

# HİSSE SENEDİ FİYATLARININ MARKOV ZİNCİRLERİ İLE ANALİZİ: BIST 100 ŞİRKETLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Correspondent Author: Ersin YENİSU

Analysis of Stock Prices with Markov Chains: A Review on BIST 100 Companies



**Yazar/ Author**  
Ersin YENİSU<sup>1</sup>

## MAKALE BİLGİSİ

## ÖZ

Makale Geliş Tarihi : 17/11/2020  
Makale Kabul Tarihi : 19/12/2020

### Anahtar

**Kelimeler:** Stokastik Süreçler, Markov Zincirleri, Hisse Senedi Fiyatları Volatilitesi

### JEL Kodları:

C02, G17, M21

Stokastik süreçlere dayalı Markov zincirleri analizi yaklaşımı deterministik sayısal yöntemlerden bazı özellikleriyle farklılıklar taşımaktadır. Bir Markoviyen süreçte gelecek yalnızca şimdiye koşullu bir olasılıkla bağlı ve bu nedenle geçmişten bağımsızdır. Markov zincirleri yöntemini finansal piyasalara uygulamayı amaçlayan bu çalışmada BIST 100 şirketleri arasından en yüksek işlem hacmine sahip 10 hisse senedi belirlenmiş ve yöntem söz konusu hisse senetlerinin 31.12.2018-31.12.2019 günlük fiyat kapanış verilerine uygulanmıştır. Çalışmanın farklılığı kullanılan yöntemin oynaklık seviyesi nispeten az olan başlıca pay senetlerine uygulanmış olmasıdır. Elde edilen bulgular hisse senetlerinin uzun dönem beklenen getirilerindeki farklılığa işaret etmektedir.

## ARTICLE INFORMATION

## ABSTRACT

Submission Date : 17/11/2020  
Accepted Date : 19/12/2020

### Keywords:

Stochastic Processes, Markov Chains, Stock Prices Volatility

### JEL Codes:

C02, G17, M21

Markov chains analysis approach based on stochastic processes differs from deterministic numerical methods in terms of some features. In a Markovian process, the future depends only on the present with a conditional probability and therefore independent of the past. In this study, which aims to apply the Markov chains method to the financial markets, 10 stocks with the highest trading volume among BIST 100 companies were determined and the method was applied to the daily closing prices of 31.12.2018-31.12.2019. The difference of the study is that the method used has been applied to the leading stocks with relatively low volatility. Findings indicate the difference in long-term expected returns of stocks.

<sup>1</sup> Ersin YENİSU, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi  
ORCID Number: <https://orcid.org/0000-0002-0235-4270>, [ersinyenisu@gmail.com](mailto:ersinyenisu@gmail.com)

## 1. Giriş

Bilimsel yaklaşımlar günden güne daha karmaşık bir hal alan hayatımıza dair önemli ipuçları sunmaktadırlar. Diğer taraftan iş hayatında karar vericiler çok çeşitli bilgi kaynaklarından faydalanmaktadır. Nitekim yöneylem araştırması teknikleri karar vericilere nicel bulgular vermek suretiyle onların daha etkin kararlar almalarına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte özellikle 20. yüzyılda dikkate değer sayıda sayısal yöntem literatüre kazandırılmıştır. Söz konusu yöntemlerden bazıları uygulamada daha sık kullanılmış ve teorik olarak sürekli geliştirilmiştir. Markov zincirleri yöntemi de bu kullanışlı ve özel farklılıklara sahip analiz araçlarından biridir.

Bu çalışmanın amacı güçlü bir kuramsal metot olan Markov zincirleri analizini teorik ve uygulamalı olarak açıklamaktır. Çalışmanın analiz kısmında finansal bir uygulama gerçekleştirilmiş ve hisse senedi getirileri tahmin edilmiştir. Literatürde Idolor (2011), Kılıç (2013), İlarıslan (2014), Özdemir ve Demireli (2014) ve Kırall ve Uzun (2017) Markov zincirlerini finansal piyasalara uygulamışlardır. Bu çalışma ise söz konusu literatüre metodolojik ve uygulamalı olarak küçük bir katkı sunmayı hedeflemektedir. Bununla birlikte yapılacak yeni çalışmalarda söz konusu yöntemin tahminleme gücü hem doğrudan hem de diğer geleneksel yöntemlerle kıyaslanmak suretiyle daha detaylı bulgulara ulaşılabilir.

Çalışmanın izleyen bölümünde Markov zincirleri yöntemini farklı alanlara uygulayan literatürden örnekler sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise Markov zincirlerinin teorik temelleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bir sonraki bölümde de yöntemin işlevselliğini açıklamak üzere hisse senedi getirileri üzerine bir uygulamaya yer verilmiştir.

