde işlem gören hisse senetlerinin fiyat verileri 02.05.2012-30.04.2013 döneminde 252 iş günü için incelenmiş, günlük fiyatlardaki değişkenlik yapısı belirli olasılıklar dahilinde hesaplanmıştır. Önceki çalışmalarda doğrudan endeks yapılarındaki değişiklik incelenirken, bu çalışmada farklı olarak fiyat serileri inceleme konusu olarak ele alınmıştır. Çalışma sonucunda hisse senedi fiyatlarının günlük değişimlerine ilişkin olasılık dağılımları elde edilmiş ve buradan hareketle hisse senetlerinin uzun dönemli beklenen getirileri hesaplanmıştır.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Markov Zincirleri, Hisse Senedi Fiyat Değişimi, BIST Teknoloji Endeksi.*

**ANALYSIS OF STOCK PRICE PRODUCTIVITY WITH MARKOV CHAINS: AN APPLICATION IN BIST TECHNOLOGY INDEX STOCK PRICES**

***ABSTRACT***

*Even though stock prices, which has a volatile structure in line with econometric models, can be estimated based on probabilities; prevention of excessive returns forms the basic mechanism for market operations. In this study, different from other studies, directly stock price data in BIST Technology index has been analyzed for 252 working days for a time period of 02.05.2012-30.04.2013, the volatility structure of the daily prices has been computed as particular probabilities. While the variations in the index structures has been examined in previous studies, the price series has been considered as the subject of analysis in this study. As a result, the probability distributions regarding to the daily variations of stock prices have been found and in this way, the long-term expected return of stocks have been calculated.*

***Keywords:*** *Markov Chains, Stock Prices Volatility, BIST Technology Index.*

**1. GİRİŞ**

Hisse senedi piyasaları volatilite düzeyi yüksek piyasalar olmasına rağmen, yatırımcılara sağladığı kâr olanakları ile alternatif yatırım araçları içerisinde en yoğun işlem hacmine sahip piyasalardır. Etkin piyasa hipotezi kapsamındaki uygulamalarla yatırımcıların aşırı kâr fırsatlarından yararlanma olanaklarını ortadan kaldırma çabalarına rağmen, dönemsel olarak temel ve teknik analizlerle aşırı kâr fırsatları bu piyasalarda ortaya çıkmaktadır. Matematiksel ve istatistiksel modeller ile yapılan analizler de bu hipotezin dönem dönem geçerliliğinin ortadan kalktığını göstermektedir. Özellikle olasılığa dayalı modeller, yatırımcılara hangi dönemde, hangi olasılıkla, ne kadar kazanabileceğini, geçmiş verileri dikkate almak suretiyle yatırım döneminden önce yaklaşık olarak hesaplayabilmektedir. Gelişmiş piyasalar bu duruma daha açık bir yapıda olmasına rağmen gelişmekte olan piyasalarda kâr fırsatları yatırımcılar tarafından daha fazla tercih edilmektedir. Bu gerekçeyle de gelişmiş ülkelerdeki yatırımcılar, gelişmekte olan ülkelerin hisse senedi piyasalarına yönelmekte, hatta piyasada ulusal yatırımcılardan daha fazla ağırlığa sahip olmaktadırlar.

Söz konusu istatistiksel modellerden biri de Markov Zincirleri Analizi’dir. İlk olarak 20. yüzyılın başlarında ortaya konan Markov zincirleri, Markovien özellik taşıyan stokastik süreçler olarak tanımlanmaktadır. Markovien özelliği stokastik sürecin gelecekteki bir durumunun geçmişten bağımsız olması ve sadece sürecin mevcut durumuna bağlı olmasını ifade etmektedir. Markov zinciri olarak modellenebilen stokastik süreçlerin kısa ve uzun dönemli eğilimlerinin Markov zincirindeki çeşitli araçlarla analiz edilmesi ile belirsizlik de karar verme sürecine dahil edilebildiğinden daha rasyonel çözümler elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, Markov zincirleri kullanılarak hisse senetlerinin değerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla hisse senedi günlük kapanış fiyatlarındaki değişim için Markov zinciri oluşturulmuş, bir yıllık veri seti kullanılarak durumlar arası geçişlere ilişkin geçiş olasılıkları hesaplanmıştır. Hisse senetlerinin uzun dönemdeki eğilimlerini ortaya koymak için de her hisse senedi için oluşturulan geçiş olasılıkları matrislerinden faydalanarak denge durumu olasılıkları elde edilmiştir. Bu olasılık değerleri ve hesaplanan ortalama değer kaybetme ve değer kazanma yüzdeleri kullanılarak hisse senetlerinin uzun dönemli seyirleri dikkate alınmış, ardından günlük beklenen getiriler hesaplanmış ve hangi hisselerin daha yüksek getiri sağlaması beklendiği ortaya konulmuştur. Yatırımcıların hisse senetlerindeki durum değişiklikleriyle ortalama ne kadar sürede karşılaşacaklarını belirlemek için de Markov zincirlerinde hesaplanan ilk geçiş sürelerinden faydalanılmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda çalışmanın ilk bölümünde konuyla ilgili literatür taramasına yer verildikten sonra, ikinci bölümde Markov zincirleri teorisine değinilmiş, son bölümde de BIST Teknoloji endeksi kapsamındaki hisse senetlerinin günlük fiyat değişimlerine ilişkin uygulama yapılmıştır.

**2. LİTERATÜR TARAMASI**

Stokastik süreçlerin modellenmesinde yararlanılabilen yöntemlerden biri olan Markov zincirleri, ilk olarak Rus matematikçi A. Markov tarafından 1906 yılında ele alınmış ve şiirlerdeki sesli ve sessiz harf sayılarının tahminlenmesinde ve belirli bir karakterden diğerine geçiş olasılıklarının hesaplanmasında kullanılmıştır (Filar ve Vrieze, 1996: 365). Markov, Romanovsky, Kolmogorov, Doeblin, Doob, Feller, Chung ve Sarymsakov’un Markov zincirlerinin teorik temelini oluşturan çalışmalarının (Takacs, 1960: 7) katkılarıyla sonraki yıllarda fiziksel sistemlerde yapılan ilk uygulamaların ardından Markov zincirlerinin finans, pazar araştırmaları, genetik, ilaç sektörü, demografik, psikoloji ve politik bilimler gibi çok sayıda alanda uygulandığı görülmektedir (Barnett ve Ziegler, 2003: 461). Literatürdeki çalışmalardan Markov zincirlerinin; pazar payı ve marka tercihi analizleri, insan kaynakları planlaması, envanter kontrolü ve kuyruk modelleri, makine bakım-onarım ve yenileme problemleri, proje yönetimi, muhasebede şüpheli alacak analizleri, optimal portföy kararları, işletme risk derecelendirmesi gibi işletme karar verme süreçlerine ilişkin pek çok karar probleminde de uygulandığı gözlenmektedir (Tütek ve diğerleri, 2012: 588).