## 2. Literatür

Literatürde Markov zincirlerinin çok farklı alanlarda uygulandığı ve stokastik süreçleri açıklayan söz konusu yöntemin dikkate değer bir hızda gelişme gösterdiği görülmektedir. Bu çalışmalardan bazılarının amaçları, uygulama alanları veya ulaşılan sonuçları şöyledir.

Shiyn vd. (1999) çalışmalarında Nikkei endeksi vadeli işlem sözleşmelerinin gün içi fiyat değişimlerini kullanarak oluşturdukları verilere Markov zincirleri modelini uygulamışlar ve açılış, kapanış veya öğle saatlerindeki fiyat hareketlerindeki farklılığı ortaya koymuşlardır. Pfeifer ve Carraway (2000) ise çalışmalarında Markov karar sürecini müşteri ilişkileri yönetimi alanında uygulamışlardır. Finans alanında Mills ve Jordanov (2003) Markov zincirleri ile, Londra Borsası'ndan oluşturdukları farklı büyüklükteki portföy getirilerinin öngörülebilirlik durumunu incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda daha büyük portföy getirilerinin tahmininde Markov

zincirlerinin daha başarılı tahmin olanağı sunduğu görülmüştür. Diğer taraftan Türkçe literatürde Aytemiz ve Şengönül (2004) perakende alışverişlerde bireysel olarak kullanılabilir üç madeni para stratejisi oluşturmuşlar ve olasılıksal durumları belirleyip Markov zincirleriyle uzun dönem denge durumunu açıklamışlardır. Söz konusu çalışma Markov zincirleri analizinin stokastik sürece sahip hipotetik örnekler üzerinde uygulanabileceğini göstermektedir. Kılıç (2005) ise İMKB 100 endeksi getirilerinin zayıf formda etkinliğe sahip olup olmadığını diğer bir ifadeyle getirilerin rassal yürüyüş gösterip göstermediğini Markov zincirleri ile analiz etmiştir. Çalışmada sonuç olarak 1987-2004 döneminde İMKB’de zayıf formda etkin piyasa hipotezinin geçerli olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bir diğer çalışmada Temel vd. (2005) 1975-1990 döneminde Türkiye’deki 67 ilde işgücü verimliliği yakınsamasını Markov zincirleri ile incelemişlerdir. Söz konusu çalışmada sonuç olarak tarım illerinin ve yüksek sanayileşmiş illerin kendi grupları içerisinde yakınsama gösterdikleri bulunmuştur. Bununla birlikte Özdemir ve Gümüšoğlu (2007) günümüzdeki işletme problemlerinin genellikle belirsizlik ya da risk taşıdığını bu sebeple regresyon ve zaman serisi analizleri gibi deterministik yöntemlerle etkin bir tahminlemenin mümkün olamayacağını vurgulayarak olasılıksal süreçleri inceleyen Markov zincirlerini bir işletmenin ay sonu envanter düzeylerinin belirlenmesinde kullanmışlardır. Yine Alp ve Öz (2009) pazarlama alanında taşınabilir bilgisayarlara yönelik marka tercihini araştırmak üzere anket yöntemiyle elde ettikleri veriler ile geçiş olasılıkları matrisi ve uzun dönem denge vektörünü hesaplamışlardır. Söz konusu çalışma ile araştırmacılar ürüne olan marka bağımlılığını ve gelecekte hangi markaya daha yüksek talep olacağını (uzun dönem pazar payını) Markov zincirleri yardımıyla açıklamışlardır. Diğer taraftan Can ve Öz (2009) klasik Markov zincirlerine yeni bir katkı olan ve geçiş olasılıkları matrisinde durumların belirlenemediği “Gizli Markov Zinciri”ni, anket yöntemiyle elde ettikleri verilerle, cep telefonu marka tercihleri ve tercih nedenlerinin uzun dönem denge durumunu belirlenmesi için kullanmışlardır. Bir başka çalışmada Liu (2010) Markov zincirlerinin zaman serilerinde öngörü yöntemi olarak kullanılmasındaki başarısını ispatlamak amacıyla bir süpermarketteki fiyat ve satış verilerini kullanmış ve söz konusu yöntemin öngörüleme açısından kullanıma uygunluğuna işaret etmiştir. Soykan (2010) çalışmasında yine pazarlama alanında Markov zincirlerinin kullanımına yönelik bir uygulama gerçekleştirmiştir. Yazar söz konusu çalışmada otomobil lastiği pazarında uzun dönemli pazar payının (markaların beklenen pazar payının) tahminini bir yöneylem araştırma tekniği olan Markov zincirleri ile analiz etmiştir. Akyurt (2011) ise çalışmasında Markov zincirlerinin kullanım alanlarına yeni bir boyut getirmiş ve ülke kredi riski notlarından oluşturduğu geçiş olasılıkları matrisi ile zincirin kararlı halini analiz etmiş ve ilk geçiş zamanlarını hesaplamıştır. Literatürde yaygın bir

uygulama alanı olan hisse senedi getirilerinin tahminlemesi için Idolor (2011) Nijerya sermaye piyasasına yönelik Markov zincirleri modelini kullanmış ve söz konusu yöntemin pay getirilerinin hesaplanmasında literatürdeki bulgulara da uygun olarak güçlü bir tahmin yöntemi olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte Özdağlıoğlu vd. (2012) uzun döneme dair tahminleme yöntemi olarak da bilinen Markov zincirlerini altın fiyatlarının uzun erimli olasılıklarının hesaplanması bağlamında kullanmışlar ve elde edilen sonuçların anlamlılığına işaret etmişlerdir. Diğer taraftan Özel ve Solmaz (2012) çalışmalarında Markov zincirlerini tıpkı Akyurt (2011) gibi sosyal bilimler açısından çok farklı bir alana uygulamışlardır. Araştırmacılar söz konusu çalışmada 108 yıllık deprem verilerini kullanarak Türkiye’de olası bir depremin ne zaman görülebileceğine dair Markoviyen süreçte dayalı analizler yapmışlardır. Kılıç (2013) ise çalışmasında BIST 100 Endeksi hisse senedi fiyatlarını kullanarak Markov zincirleri yöntemiyle pay senetlerinin getirilerini analiz etmiş ve söz konusu yöntemle yatırımcıların hisse senedi alış-satış kararları vermeleri durumunda kazançlı olabileceklerini vurgulamıştır. Yine benzer bir konuyu araştıran Özdemir ve Demireli (2014) çalışmalarında Markov zincirleri ile hisse senedi fiyat hareketlerini analiz etmişler ve geçiş olasılıkları matrisi yardımıyla BIST Teknoloji Endeksine dahil olan 16 hisse senedinin uzun dönemdeki beklenen getirilerini tahmin etmişlerdir. Söz konusu çalışmada ayrıca “yinelenebilir süreleri” ve “ilk geçiş olasılıkları süresi” de hesaplanmıştır. Aynı doğrultuda İlarıslan (2014) çalışmasında İMKB 10 Bankacılık Endeksi’ne dahil olan şirketlerin geçmiş verilerini kullanarak Markov zincirlerini uygulamış ve sonuç olarak söz konusu yöntemle hisse senedi fiyat değişimlerinin öngörülebilir başarılarının yüksek olduğunu vurgulamıştır. Karahanoğlu (2014) ise çalışmasında Türkiye’deki 14 kalkınma bankasının sermaye yeterlilik rasyolarını Markov zincirleri ile analiz etmiş ve söz konusu bankaların gelecekteki sermaye rasyolarını tahminleyerek ileriye dönük politika önerilerinde bulunmuştur. Yine farklı bir alan uygulamasında Köse vd. (2015) bir kamu kurumuna personel yetiştirmekle sorumlu olan bir eğitim kurumundaki durumları Markov zincirleri ile analiz ederek söz konusu yöntemin insan gücü planlamasında nasıl kullanılabileceğini açıklamışlardır. Reis ve Dutal (2016) ise Markov zincirleri yöntemini Kahramanmaraş ili için 1970-2013 yılları yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak kuraklık olasılığını tahminlemede kullanmışlardır. Çalışmada sonuç olarak gelecek altı yılda % 79 gerçekleşme olasılığıyla “kabul edilebilir sulaklık” görüleceği bulgulanmıştır. Sık araştırılan bir konu üzerine yaptıkları çalışmada Şentürk ve Alp (2016) ise anket yöntemiyle elde ettikleri verilerle mobil operatör-internet servis sağlayıcı markalarına olan bağımlılıkları ve uzun dönemde tüketicilerin marka tercihlerini Markov zincirleri ile analiz etmişlerdir. Yine Yavuz ve Karabulut (2016) çalışmalarında üniversite öğrencilerinin cep telefonu marka