Dewachter (2001) çalışmasında Markov geçiş modelinin döviz kuru için klasik martingale modele alternatif bir istatistiksel yaklaşım olup olmadığını test etmiştir. Çalışma sonucunda genişletilmiş Markov geçiş modelinin kârlılıktaki değişimi açıklayabildiği saptanmıştır. Bassler vd. (2006) çalışmalarında Markov süreçlerinin, Hurst üstelinin ve doğrusal olmayan dağılımları finansal uygulamalar kapsamında incelemişlerdir. Dueker ve Neely (2007) çalışmalarında Markov geçiş modelleri ile aşırı döviz getirilerinin tahminini değerlendirmişler, önceden tahminlenmiş bir işlem kuralı geliştirmişlerdir. Markov işlem kuralının belirleyiciliği, döviz piyasaları için işlem trendini belirlemesidir. Çalışma sonucunda Markov modellerinin örneklem dışı veriler için önemli portföy getirileri ortaya koyduğu saptanmıştır. Can ve Öz (2009) çalışmalarında ABD dolar kuru için geleceğe yönelik bir tahmin metodu sunmuşlardır. Tahmin metodu olarak Markov zincirlerine bazı ek özellikler eklenerek tanımlanan saklı Markov modelleri kullanılmıştır. Modelde 1992-2007 yılları arasında Türkiye’de gözlenen dolar kuru değerleri ve bu kurları etkileyen ekonomik veriler baz alınarak 2008 yılına ait dolar kuru değişimi için tahminlemeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda tahminlenen dolar kuru değişimleri için tutarlılığın oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Öz (2009) çalışmasında Markov zincirleri üzerine kurulu olan saklı Markov modeli kullanarak İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) Ulusal 100 Endeksi değerinin değişim oranlarını tahmin etmek amacı ile bir uygulama geliştirmiştir. Öz ve Erpolat (2010) çalışmalarında, çok değişkenli Markov zinciri modelini test etmişlerdir. Bu kapsamda dolar kuru alış fiyatlarında oluşan aylık değişimler ile İMKB Ulusal 100 endeksi değerlerinde oluşan aylık değişimler iki kategorik dizi olarak ele alınarak bu dizilerin birbirlerini ne oranda etkiledikleri araştırılmıştır. Akyurt (2011) çalışmasında, ülke derecelendirme sistemlerini Markov zincirleri ile analiz etmiştir. Çalışmasında kredi notlarının önemine değinen Akyurt, bu kapsamda derecelendirme kuruluşlarının notlandırma sistemlerindeki farklılıkları dikkate alarak Moody’s’in derecelendirme sistem verilerini 108 ülke için Markov zinciri oluşturmuştur. Çalışmada Markov zinciri analizi için gerekli olan geçiş matrisine ulaşmak suretiyle, zincirin kararlı hal analizi ve ortalama ilk geçiş zamanı analiz sonuçları incelenmiştir. Çalışma sonucunda yüksek kredi notuna sahip bir ülkenin notunun yükselme olasılığının düşme olasılığından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte kararlı hal analizine göre, uzun dönemde ülkelerin %50’sinin Aaa ve Aa derecelerine sahip olacağı tespit edilmiştir. D’Amico ve Petroni (2012) çalışmalarında, Markov modelleri ile yüksek frekanslı fiyat hareketlerine dayalı hisse senedi getirilerini 01.01.2007-31.01.2010 döneminde İtalya Borsası’nda incelemişlerdir. Çalışmada; gün içi getiri verileri yarı Markov süreçle, kapanış fiyatlarına dayalı getirileri ise Markov zincirleri ile modellenmiştir. Bu varsayıma dayalı olarak söz konusu zaman dağılımları ve oynaklığa dayalı otokorelasyon fonksiyonu için bir eşitlik türetilmiş, teorik sonuçlar gerçek verilerden elde edilen ampirik sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada ise önceki çalışmalardan farklı olarak Borsa İstanbul (BIST) endeks değerlerindeki değişimler yerine BIST Teknoloji endeksinde yer alan tüm şirketlerin hisse senetleri günlük kapanış fiyatlarındaki değişimler Markov zincirleri analizi ile incelenmiş ve şirket bazında hisse senetlerinin uzun dönemde beklenen getirileri değerlendirilmiştir.

**3. MARKOV ZİNCİRLERİ ANALİZİ**

Stokastik süreçlerden biri olan Markov zincirlerinin temelini sürecin durumları, durumlar arası geçişler ve bu geçişlere ilişkin olasılık yapısı oluşturmaktadır.

Stokastik süreçlerin tümünde olduğu gibi Markov zincirinde de her bir durum, rassal değişkenlerin aldığı her bir özel değeri yani sürecin incelenmekte olan niteliklerinin ayrıldığı her bir kategoriyi ifade etmektedir (Buffa ve Dyer, 1977: 275). Ele alınan ve Markov zinciri olarak modellenen stokastik süreç, herhangi bir zaman periyodunda sadece tek bir durumda olabilmekte, yani incelenen niteliğe ilişkin tek bir değer alabilmektedir. Olası tüm durumların oluşturduğu küme de durum uzayı (*S*) olarak adlandırılmaktadır. Markov zincirleri, Markov süreçlerinin belirli özelliğe sahip bir türünü oluşturmaktadır. Bir stokastik süreç, *n* zaman periyotlar kümesi için sürecin hangi durumda olacağına ilişkin koşullu olasılığın sadece bir önceki periyottaki değere bağlı olması halinde Markov süreci olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, sürecin şu anki durumu bilindiğinde gelecek, geçmiş durumlardan bağımsız olmaktadır (Parzen, 1962: 188). Markov zinciri, sonlu sayıda durumlar kümesine sahip Markov süreçleridir.

Markov zincirinin bir durumdan diğerine hareketleri, yani durumların değişimleri geçişlerle ifade edilmekte ve zincirin kısa ve uzun dönemli seyrinin belirlenmesinde de bu değişimlere ilişkin olasılık yapısını ortaya koyan geçiş olasılıkları matrisinden faydalanılmaktadır. Ele alınan stokastik süreç için bu koşullu olasılık değerleri, *t* zamanında *i* durumunda olan sürecin *t+1* zamanında *j* durumunda olma olasılığını belirtmekte ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Winston, 2004: 924).

 (1)

(1) ifadesi, gelecek durumun olasılığını mevcut durumla ilişkilendiren olasılık kuralının zaman içinde değişmediğini yani durağan olduğunu göstermektedir (Öztürk, 2009: 741). Geçiş olasılıkları zamandan bağımsız olduğu için zincir homojen Markov zinciri olarak adlandırılmaktadır.

Sürecin tüm durumları için hesaplanmış olan  geçiş olasılıkları, *s* durum sayısını göstermek üzere,  geçiş olasılıkları matrisinde yer almaktadır. Geçiş olasılıkları matrisi stokastik bir matristir. Olasılıkları gösterdiğinden tüm elemanları için  olmalı ve bir durumdan tüm durumlara geçişlere ilişkin olasılık değerlerinin toplamının yani satır toplamının 1’e eşit olması gerekmektedir. Geçiş olasılıkları matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

 (2)

Markov zincirlerinde durumlar arası geçişler ve bunlara ilişkin olasılık yapısından hareketle ele alınan sürecin kısa ve uzun dönemli davranışları incelenebilmektedir. Sürecin kısa dönemli seyrinin incelenmesinde, diğer bir ifadeyle, *t* periyodunda *i* durumunda iken belirli bir periyot (*n*) sonra *j* durumunda olma olasılığı hesaplanmak istendiğinde *n*-aşamalı geçiş olasılıkları bulunmalıdır. Bu olasılıklar Chapman-Kolmogorov Eşitlikleri yardımıyla hesaplanmaktadır. Geçiş olasılıkları zamandan bağımsız, yani durağan olduğundan *n*-aşamalı geçiş olasılıkları da geçiş olasılıkları matrisinin *n*. kuvveti alınarak hesaplanmaktadır.

Markov zincirlerinin uzun dönemli seyrinin incelenmesinde ise eğer süreç gerekli özellikleri taşıyorsa hesaplanabilecek olan denge durumu olasılıkları kullanılmaktadır. Markov zincirlerinin tümü denge durumuna ulaşmamaktadır. Bir Markov zinciri ancak tüm durumları pozitif yinelenen durum ve periyodik olmayan durum özelliği taşıyorsa ergodik zincir niteliğine sahiptir ve ergodik zincirler de denge durumuna ulaşabilmektedir.

Bir *i* durumun pozitif yinelenen olması için bu durumdan başlamak üzere tekrar bu duruma geliş için beklenen sürenin sonlu olması ve periyodik olmayan durum olması için de bu *i* durumundan başlayarak tekrar bu duruma gelmek için harcanan süre ya da geçmesi gereken periyot sayısının tüm olası geçiş yolları için aynı olmaması gerekmektedir (Ravindran ve diğerleri, 1987: 267).

Denge durumu sürecin çok sayıda geçiş yaptıktan sonra hangi durumda olacağına ilişkin olasılık yapısının sürecin başlangıç durumundan bağımsız hale gelmesini ifade etmektedir (Hillier ve Lieberman, 2001: 813). Diğer bir ifadeyle geçiş olasılıkları matrislerinin kuvvetleri alındığında denge durumuna ulaştıktan sonra satırlarda değişim olmamakta ve geçiş olasılıkları matrisi her satırı aynı olan bir satır vektörüne dönüşmektedir.

*P*, *s* duruma sahip ergodik bir Markov zinciri için geçiş olasılıkları olarak tanımlandığında, *n* ile gösterilen çok sayıda periyot sonra aşağıdaki ifadeyi sağlayan bir  vektörü ortaya çıkmaktadır (Winston, 2004: 934).

 (3)

Denge durumu olasılıkları yukarıdaki matristen de görüldüğü gibi ile gösterilmekte ve bu değerlerin oluşturduğu denge durumu vektörü de aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

 (4)

Denge durumu olasılıkları eşitliğini sağlayacağından ve denge durumu olasılıklarının, yani denge vektörünün satır toplamı 1’e eşit olacağından denge durumu olasılıkları aşağıdaki denklemler kümesinin çözümüyle elde edilebilecektir (Taha, 2007: 649):



  (5)

Süreç denge durumuna ulaştıktan sonra da durumlar arası geçiş yapmaya devam etmektedir fakat geçiş olasılıkları artık hangi durumda olduğundan bağımsız hale gelmiştir. Bu nedenle de denge durumuna ulaşılan periyottan sonraki tüm değerlendirmeler için denge durum vektörü kullanılmaktadır. Denge durumu olasılıklarından faydalanılarak elde edilebilen bilgilerden bir diğeri de bu olasılıkların tersine eşit olan ve ile gösterilen ilk yinelenme süreleridir.

İlk yinelenme süresi, bir durumdan başlayan sürecin tekrar bu duruma ilk kez gelmesi için geçmesi beklenen ortalama süre olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

 (6)

Bir durumdan başlayan sürecin diğer durumlara ilk kez geçiş yapması için geçmesi beklenen ortalama süre ise ilk geçiş süresi olarak isimlendirilmekte ve bu olasılıklar yinelenme süreleri gibi denge durumu olasılıklarından faydalanarak değil aşağıdaki şekilde geçiş olasılıkları matrisi kullanılarak hesaplanmaktadır (Hillier ve Lieberman, 1995: 819):

 (7)

Yinelenme süreleri ya da daha geniş ifadeyle tüm durumlar için hesaplanacak olan ilk geçiş süreleri, karar vericilere sürecin durum değişimlerinin ne kadar süre aralıklarla olacağı konusunda bilgi sağlamaktadır.

**3. VERİ ANALİZİ**

**3.1. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi**

Markov zincirleri analizi ile hisse senetlerindeki fiyat değişimlerinin incelenebilirliğini ve uzun dönemde hisse senetlerinin beklenen getirilerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla Borsa İstanbul (BIST) Teknoloji Endeksi (XUTEK) kapsamındaki 16 şirketin hisse senetlerinin günlük kapanış fiyatlarındaki değişim ele alınmıştır. Bu doğrultuda BIST resmi web sitesinden elde edilen ve 02.05.2012-30.04.2013 tarihleri arasındaki 252 iş gününü kapsayan veriler kullanılarak ele alınan şirketlerin günlük kapanış fiyatlarındaki değişim Markov zincirleri ile modellenmiştir.

**3.2. Durumların Tanımlanması ve Geçiş Olasılıkları Matrislerinin Oluşturulması**

Araştırma kapsamında daha önce belirtildiği gibi BIST Teknoloji Endeksi kapsamındaki 16 şirkete ait hisse senetlerinin 1 yıllık süredeki günlük kapanış fiyatlarına ilişkin veriler ele alınmış ve hisse senedi kapanış fiyatlarının bir önceki günkü kapanış fiyatına göre gösterdiği eğilim Markov zinciri olarak modellenmiştir. Hisse senedinin değerinin nasıl bir eğilim göstereceği belirsizlik unsuru içerdiğinden olasılıklı bir yapının stokastik süreçlerden faydalanılarak karar vermede kullanılması daha objektif değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlayabilecektir.

Markov zincirlerinde daha önce belirtildiği gibi, ele alınan sistemin ya da sürecin gelecekteki durumu sadece mevcut durumuna bağlı olarak tahminlenmektedir. Hisse senetlerindeki günlük değişim de bir önceki günkü durum dikkate alınarak ve günlük kapanış fiyatlarındaki değişim incelenerek Markov zincirleri ile modellenebilmekte ve de karar vericilere ya da yatırımcılara, Markov zincirleri analizinde gerçekleştirilebilecek çeşitli hesaplamalar aracılığıyla hisse senetlerinin hem kısa vadede hem de uzun vadede getirisi konusunda güvenilir bilgiler sunabilmektedir. Markov zincirleri analizi, stokastik bir süreç olması itibariyle belirsizliği de analizlere dahil edebildiğinden deterministik yöntemlere kıyasla daha rasyonel kararlar verilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bir hisse senedinin kapanış fiyatı bir önceki günkü kapanış fiyatıyla kıyaslandığında azalabilmekte, aynı kalabilmekte ya da artış gösterebilmektedir. Bir önceki gün kapanış fiyatına göre azalma, aynı kalma ya da artış gösterme durumlarından birinde olan hisse senedinin bir sonraki gün de azalma, aynı kalma ya da artış gösterme durumlarından biri de olabileceğinden her bir hisse senedi için durum uzayında (*S*) üç durum olan (*s=1,2,3*) birer Markov zinciri oluşturulmuştur. 1.durum (*s=1*) hisse senedinin değer kaybetmesi yani kapanış fiyatının bir önceki güne kıyasla azalma göstermesini ifade ederken 2.durum (*s=2*) hisse senedinin değerinin değişmemesi, diğer bir ifadeyle kapanış fiyatının önceki gün kapanış fiyatıyla aynı olmasını göstermektedir. Son olarak zincirin üçüncü durumu (*s=3*) da hisse senedinin değerinin artmasıdır ki bu durum da hisse senedinin kapanış fiyatının önceki günkü fiyatına kıyasla artış göstermesini belirtmektedir.