tercihlerinden oluşturdukları geçiş olasılıkları matrisi ile marka bağımlılığını kız ve erkek öğrenciler açısından Markov zincirleri ile analiz etmişlerdir. Farklı bir yaklaşımla Karaca ve Alp (2017) ise çalışmalarında BIST 100 Endeksi ve altın fiyatlarındaki değişim durumlarını kullanarak farklı bir veri seti oluşturmuşlar ve iki seri arasındaki uzun dönem denge ilişkilerini Markov zincirleri ile analiz etmişlerdir. Diğer taraftan Huang vd. (2017) çalışmalarında Tayvanlı bir şirketin hisse senedi fiyatlarını “Yutucu (Emici) Markov Zincirleri” ve “Düzenli Markov Zincirleri” yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışmada hisse senedi fiyatlarının düşmesinden sonra ne zaman artacağına ilişkin ampirik bulgular sunulmuştur. Kırıl ve Uzun (2017) ise çalışmalarında “Bulanık Durumlu Markov Zincirleri” yöntemini Borsa İstanbul endeks getirilerine uygulamışlar ve söz konusu yöntemin finansal yatırım araçlarının getirisini tahminlemede klasik Markov zincirleri modeline göre daha kesin sonuçlar verebileceğini bulgulamışlardır. Buna ek olarak Alp ve Sarıoğlu (2018) çalışmalarında ithal edilen bir ürünün yurtiçi satış miktarı ile döviz kurundaki değişimler arasındaki ilişkiyi Markov zincirleri ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda satış miktarları ile döviz kuru değişimleri arasında ters yönlü bir ilişki olduğu doğrulanmıştır. Çam ve Kılıç (2018) ise çalışmalarında altın fiyat hareketlerini yapay sinir ağları algoritması ve Markov zincirleri modelleri ile analiz etmişlerdir. Sonuç olarak söz konusu iki yöntemin bir arada kullanılmasıyla tahmin edilen bulguların % 70 oranında başarılı olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Kırıl (2018) çalışmasında Adana ili örneği kapsamında cep telefonu operatörü tercihlerini Markov zincirleri ile analiz ederek uzun dönem durağanlığı gösteren denge durumunu tahminlemiştir. Özel (2019) ise Ankara ili için hava kirliliği tahmininde bulunmak üzere Markov zincirlerini kullanmış ve uzun dönemde Ankara’da hava kalitesinin iyi olma olasılığının % 46, orta düzeyde olma olasılığının % 19, hassas olma olasılığının % 14, sağlıksız olma olasılığının % 4,5, kötü olma olasılığının % 2,1 ve tehlikeli olma olasılığının ise % 15 olduğu sonucuna ulaşmıştır. Son olarak Ercan (2020) çalışmasında Markov zincirleri modellemesi ile gençlerin spor ayakkabı marka tercihlerini analiz etmiştir. Araştırma sonucunda sekiz marka kategorisinde gençlerin spor ayakkabı marka bağlılıkları ve uzun dönemdeki marka tercihleri tahmin edilmiştir.

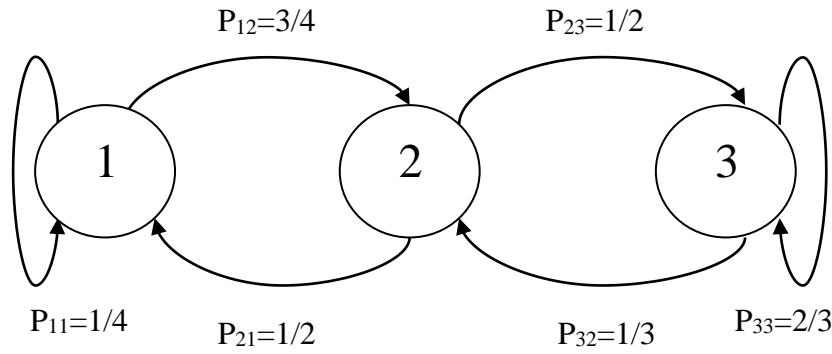
### 3. Markov Zincirleri

Markov zincirleri genellikle finansal getiri, marka tercihi, stoklama düzeyi vd. gibi olasılıksal durumlarda, çoğu sayısal yöntemde olduğu gibi karar verme aracı olarak kullanılmaktadır. Nitekim karar alıcılar geleceğe yönelik öngöründe bulunabilmek için regresyon ve zaman serileri analizi gibi deterministik süreçlere dayalı yöntemler ya da Markov zincirleri gibi stokastik (olasılıksal) süreçlere dayalı yöntemler kullanabilirler.

Stokastik süreçlerden biri olan Markov zincirlerinin temelini sürecin durumları, durumlar arası geçişler ve bu geçişlere ilişkin olasılık yapısı oluşturmaktadır (Özdemir ve Demireli, 2014: 4). Diğer bir ifadeyle Markov zincirlerinde herhangi bir durumdan diğer durumlara olasılıksal geçişler söz konusudur. Örneğin; “azalış”, “aynı kalma” veya “artış” durumlarından yine “azalış”, “aynı kalma” veya “artış” durumlarına geçiş olasılıklarının bilinmesiyle Markov zinciri oluşturulabilir.

Markov zincirleri analizinde durumlar arası geçişleri göstermek üzere oluşturulabilecek ve de her dairesel parçanın sürecin bir durumunu gösterdiği şekil “geçiş diyagramı” olarak adlandırılır. Diyagramdaki oklar da bu dairesel parçalar yani durumlar arası hareketleri gösterir. Üç duruma sahip bir örneğin geçiş olasılıkları matrisi ve geçiş diyagramı aşağıda verilmiştir (Tütek, vd., 2016: 592).

$$P = \begin{bmatrix} 1/4 & 3/4 & 0 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 1/3 & 2/3 \end{bmatrix}$$