Hisse senedi fiyatlarındaki değişimler Markov zincirinin durum uzayında tanımlanmış olan 3 durum arasındaki geçişlerle modellenmiştir. Buna göre örneğin bir hisse senedinin değeri önceki güne göre düşmüşken (durum 1’de iken) bir sonraki gün de değerinin düşmesi (durum 1’de olması) bu hisse senedi için 1.durumdan 1.duruma geçişle gösterilmektedir. Markov zinciri olarak modellenen stokastik süreçlerin bir zaman periyodundan sonraki zaman periyoduna durumlar arası geçişleri, değişme eğilimlerini yansıtan koşullu olasılıklarla yani geçiş olasılıkları ile ifade edilmektedir. Bu koşullu olasılıkların tüm durumlar arası geçişler için elde edilmesi ya da hesaplanması sonucunda da geçiş olasılıkları matrisine ulaşılmaktadır. Çalışmada ele alınan stokastik süreç hisse senetlerinin günlük kapanış fiyatlarındaki değişim olduğundan süreçte zaman periyodu 1 gündür. Bu doğrultuda durumlar arası geçişlere ilişkin geçiş olasılıkları da bir önceki günkü fiyata göre hisse senedinin değer kaybetmesi/değerinin aynı kalması/değer kazanması koşulunda bir sonraki gün de değer kaybetme/değerinin aynı kalması/değer kazanma olasılıklarını ifade etmektedir. Örneğin bir önceki güne kıyasla değer kaybetmiş olan hisse senedinin (*it=1)*, bir sonraki günü de değer azalışıyla bitirmesine ilişkin koşullu olasılık denklem (1)’den yola çıkarak aşağıdaki şekilde gösterilmekte ve durum 1’den durum 1’e geçiş olasılığını (*p11*) ifade etmektedir:



Yukarıda verilen koşullu olasılıklar tüm durumlar için geçiş olasılıkları matrisiyle özetlenmektedir. Buna göre hisse senedi fiyat değişimleri için, durum uzayında 3 durum yer aldığından (*3*×*3*) boyutundaki geçiş olasılıkları matrisi oluşturulmakta ve *P* matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:



BIST Teknoloji endeksi kapsamındaki 16 şirket için ayrı ayrı geçiş olasılıkları matrisi oluşturulacağından 16 matris elde edilecektir. Hesaplamalar Excel fonksiyonları ile gerçekleştirilmiştir. Geçişlere ilişkin olasılık yapısını gösteren koşullu olasılıkların elde edilmesi için, öncelikle, 02.05.2012-30.04.2013 tarihleri arasındaki 252 iş gününü kapsayan günlük veriler kullanılarak her bir hisse senedi için önceki gün kapanış fiyatı ve sonraki günkü kapanış fiyatı arasındaki fark hesaplanmıştır. Markov zincirindeki geçişler, önceki günkü durum *i=1,2,3* iken (olması koşulunda) yani değer azalışı, aynı kalma ya da değer artışı gösterme iken sonraki günün sonunda da *j=1,2,3* durumlarından birinde olma olasılığını ifade ettiğinden hesaplanan bu fark değişkeninden faydalanarak bu geçişlere ilişkin frekanslar elde edilmiştir. Farkın art arda 2 gün negatif olması durum 1’den durum 1’e geçiş olduğunu, diğer bir ifadeyle değer azalışını yine değer azalışının takip ettiğini göstermektedir. Farkın birbirini izleyen iki gün için sırasıyla negatif-sıfır olması azalışla kapanış yapan hisse senedinin bir sonraki gün fiyatının aynı kaldığını ve de farkın negatif-pozitif olması da önceki gün değeri azalan hisse senedinin bir sonraki günü değer artışıyla bitireceğini ifade etmektedir. Benzer şekilde aynı kalma ve artma durumları için de veriler analiz edilmiştir.

Örnek olarak endeks kapsamındaki ALCTL kodlu hisse senedi için geçiş olasılıklarının nasıl hesaplandığı ele alınacak olursa, hisse senedinin günlük kapanış fiyatları arasındaki farklar hesaplanarak elde edilen verilerden, art arda gelen günlerdeki azalış-aynı kalma-artış durumlarının birbirlerini nasıl izlediğine ilişkin değişim verisi elde edilmiştir. Bu verilerin frekans dağılımı oluşturulduğunda hisse senedi fiyatının düştüğü 118, aynı kaldığı 20 ve arttığı 112 veri olduğu görülmüştür. Excel fonksiyonlarından faydalanılarak değişimlerin birbirini nasıl izlediği diğer bir ifadeyle hangi durumdan hangi duruma ne kadar sayıda geçiş olduğuna ilişkin frekans dağılımı elde edilmiştir. Elde edilen frekans değerleri her durumun toplam frekansına oranlanarak durumlar arası geçişlere ilişkin koşullu olasılık değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 1’defrekanslar ve olasılık değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 1. Geçiş Olasılıklarının Hesaplanması**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Azalma*****(j=1)*** | **Aynı** **Kalma*****(j=2)*** | **Artma*****(j=3)*** | ***Toplam*** |
| **Azalma *(i=1)*** | *Frekans* | 57 | 9 | 52 | 118 |
| *Olasılık* | 0,483 | 0,076 | 0,441 | 1,00 |
| **Aynı Kalma *(i=2)*** | *Frekans* | 7 | 1 | 12 | 20 |
| *Olasılık* | 0,350 | 0,050 | 0,600 | 1,00 |
| **Artma *(i=3)*** | *Frekans* | 53 | 10 | 49 | 112 |
| *Olasılık* | 0,473 | 0,089 | 0,438 | 1,00 |

Yukarıdaki çizelgede yer alan koşullu olasılık değerleri geçiş olasılıkları matrisi olarak düzenlendiğinde ALCTL kodlu hisse senedi değişimlerine ilişkin matris aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Oluşturulan geçiş olasılıkları matrisinde her durum için en yüksek olasılıklı geçişler incelendiğinde, bir önceki gün değeri azalan hisse senedinin bir sonraki güne de değeri azalarak başlama olasılığının %48,3 olduğu görülmektedir. Değeri aynı kalan hisse senedinin bir sonraki gün değerinin artma olasılığı %60 ve de önceki güne kıyasla değeri artan hisse senedinin değerinin bir sonraki gün azalması olasılığı ise %47,3’dür.

Benzer şekilde diğer şirketlerin hisse senetleri için de 1 yıllık veriler kullanılarak ve günlük fiyat değişimlerinden hareketle durumlar arası geçişlere ilişkin koşullu olasılıklar hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan koşullu olasılık değerleriyle oluşturulan geçiş olasılıkları matrislerine, çalışma içinde çok fazla yer kaplayacak olması nedeniyle, EK 1’deki çizelgede yer verilmektedir.

**3.3. Denge Durumu Olasılıkları ve Hisse Senetlerinin Uzun Dönemli Beklenen Getirisinin Hesaplanması**

Hisse senetlerinin uzun dönemdeki azalma, aynı kalma ve artma eğilimlerini belirlemek için, Markov zincirleri analizinde ele alınan stokastik sürecin uzun dönemdeki davranışını ortaya koyan denge durumu olasılıklarından faydalanılmıştır. İkinci bölümde de belirtildiği gibi gerekli özellikleri sağlayan ergodik Markov zincirleri, süreç çok sayıda geçiş yaptığında denge durumuna gelmekte ve başlangıç durumundan yani hangi durumdan gelindiğinden bağımsız olarak durumlarda olma olasılıkları, bu aşamadan sonra değişmemektedir. Ele alınan hisse senetleri için denge durumu olasılıklarının, geçiş olasılıkları matrislerinin kuvvetleri alınarak hesaplanmasında MatLab programından faydalanılmıştır. Denge durumu olasılıkları her hisse senedi için Çizelge 2’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2. Hisse Senetlerinin Denge Durumu Olasılıkları**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hisse *Kodu*** | **Azalma*****(j=1)*** | **Aynı Kalma*****(j=2)*** | **Artma*****(j=3)*** |
| ALCTL | 0,468 | 0,080 | 0,452 |
| ANELT | 0,340 | 0,300 | 0,360 |
| ARENA | 0,448 | 0,160 | 0,392 |
| ARMDA | 0,388 | 0,144 | 0,468 |
| ASELS | 0,408 | 0,076 | 0,516 |
| DESPC | 0,404 | 0,196 | 0,400 |
| DGATE | 0,440 | 0,136 | 0,424 |
| ERICO | 0,508 | 0,056 | 0,436 |
| ESCOM | 0,440 | 0,208 | 0,352 |
| INDES | 0,448 | 0,112 | 0,440 |
| KAREL | 0,436 | 0,152 | 0,412 |
| KRONT | 0,508 | 0,229 | 0,264 |
| LINK | 0,483 | 0,172 | 0,344 |
| LOGO | 0,404 | 0,112 | 0,484 |
| NETAS | 0,504 | 0,124 | 0,372 |
| PKART | 0,408 | 0,252 | 0,340 |

Hisse senetlerinin uzun dönemli değişimlerini gösteren denge durumu olasılıkları incelendiğinde hisse senetlerinin hiçbiri için değerinin aynı kalmasına ilişkin olasılık değeri diğer durumlara kıyasla yüksek çıkmamıştır. Bu olasılığın en yüksek olduğu hisse % 30,0 olasılığa sahip ANELT hisseleridir. Azalma ve artma durumlarına ilişkin olasılıklar DESPEC (% 40,4 ve % 40,0) ve INDES (% 44,8 ve % 44,0) hisseleri için birbirine çok yakın olmakla birlikte diğer hisse senetlerinde bu durumların olasılıkları birbirinden daha farklı çıkmıştır. Artma durumuna ilişkin denge olasılığı diğer durumlara göre yüksek olan hisse senetleri; ANELT, ARMDA, ASELS ve LOGO hisseleridir. Diğer hisse senetlerinde ise azalma durumunun daha yüksek olasılığa sahip olduğu görülmektedir.

Hisse senetlerinin uzun dönemde beklenen getirisini hesaplamak için Çizelge 2’de verilen denge durumu olasılıkları kullanılmıştır. Bunun için de öncelikle her hisse senedi için 252 günlük veriler ele alınarak günlük değişim yüzdeleri hesaplanmış ve günlük azalış ile artışlara ilişkin bu yüzde değişim oranlarının ortalamaları alınarak her hisse senedi için ortalama değer artış ve azalış oranları elde edilmiştir. Hesaplanan değişim oranları Çizelge 3’te gösterilmektedir. Çizelgede gösterilen değişim yüzdeleri kullanılarak bir karar verici yani yatırımcı için belirli bir portföyün -örneğin 1000 TL- tamamının bir hisse senedine yatırılması durumunda, uzun dönemde hisse senetlerinin beklenen getirisinin günlük değişimler sonucunda ne kadar olacağı denge durumu olasılıklarıyla ağırlıklandırılarak hesaplanmıştır. Örneğin ALCTL kodlu hisse senedi için denge durumu olasılıklarını gösteren denge durum vektörü  olarak oluşturulmaktadır. Bu hisse senedinin bir yıllık verilerle hesaplanan ortalama değer kaybetme oranı % 1,356 iken değer kazanma oranı ise % 1,734’dür. Buna göre bu hisse senedine yatırılan 1000 TL’nin ortalama değer azalış oranıyla 986,443 TL ve değer artış oranıyla da 1017,342 TL değerinde olması beklenmektedir. Hisse senedi fiyat değişimleriyle elde edilen bu değerler denge durum vektöründeki olasılıklarla çarpılarak hisse senedinin birim zamandaki yani günlük beklenen getirisi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

Beklenen Değer TL.

Benzer şekilde parasal değerleri denge durumu olasılıklarıyla ağırlıklandırılarak tüm hisse senetleri için uzun dönemli beklenen getiriler hesaplanmıştır. Hisse senetlerinin uzun dönemde beklenen getirilerine göre sıralaması Çizelge 3’te gösterilmiştir.

**Çizelge 3. Hisse Senetleri Değişim Oranları ve Beklenen Getiriler**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Hisse Kodu*** | **% Değişim** | **Değer (TL)** | **Hisse Sen.****Bek. Getirisi** | **Sıralama** |
| **Azalma** | **Artma** | **Azalma** | **Artma** |
| ALCTL | 1,356 | 1,734 | 986,443 | 1017,342 | **1001,594** | 3 |
| ANELT | 1,024 | 1,160 | 989,760 | 1011,597 | **1000,585** | 7 |
| ARENA | 1,015 | 1,339 | 989,849 | 1013,391 | **1000,701** | 6 |
| ARMDA | 1,231 | 1,280 | 987,689 | 1012,803 | **1001,113** | 4 |
| ASELS | 1,845 | 1,637 | 981,551 | 1016,370 | **1000,920** | 5 |
| DESPC | 1,356 | 1,199 | 986,444 | 1011,989 | **999,319** | 12 |
| DGATE | 1,397 | 1,395 | 986,030 | 1013,946 | **999,769** | 11 |
| ERICO | 2,630 | 3,044 | 973,705 | 1030,437 | **999,912** | 10 |
| ESCOM | 3,145 | 2,246 | 968,553 | 1022,461 | **994,074** | 15 |
| INDES | 1,121 | 1,676 | 988,793 | 1016,756 | **1002,352** | 2 |
| KAREL | 1,300 | 1,409 | 986,995 | 1014,089 | **1000,134** | 9 |
| KRONT | 1,899 | 2,411 | 981,009 | 1024,107 | **996,715** | 14 |
| LINK | 1,072 | 1,136 | 989,278 | 1011,361 | **998,727** | 13 |
| LOGO | 1,569 | 2,053 | 984,309 | 1020,527 | **1003,596** | 1 |
| NETAS | 2,800 | 2,041 | 971,997 | 1020,408 | **993,386** | 16 |
| PKART | 0,981 | 1,276 | 990,188 | 1012,756 | **1000,334** | 8 |

Uzun dönemli fiyat değişimlerine ilişkin eğilimleri yansıtan denge durumu olasılıkları ve ortalama azalış-artış yüzdeleri kullanılarak hesaplanan beklenen hisse senedi getirileri incelendiğinde değerlerin birbirine yakın olduğu ancak sıralama yapıldığında LOGO hisselerinin en yüksek beklenen değerle 1.sırada yer alacağı belirlenmiştir. İlk 5 sırada yer alan diğer hisse senetleri de sırasıyla; INDES, ALCTL, ARMDA ve ASELS olarak bulunmuştur. Beklenen değeri diğer hisse senetlerine kıyasla da oldukça düşük olan ve sıralamada da en son iki sırada yer alan hisse senetleri ise ESCOM ve NETAS kodlu hisselerdir.