Şekil 1: Geçiş Diyagramı

Markov zincirinde gerçekleşebilir ya da geçilebilir tüm durumların oluşturduğu kümeye durum uzayı ( $s$ ) adı verilir. Diğer yandan bir stokastik süreç, sürecin hangi durumda olacağına ilişkin koşullu olasılığın sadece bir önceki periyottaki (dönemdeki) değere bağlı olması halinde “*Markov süreci*” olarak adlandırılmaktadır (Özdemir ve Demireli, 2014: 4). Diğer bir deyişle Markov zincirinde tahmin edilen bir dönem sonraki durum yalnızca bir önceki duruma bağlıdır. Böylelikle tahmin değeri iki dönem önceki veya daha eski dönemleri içeren geçmiş değerlerden bağımsız olmaktadır. Markov zincirleri analizinin temeli olan bu özellik, deterministik tahmin yöntemlerinin aksine sürecin geçmiş değerlerinden bağımsızdır ve sadece koşullu olasılık değerine bağlıdır. Başka bir ifadeyle şu an ki durum bilindiğinde gelecek geçmiş durumlardan bağımsızdır ve sadece şu anki duruma bağlıdır (Parzen, 1962: 188).



Markov zincirlerinde bir durumdan diğer bir duruma hareket geçiş olarak ifade edilmekte ve geçişlerin kategorize edilmesi ile geçiş olasılıkları matrisi elde edilmektedir. Stokastik süreci belirten bu koşullu olasılık değerleri,  $t$  zamanında  $i$  durumunda iken  $t+1$  zamanında  $j$  durumunda olma olasılığını göstermekte ve (1) nolu denklemdeki gibi formüle edilmektedir (Winston, 2004: 924).

$$P(X_{t+1} = j | X_t = i) = p_{ij} \quad (1)$$

(1) nolu denklemde  $p_{ij}$  ifadesi sürecin  $i$  durumundan ( $t$  zamanında)  $j$  durumuna ( $t+1$  zamanında) geçiş olasılığını göstermektedir. Bir diğer deyişle koşullu olasılığı [ $P(A|B)$ ] gösteren (1) nolu denklem  $i$  koşulu (*durumu*) gerçekleştiğinde bir dönem sonra  $j$  durumunun gerçekleşme olasılığını açıklamaktadır.

Sürecin herhangi bir durumundan ( $i$ ) bir diğer durumuna ( $j$ ) hareketini gösteren  $p_{ij}$  geçiş olasılıkları,  $s$  durum uzayını göstermek üzere,  $s$  satırlı ve  $s$  sütunlu ( $s \times s$ ) geçiş olasılıkları matrisinde yer almaktadır. Geçiş olasılıkları matrisi olasılıklı değerlere sahip olduğu için stokastik bir matristir. Söz konusu matristeki olasılık değerleri, olasılık teorisinin doğası gereği,  $0 \leq p_{ij} \leq 1$  olmalıdır. Bununla birlikte bir durumdan diğer durumlara geçişte toplam olasılık değeri 1'e eşit olmalı diğer bir deyişle geçiş olasılıkları matrisinin her bir satırındaki olasılık değerlerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır (Örn:  $p_{11} + p_{12} + \dots + p_{1s} = 1$ ). "**Geçiş olasılıkları matrisi**" matematiksel olarak (2) nolu denklemdeki gibi gösterilmektedir.

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1s} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2s} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ p_{s1} & p_{s2} & \dots & p_{ss} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Geçiş olasılıkları matrisinin temel gösterimi olan (2) nolu matriste  $s$  sayıda durum vardır ve bu matris bir adımlıdır (*periyotludur*) ( $n=1$ ). Diğer bir ifadeyle (2) nolu gösterimde sadece  $t$  ve  $t+1$  dönemleri vardır. Burada örneğin  $p_{12}$ : Sürecin  $t$  döneminde 1. durumdayken  $t+1$  döneminde 2. duruma geçiş olasılığını ifade etmektedir.

Markov zincirlerinde geçiş olasılıkları matrisi yardımıyla ele alınan sürecin kısa ya da uzun dönemli davranışları incelenebilir. "Chapman-Kolmogorov Eşitlikleri" ile  $t$  döneminde (*periyodunda*)  $i$  durumunda olan sürecin  $n$  periyot sonra  $j$  durumunda olma olasılığı diğer bir deyişle "***n-aşamalı geçiş olasılıkları***" hesaplanmaktadır. Markov

zincirlerinde geçiş olasılıkları zamandan bağımsız yani durağan olduğu için n-aşamalı geçiş olasılıkları geçiş olasılıkları matrisinin  $n$ . kuvveti alınarak hesaplanır (Özdemir ve Demireli, 2014: 5).

Diğer taraftan Markov zincirlerinde uzun dönemli denge durumu sürecin başlangıç durumundan bağımsız hale gelmesini ifade etmektedir (Hillier ve Lieberman, 2001: 813). Geçiş olasılıkları matrisinin kuvvetleri alınarak ( $P^2, P^3, P^4, \dots, P^n$ ) ulaşılan uzun dönemli denge durumunda elde edilen matrisin tüm satırları aynı değere sahip olmaktadır.