**3.4. İlk Geçiş Sürelerinin ve Yinelenme Sürelerinin Hesaplanması**

Markov zinciri olarak ele alınan bir stokastik sürecin herhangi bir durumda iken bu durumdan sürecin tüm durumlarına ilk olarak ne zaman diğer bir ifadeyle kaç periyot sonra geçiş yapacağı durumlar ortalama ilk geçiş süreleri ile ortaya konulmaktadır. Çalışmada ele alınan hisse senedi kapanış fiyatlarının değerinin azalma/aynı kalma/artma durumlarında iken bu durumlara tekrar kaç periyot yani gün sonra geleceğine ilişkin değerler de hesaplanan ilk geçiş süreleriyle ortaya konulmalıdır. Denklem (7)’de verilen denklemler kümesinin çözümü için WinQSB paket programı kullanılmış ve her hisse senedine ilişkin geçiş olasılıkları matrisi programa girilerek ortalama ilk geçiş sürelerine ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. Durumlar arası ilk geçiş süreleri çalışmanın bütünlüğünü bozmamak için EK 2’de yer alan çizelgede verilmiştir.Tüm hisse senetleri için bir değerlendirme yapıldığında, değer azalışını değer azalışının takip etmesi için ortalama 2,30 gün; aynı kalma durumuna ilk geçiş için ortalama 7,85 gün ve azalıştan sonra ilk değer artışının olması için de ortalama 2,55 gün geçmesi beklenmektedir. Ortalama sürelere göre, hisse senetlerinin değeri aynı kaldığında ilk geçişi en kısa süreyle (ortalama 2,45 gün) değer azalış durumuna yapması öngörülmektedir. Değeri aynı kalan hisselerin değer artışı yaşaması için ise ortalama 2,48 gün geçebileceği tahminlenmektedir. Değer artış durumu için de benzer öngörüler yapılmıştır. Değer artışını takip eden durumun değer azalışı olması için ortalama 2,29 gün geçmesi beklenmektedir ki bu da değer artışını takip edebilecek durumlar için de en kısa süredir.

Sürecin herhangi bir durumdan tekrar o duruma geri dönmesi için ortalama kaç periyot geçmesi beklendiğini gösteren, beklenen yinelenme sürelerine ise Çizelge 4’de yer verilmektedir.

**Çizelge 4. Hisse Senetleri için Durumların Yinelenme Süreleri**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hisse *Kodu*** | **Azalma*****(i=1)*** | **Aynı Kalma*****(i=2)*** | **Artma*****(i=3)*** |
| ALCTL | 2,137 | 12,492 | 2,212 |
| ANELT | 2,939 | 3,331 | 2,781 |
| ARENA | 2,232 | 6,250 | 2,551 |
| ARMDA | 2,578 | 6,929 | 2,138 |
| ASELS | 2,451 | 13,158 | 1,938 |
| DESPC | 2,475 | 5,102 | 2,500 |
| DGATE | 2,274 | 7,332 | 2,359 |
| ERICO | 1,969 | 17,857 | 2,294 |
| ESCOM | 2,274 | 4,801 | 2,842 |
| INDES | 2,232 | 8,929 | 2,273 |
| KAREL | 2,294 | 6,579 | 2,427 |
| KRONT | 1,970 | 4,374 | 3,793 |
| LINK | 2,069 | 5,801 | 2,905 |
| LOGO | 2,475 | 8,929 | 2,066 |
| NETAS | 1,985 | 8,063 | 2,687 |
| PKART | 2,451 | 3,968 | 2,941 |

Çizelgede yer alan yinelenme süreleri incelendiğinde tüm hisse senetleri için; hisse senedinin değerinin önceki gün kapanış fiyatıyla aynı olması durumunda günü yine aynı fiyatla bitirmesi, yani 2.durumdan tekrar 2.duruma ilk kez geçiş yapması için geçmesi beklenen gün sayısı diğer durumlara kıyasla çok daha yüksek çıkmıştır. 1. ve 3. durum için hesaplanan yinelenme süreleri ise yaklaşık olarak 2-3 gün arasında değişmektedir. Hisse senedinin değeri azalırken tekrar değerinin azalması için geçmesi beklenen süre yaklaşık 3 gün (2,939) ile en yüksek olarak ANELT hissesi için hesaplanırken, bu sürenin en az olduğu hisse senetleri ise ERICO, KRONT VE NETAS hisseleridir. Bu sürenin uzun olmasının yatırımcılar açısından tercih edilen bir unsur olacağı görülmektedir. Hisse senedinin değeri artarken tekrar değerinin artması için geçmesi beklenen süre PKART hisseleri için ve yaklaşık 3 gün (2,941) olarak hesaplanmıştır. Bu sürenin en düşük olduğu hisse senedi ise yaklaşık 2 gün (1,939) ile ASELS hisseleridir. Bu da yatırımcı açısından bakıldığında değer artışlarının birbirini daha sık izlemesi ve yatırımcının beklediği değer artışlarının da artması olarak yorumlanabilmektedir.

Çizelgede yer alan değerlerin ortalaması alınarak genel bir değerlendirme yapmak da mümkündür. Buna göre değer azalışını değer azalışının takip etmesi için ortalama 2,30 ve değer artışının yinelenmesi için de ortalama 2,54 gün geçmesi beklenmektedir. Değeri aynı kalan hisse senedinin yine fiyat değişimi olmayan bir kapanış yapması için ortalama 7,74 gün geçmesi öngörülmektedir. Ortalama değerler de değer azalışlarının daha sıklıkla tekrarlandığını ve de değerin değişmeme olasılıkları küçük olduğundan bu durumun yinelenme süresinin de oldukça yüksek olduğu göstermektedir.

**4. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Markov zincirleri analizi ile Markovien özelliğe sahip stokastik süreçler modellenebilmekte ve ele alınan süreçlerin hem kısa hem de uzun dönemli seyri konusunda karar ortamlarındaki belirsizliği de yansıtabilen bilgiler elde edilebilmektedir. İşletmelerin karar verme sürecinde de çeşitli kararlarda uygulanmakla birlikte Markov zincirlerinin finansman alanında uygulandığı çalışmaların özellikle ülkemizde daha az olduğu görülmektedir. Çalışmada, hisse senetlerine ilişkin önceki çalışmalardan farklı olarak, endeks değerlerindeki değişim yerine, BIST Teknoloji endeksinde işlem gören 16 hissenin günlük fiyat değişimleri Markov zinciri ile modellenerek uygulama gerçekleştirilmiştir. Hisse senetlerinin günlük kapanış fiyatlarındaki değişimlere ilişkin olasılık dağılımını elde etmek için 252 iş gününü kapsayan veri seti analiz edilmiş ve Markov zinciri için tanımlanmış olan 3 durum (değer azalışı, aynı kalma ve artış) için durumlar arası geçiş olasılıkları hesaplanmıştır. Her şirket için hesaplanan bu olasılıklar kullanılarak da ele alınan şirketlerin uzun dönemde diğer bir ifadeyle denge durumuna ulaştığında hisse senetlerinin değerinin azalma, aynı kalma ve artma olasılıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre günlük değişimlere ilişkin uzun dönemli olasılık dağılımı hisse senedi fiyatlarının çoğunlukla azalma eğiliminde olduğunu göstermekle birlikte artış trendinde olması tahminlenen dört hisse senedi olduğu belirlenmiştir. Üç duruma ilişkin olasılık dağılımının birbirine çok yakın olduğu (% 34, % 30 ve % 36) sadece bir hisse senedi bulunmuş, diğer hisse senetlerinde artma ya da azalmaya ilişkin olasılıkların daha yüksek olduğu gözlemiştir. Uzun dönemli eğilimler dikkate alındığında uzun vadede hiçbir hisse senedi için günlük değişimde fiyatın aynı kalma olasılığı çok yüksek olmamıştır.

Denge durumu olasılıkları uzun dönemli beklenen kazanç ya da maliyet hesaplamalarında kullanılabildiğinden, hisse senetlerinin uzun dönemli seyri doğrultusunda ve 1000 TL portföyün tamamının tek bir hisse senedi yatırılması varsayımı altında her şirketin hisse senedi için beklenen değer hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda ele alınan 252 günlük veri setinden faydalanarak hisse senetlerinin günlük değişim oranları (artış ve azalış) hesaplanarak ortalama günlük fiyat artış ve azalma yüzdeleri elde edilmiştir. Günlük değişim oranları incelendiğinde, çoğu şirketin hissesi için, hisse senedi fiyatlarının artış oranının değer kaybetme oranlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Değişim oranlarından hareketle ve denge durumu olasılıklarını kullanarak hisse senetleri için birim zamandaki, yani günlük beklenen getiriler hesaplanmıştır. Beklenen getiriler incelendiğinde, hisse senetlerinin günlük değişim oranlarında fiyat artış yüzdesi çok yüksek olmasına karşın beklenen getiri değerlerine göre yapılan sıralamada çok alt sıralarda olan hisse senetleri olduğu görülmüştür. Beklenen getirisi en yüksek olan hisse senetleri değer artış olasılığı uzun vadede yüksek olan hisseler olmuştur. Hisse senetlerinin beklenen getirilerinde olasılıklı yapının etkisi, belirsizliğin bu tür süreçlerin modellenmesinde ne kadar önemli bir unsur olduğunu ve de modele dahil edilmesinin karar vericiler açısından çok daha gerçekçi bir yaklaşım ortaya koyacağını yansıtmaktadır. Beklenen getiri değerlerine ilişkin bu sonuçlar BIST Teknoloji endeksinde işlem gören 16 hisse senedinin kârlılığını karşılaştırmada yatırımcılara bilgi sağlayabilecektir.

Çalışmada, hisse senetleri için Markov zincirleri analizi ile elde edilen diğer bir bilgi de ilk geçiş sürelerinden faydalanarak hesaplanmıştır. Bu süreler, değer azalışlarını da değer artışlarını da çoğunlukla ve daha sıklıkla değer azalışlarının takip ettiğini göstermektedir. 16 hisse senedi için hesaplanan ilk geçiş sürelerinin ortalamaları alındığında da hangi durumdan çıkılırsa çıkılsın diğer bir ifadeyle değer azalışı da olsa değer artışı da olsa değer aynı da kalsa, hisse senetlerinde değer kaybetme durumunun daha kısa sürede karşılaşılan bir durum olduğu belirlenmiştir. Yinelenme süreleri incelendiğinde de değer azalışlarının değer azalışlarını takip etmesinin, artış-artış durumlarına göre, daha kısa sürede gerçekleştiği görülmüştür. Bu sürelerde dikkat çekici bir nokta da, diğer durumlardan, değer azalış ya da artışı olmama yani fiyatın aynı kalması durumuna ilk geçiş süresinin çok daha uzun olmasıdır (yaklaşık 7-8 gün arası) ki bu da hisse senedi değerinin değişmemesiyle sıklıkla karşılaşılmadığını göstermektedir.

**KAYNAKÇA**

* AKYURT, İ.Z., (2011), **Ülke Derecelendirme Sisteminin Markov Zinciri ile Analizi**, *Yönetim*, Yıl: 22 Sayı 69.
* BARNETT, Raymond A., ZIEGLER, Michael R., (2003), ***Applied Mathematics***, Prentice Hall., New Jersey.
* BASSLER, K.E., GUNARATNE, G.H., McCauley, J.L., (2006), **Markov Processes**, Hurst Exponents, and Nonlinear Diffusion Equations: With Application to Finance, *Physica A*, 369, 343-353.
* BUFFA, Elwood S., DYER, James S., (1977), ***Management Science/Operations Research-Model Formulation and Solution Methods***, John Wiley and Sons Inc..,USA.
* CAN, T., ÖZ, E., (2009), **Saklı Markov Modelleri Kullanılarak Türkiye’de Dolar Kurundaki Değişimin Tahmin Edilmesi**, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt/Vol:38, Sayı/No:1, 1-23.
* D’AMICO, G., PETRONI, F., (2012), **A Semi-Markov Model for Price Returns**, *Physica A*, 391, 4867-4876.

# DEMİRELİ, E., (2008), Etkin Pazar Kuramından Sapmalar: Finansal Anomalileri Etkileyen Makro Ekonomik Faktörler Üzerine Bir Araştırma, Ege Akademik Bakış Dergisi, Sayı: 1 Cilt: 8215-241.

* DEWACHTER, H., (2001), **Can Markov Switching Models Replicate Chartist Profits In The Foreign Exchange Market?** ,*Journal of International Money and Finance*, 20, 25-41.
* DUEKER, M., NEELY, C.J., (2007), **Can Markov Switching Models Predict Excess Foreign Exchange Returns?**,*Journal of Banking & Finance*, 31, 279-296.
* FILAR, Jerzy., VRIEZE, Koos, (1996), ***Competitive Markov Decision Problems***, Springer: New York.
* HILLIER, FREDERICK S., LIEBERMAN, GERALD J., (2001), ***Introduction to Operations Research***, McGraw-Hill Book Company., Singapore.
* <http://borsaistanbul.com/>, Erişim Tarihi: 03.05.2013.
* ÖZ, E., (2009), **İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Üzerine Saklı Markov Modeli ile Bir Tahminleme**, *Gazi Üniversitesi Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, Cilt: 20, Sayı: 72, 59-85.
* ÖZ, E., ERPOLAT, S., (2010), **Çok Değişkenli Markov Zinciri Modeli ve Bir Uygulama**, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 29, Sayı: 2, 577-590.
* ÖZTÜRK, Ahmet, (2009), ***Yöneylem Araştırması***, Ekin Kitabevi Yayınları, 12.Baskı., Bursa.
* PARZEN, Emanuel, (1962), ***Stochastic Processes***, Holden-Day Inc., USA.
* RAVINDRAN, A., PHILLIPS, Don T., SOLBERG, James J., (1987), ***Operations Research-Principles and Practice***, John Wiley and Sons Inc., Second Ed., USA.
* TAHA, H.A., (2007), ***Operations Research: An Introduction***, Pearson., USA.
* TÜTEK, H., GÜMÜŞOĞLU, Ş., ÖZDEMIR, A., (2012), ***Sayısal Yöntemler: Yönetsel Yaklaşım***, Beta BasımYayım, 6. Baskı.,: İstanbul.
* WINSTON, WAYNE L., (2004), ***Operations Research-Applications and Algorithms****,* Brooks/Cole, Fourth Ed., USA.