Bir Markov zincirinde,  $s$  durum uzayını,  $P$  geçiş olasılıkları matrisini göstermek üzere  $n$  periyot sonra süreç (4) nolu denklemdeki satır vektörünü ortaya çıkarmaktadır. Bu satır vektörünü ortaya çıkaran sürecin matematiksel gösterimi ise (3) nolu denklemdeki gibidir (Winston, 2004: 934):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P^n = \begin{bmatrix} \pi_1 & \pi_2 & \cdots & \pi_s \\ \pi_1 & \pi_2 & \cdots & \pi_s \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \pi_1 & \pi_2 & \cdots & \pi_s \end{bmatrix} \quad (3)$$

(3) nolu denklemden sonsuza doğru arttıkça bir aşamadan sonra  $P$  matrisi kararlı hale gelmekte diğer bir ifadeyle uzun dönem denge vektörü oluşmaktadır. Dikkat edilirse geçiş olasılıkları matrisinin kuvvetleri alınarak ulaşılan yukarıdaki denklemde tüm satırlar aynıdır. Diğer bir ifadeyle süreç kararlı bir hal almıştır ve başlangıç değerlerinden bağımsız hale gelmiştir.

Bu satırların her biri (4) nolu denklemdeki satır vektörünü ( $\pi$ ) diğer bir ifadeyle “uzun dönem denge durumu”nu ifade etmektedir.

$$\pi = [\pi_1 \ \pi_2 \ \dots \ \pi_s] \quad (4)$$

Uzun dönem denge durumunda örneğin; “azalış”, “aynı kalma” ve “artış” durumlarının olduğu bir Markov zincirinde ( $s=3$ )  $\pi_1$  gelecekte yüzde kaç olasılıkla azalış olacağını,  $\pi_2$  gelecekte yüzde kaç olasılıkla aynı durumda kalacağını ve  $\pi_3$  gelecekte yüzde kaç olasılıkla artış olacağını göstermektedir. Diğer taraftan uzun dönem denge durumunda denge durum vektörünün satır toplamları 1’e eşit olmalıdır. Uzun dönem denge durum olasılıkları aşağıdaki denklemlerin çözülmesiyle elde edilmektedir (Taha, 2007: 649):

$$\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_s = 1 \quad \pi_j = \sum_{k=1}^{k=s} \pi_k \cdot P_{kj} \quad (5)$$



Denge durum vektöründen faydalanarak elde edilebilen bir diğer bilgi bu olasılıkların tersine eşit olan ve  $\mu_{jj}$  ile gösterilmekte olan “*yinelenme süreleri*”dir. İlk yinelenme süresi, süreçteki herhangi bir durumdan sonra tekrar bu duruma gelebilmek için gerekli olan ortalama bekleme süresidir ve (6) nolu formül kullanılarak hesaplanmaktadır (Özdemir ve Demireli, 2014: 6).

$$\mu_{jj} = \frac{1}{\pi_j} \quad (6)$$

Yinelenme süresi karar vericilere sürecin durum değişimlerinin ne kadar süre aralıklarla olacağı konusunda bilgi sağlamaktadır.

#### 4. Uygulama

Yöneylem araştırması metotları pratik uygulamalara sahiptir. Literatürde söz konusu sayısal yöntemlerin çok farklı alanlarda uygulandığı görülmektedir. Stokastik süreçlere dayalı bir yöneylem metodu olan Markov zincirlerini konu edinen bu çalışmada uygulama olarak finansal getiri konusu ele alınmıştır. Bu amaçla, 2019 yılında, BIST 100 endeksinde faaliyet gösteren şirketler arasından tüm yıl boyunca en yüksek işlem hacmine sahip 10 pay senedi belirlenmiştir. Bu şirketler Anadolu Ajansı (AA) verilerine göre Tablo 1’de sıralanmıştır.

**Tablo 1.2019 Yılı BIST 100 Endeksinde En Yüksek İşlem Hacmine Sahip Hisse Senetleri**

| BIST 100 Hisse Senedi Kodu | Anonim Şirket Adı      | 2019 Yılı Toplam İşlem Hacmi |
|----------------------------|------------------------|------------------------------|
| THYAO                      | Türk Hava Yolları      | 279.898.557.325 TL           |
| GARAN                      | Garanti Bankası (BBVA) | 218.517.033.153 TL           |
| ASELS                      | Aselsan                | 80.959.625.689 TL            |
| AKBNK                      | Akbank                 | 80.342.362.799 TL            |
| HALKB                      | Türkiye Halk Bankası   | 76.312.318.408 TL            |
| KRDMD                      | Kardemir (D)           | 73.625.874.126 TL            |
| PETKM                      | Petkim                 | 66.849.843.556 TL            |
| VAKBN                      | Vakıflar Bankası       | 52.554.133.543 TL            |
| ISCTR                      | İş Bankası (C)         | 50.010.910.067 TL            |
| KOZAA                      | Koza Madencilik        | 47.608.793.523 TL            |

**Kaynak:** AA

Tablo 1’de belirtilen 10 hisse senedine ait 31.12.2018-31.12.2019 tarihleri arası günlük kapanış verileri “<https://tr.investing.com/equities/turkey>” internet sitesinden

alınmıştır. Bu tarihler arasında Borsa İstanbul’da 250 işlem günü (günlük veri) bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle “azalış”, “aynı kalma” veya “artış” şeklinde 249 durumlar arası geçiş söz konusudur.

Çalışmamızda durum uzayı (s) “azalış”, “aynı kalma” ve “artış” şeklinde olmak üzere üç adettir. Yani bu üç durumun herhangi birinden yine bu üç durumdan herhangi birine geçiş söz konusudur. Örneğin; THYAO hisse senedine ait 02.01.2019 günü kapanış verisi 15,72’dir. 03.01.2019’da ise kapanış verisi 15,14’tür. Yine 04.01.2019’da kapanış verisi 15,11’dir. Bu üç veri dikkate alınırsa 03.01.2019’da bir önceki güne göre “azalış” olmuş ve 04.01.2019’da ise bir önceki güne göre yine “azalış” olmuştur. Bu doğrultuda 03.01.2019’dan 04.01.2019’da geçilirken “azalış” durumundan “azalış” durumuna geçiş ( $p_{11}: i=1, J=1$ ) olmuştur. Çalışmamızın uygulama kısmında söz konusu örneğe benzer olarak 250 veri üzerinden 249 geçiş Microsoft (Excel) programı yardımıyla hesaplanmıştır.

Elde edilen bulgular ile Tablo 2’deki geçiş matrisi oluşturulmuştur. Yalnızca THYAO hisse senedi verilerine dayalı olarak oluşturulan Tablo 2’de durumlar arası geçiş sayılarının toplam değerleri gösterilmiştir. Bu tabloda örneğin “azalış” ( $i=1$ ) durumundan “azalış” ( $j=1$ ) durumuna toplam geçiş sayısı 55’tir. Diğer bir ifadeyle geçiş matrisinde önceki durumlar ( $i$ ) sol sütunda gösterilirken bir sonraki durumlar ( $j$ ) birinci satırda gösterilmektedir. Bir başka ifadeyle Tablo 2’de satır ve sütunların kesiştiği nokta (Örn: “0”) o noktanın bulunduğu satırdaki durumdan (aynı kalma ( $i=2$ )) sütundaki duruma (aynı kalma ( $j=2$ )) toplam geçiş sayısını ifade etmektedir. Analizde Tablo 2 her bir hisse senedi için oluşturulmuş diğer bir ifadeyle 10 hisse senedi için de “geçiş matrisi” hesaplanmıştır.

**Tablo 2. THYAO Hisse Senedi Geçiş Matrisi**

|                         | Azalış<br>( $j=1$ ) | Aynı Kalma<br>( $j=2$ ) | Artış<br>( $j=3$ ) | Toplam |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------|
| Azalış ( $i=1$ )        | 55                  | 1                       | 69                 | 125    |
| Aynı Kalma<br>( $i=2$ ) | 2                   | 0                       | 2                  | 4      |
| Artış ( $i=3$ )         | 68                  | 3                       | 49                 | 120    |

(3X3) boyutundaki geçiş matrisindeki değerlerin her bir satırdaki “Toplam” sayısına bölünmesiyle elde edilen yeni matrise ise “geçiş olasılıkları matrisi” adı verilmektedir. THYAO örneği için söz konusu matris Tablo 3’te sunulmuştur.

**Tablo 3. THYAO Hisse Senedi Geçiş Olasılıkları Matrisi**

|                  | Azalış<br>(j=1) | Aynı Kalma<br>(j=2) | Artış<br>(j=3) | Toplam |
|------------------|-----------------|---------------------|----------------|--------|
| Azalış (i=1)     | 0,440           | 0,008               | 0,552          | 1      |
| Aynı Kalma (i=2) | 0,500           | 0,000               | 0,500          | 1      |
| Artış (i=3)      | 0,567           | 0,025               | 0,408          | 1      |

Tablo 3'te örneğin "0,440" olasılık değeri yukarıda da belirtildiği üzere geçiş matrisindeki "55" sayısının bulunduğu satırdaki "Toplam" değeri olan "125" sayısına bölünmesiyle bulunmuştur. Tablo 3'ten de görüleceği üzere geçiş olasılıkları matrisinde satır değerlerinin toplamı olasılık teorisi gereği 1'e eşit olmalıdır. Yukarıdaki tablodan elde edilen olasılık değerlerinin matematiksel gösterimi ise aşağıdaki matriste verilmiştir. Söz konusu gösterimde THYAO'nun geçiş olasılıkları matrisi ( $P_{THYAO}$ ) açıklanmıştır.

$$P_{THYAO} = \begin{bmatrix} 0,440 & 0,008 & 0,552 \\ 0,500 & 0,000 & 0,500 \\ 0,567 & 0,025 & 0,408 \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki analizler kısa döneme ait bilgiler sunmaktadır. Bununla birlikte karar vericiler uzun döneme ait bilgilere de ihtiyaç duymaktadırlar. Nitekim Markov zincirleri yöntemi karar vericilere uzun dönemli bilgiler de sunmaktadır.