**EK ÇİZELGE 1. Hisse Senetleri Fiyat Değişimlerine İlişkin Geçiş Olasılıkları Matrisleri**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *PALCTL* | **1** | **2** | **3** |  |  *PANELT* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,483 | 0,076 | 0,441 |  | **1** | 0,302 | 0,279 | 0,419 |
| **2** | 0,350 | 0,050 | 0,600 |  | **2** | 0,347 | 0,280 | 0,373 |
| **3** | 0,473 | 0,089 | 0,438 |  | **3** | 0,371 | 0,337 | 0,292 |
| *PARENA* | **1** | **2** | **3** |  | *PARMDA* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,402 | 0,196 | 0,402 |  | **1** | 0,357 | 0,122 | 0,520 |
| **2** | 0,300 | 0,200 | 0,500 |  | **2** | 0,343 | 0,200 | 0,457 |
| **3** | 0,561 | 0,102 | 0,337 |  | **3** | 0,427 | 0,145 | 0,427 |
| *PASELS* | **1** | **2** | **3** |  | *PDESPC* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,402 | 0,078 | 0,520 |  | **1** | 0,455 | 0,178 | 0,366 |
| **2** | 0,526 | 0,053 | 0,421 |  | **2** | 0,367 | 0,204 | 0,429 |
| **3** | 0,395 | 0,078 | 0,527 |  | **3** | 0,370 | 0,210 | 0,420 |
| *PDGATE* | **1** | **2** | **3** |  | *PERICO* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,523 | 0,090 | 0,387 |  | **1** | 0,575 | 0,079 | 0,346 |
| **2** | 0,455 | 0,182 | 0,364 |  | **2** | 0,571 | 0,000 | 0,429 |
| **3** | 0,349 | 0,170 | 0,481 |  | **3** | 0,422 | 0,037 | 0,541 |
| *PESCOM* | **1** | **2** | **3** |  | *PINDES* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,518 | 0,200 | 0,282 |  | **1** | 0,464 | 0,098 | 0,438 |
| **2** | 0,353 | 0,255 | 0,392 |  | **2** | 0,321 | 0,250 | 0,429 |
| **3** | 0,393 | 0,191 | 0,416 |  | **3** | 0,464 | 0,091 | 0,445 |
| *PKAREL* | **1** | **2** | **3** |  | *PKRONT* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,468 | 0,183 | 0,349 |  | **1** | 0,453 | 0,234 | 0,313 |
| **2** | 0,342 | 0,184 | 0,474 |  | **2** | 0,411 | 0,357 | 0,232 |
| **3** | 0,437 | 0,107 | 0,456 |  | **3** | 0,697 | 0,106 | 0,197 |
| *PLINK* | **1** | **2** | **3** |  | *PLOGO* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,425 | 0,200 | 0,375 |  | **1** | 0,475 | 0,099 | 0,426 |
| **2** | 0,591 | 0,091 | 0,318 |  | **2** | 0,214 | 0,071 | 0,714 |
| **3** | 0,512 | 0,174 | 0,314 |  | **3** | 0,388 | 0,132 | 0,479 |
| *PNETAS* | **1** | **2** | **3** |  | *PPKART* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 0,476 | 0,119 | 0,405 |  | **1** | 0,353 | 0,265 | 0,382 |
| **2** | 0,500 | 0,133 | 0,367 |  | **2** | 0,286 | 0,365 | 0,349 |
| **3** | 0,543 | 0,128 | 0,330 |  | **3** | 0,565 | 0,153 | 0,282 |

**EK ÇİZELGE 2. Durumlar Arası İlk Geçiş Süreleri**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *ALCTL* | **1** | **2** | **3** |  |  *ANELT* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,137 | 12,197 | 2,210 |  | **1** | 2,939 | 3,326 | 2,463 |
| **2** | 2,418 | 12,492 | 1,867 |  | **2** | 2,817 | 3,331 | 2,575 |
| **3** | 2,162 | 12,039 | 2,212 |  | **3** | 2,754 | 3,155 | 2,781 |
| *ARENA* | **1** | **2** | **3** |  | *ARMDA* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,232 | 6,218 | 2,375 |  | **1** | 2,578 | 7,500 | 1,953 |
| **2** | 2,426 | 6,250 | 2,140 |  | **2** | 2,629 | 6,929 | 2,087 |
| **3** | 1,881 | 6,769 | 2,551 |  | **3** | 2,413 | 7,344 | 2,138 |
| *ASELS* | **1** | **2** | **3** |  | *DESPC* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,451 | 12,828 | 1,953 |  | **1** | 2,475 | 5,249 | 2,647 |
| **2** | 2,152 | 13,158 | 2,141 |  | **2** | 2,714 | 5,102 | 2,478 |
| **3** | 2,468 | 12,840 | 1,938 |  | **3** | 2,707 | 5,073 | 2,500 |
| *DGATE* | **1** | **2** | **3** |  | *ERICO* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,274 | 8,054 | 2,597 |  | **1** | 1,969 | 16,488 | 2,837 |
| **2** | 2,433 | 7,332 | 2,665 |  | **2** | 2,003 | 17,857 | 2,621 |
| **3** | 2,723 | 7,345 | 2,359 |  | **3** | 2,340 | 17,349 | 2,294 |
| *ESCOM* | **1** | **2** | **3** |  | *INDES* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,274 | 5,074 | 3,277 |  | **1** | 2,232 | 10,527 | 2,291 |
| **2** | 2,709 | 4,801 | 2,894 |  | **2** | 2,608 | 8,929 | 2,315 |
| **3** | 2,597 | 5,127 | 2,842 |  | **3** | 2,231 | 10,605 | 2,273 |
| *KAREL* | **1** | **2** | **3** |  | *KRONT* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,294 | 6,514 | 2,691 |  | **1** | 1,970 | 5,040 | 3,436 |
| **2** | 2,589 | 6,579 | 2,354 |  | **2** | 2,106 | 4,374 | 3,751 |
| **3** | 2,348 | 7,074 | 2,427 |  | **3** | 1,523 | 5,619 | 3,793 |
| *LINK* | **1** | **2** | **3** |  | *LOGO* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 2,069 | 5,237 | 2,742 |  | **1** | 2,475 | 8,775 | 2,205 |
| **2** | 1,767 | 5,801 | 2,882 |  | **2** | 3,175 | 8,929 | 1,586 |
| **3** | 1,907 | 5,363 | 2,905 |  | **3** | 2,727 | 8,467 | 2,066 |
| *NETAS* | **1** | **2** | **3** |  | *PKART* | **1** | **2** | **3** |
| **1** | 1,985 | 8,177 | 2,499 |  | **1** | 2,451 | 4,428 | 2,684 |
| **2** | 1,942 | 8,063 | 2,596 |  | **2** | 2,652 | 3,968 | 2,783 |
| **3** | 1,862 | 8,112 | 2,687 |  | **3** | 1,959 | 4,877 | 2,941 |

1. ***Aslı ÖZDEMİR****,Yrd. Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı.* [↑](#footnote-ref-1)
2. ***Erhan DEMİRELİ****, Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, Muhasebe ve Finansman Anabilim Dalı.* [↑](#footnote-ref-2)