Markov zincirleri analizine göre geçiş olasılıkları matrisinin kuvvetleri alındığında matris "*uzun dönem denge durumu*"na ulaşmakta diğer bir ifadeyle elde edilen yeni matrisin her bir satırı aynı olmaktadır. Bu denge durumu bize sürecin gelecekte bulunacağı olasılıkları vermektedir. Bu çalışmada uzun dönem denge durumunu hesaplayabilmek için her bir hisse senedinin geçiş olasılıkları matrisinin Matlab programıyla kuvvetleri alınmış [ $(P_{THYAO})^2, (P_{THYAO})^3, (P_{THYAO})^4, \dots, (P_{THYAO})^n$ ] ve her bir hisse senedine ait geçiş olasılıkları matrisinin satır elemanlarının eşit olması (matrisin kararlı hal alması) sağlanmıştır. Bu eşitlik durumunda ise uzun dönemli denge durumunu gösteren Tablo 4'teki bulgulara ulaşılmıştır.

**Tablo 4. Hisse Senetlerinin Uzun Dönem Denge Durumu Olasılıkları**

| Hisse Senedi Kodu | Azalış<br>(j=1) | Aynı Kalma<br>(j=2) | Artış<br>(j=3) |
|-------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| THYAO             | 0,502           | 0,016               | 0,482          |
| GARAN             | 0,494           | 0,012               | 0,494          |

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| ASELS | 0,499 | 0,020 | 0,481 |
| AKBNK | 0,478 | 0,036 | 0,486 |
| HALKB | 0,495 | 0,052 | 0,453 |
| KRDMD | 0,462 | 0,100 | 0,438 |
| PETKM | 0,482 | 0,060 | 0,458 |
| VAKBN | 0,452 | 0,036 | 0,512 |
| ISCTR | 0,474 | 0,032 | 0,494 |
| KOZAA | 0,488 | 0,012 | 0,500 |

Tablo 4'e göre THYAO hisse senedinin değeri uzun dönemde % 50,2 olasılıkla azalacak, % 1,6 olasılıkla aynı kalacak ve % 48,2 olasılıkla artacaktır. Yukarıdaki tabloda THYAO için denge durum vektörü şöyle gösterilmektedir:  
 $\pi_{THYAO} = [0,502 \ 0,016 \ 0,482]$ .

Uzun dönem denge durumları bulunduğundan sonra hisse senetlerinin “*beklenen değerleri*” geçmişteki fiyat değişimleri de dikkate alınarak aşağıdaki formülle tahmin edilebilir.

$$\text{Beklenen Değer} = (0,494 * 983,48) + (0,012 * 1000) + (0,494 * 1020,16) = 1001,900 \text{ TL}$$

Yukarıdaki formülün oluşturulmasında GARAN hisse senedi denge durum vektörü  $\pi_{GARAN} = [0,494 \ 0,012 \ 0,494]$  kullanılmıştır. Formüldeki diğer rakamlar ise GARAN hisse senedindeki geçmiş fiyat hareketlerindeki ortalama yüzde değişimi (“Düşüş”lerin ortalaması ve “Yükseliş”lerin ortalaması) göstermektedir. Her bir hisse senedi için % değişimleri, 1000 TL üzerinden ve % değişimleri kullanılarak hesaplanan “Düşüş” ve “Yükseliş” değerleri ve nihayetinde 1000 TL’lik hisse senedi yatırımdan elde edilebilecek beklenen getiriler Tablo 5’te sıralanmıştır.

**Tablo 5. Hisse Senetleri Fiyat Değişim Oranları ve Uzun Dönem Beklenen Getiriler**

| Hisse Senedi Kodu | % Değişim |          | Değer (TL) |          | 1000 TL’lik Hisse Senedinin Beklenen Getirisi |
|-------------------|-----------|----------|------------|----------|---|
|                   | Düşüş     | Yükseliş | Düşüş      | Yükseliş |   |
| GARAN             | 1,652     | 2,016    | 983,48     | 1020,16  | <b>1001,900</b>                               |
| ISCTR             | 1,739     | 2,040    | 982,61     | 1020,40  | <b>1001,840</b>                               |
| KOZAA             | 2,027     | 2,336    | 979,73     | 1023,36  | <b>1001,790</b>                               |
| AKBNK             | 1,726     | 2,039    | 982,74     | 1020,39  | <b>1001,660</b>                               |
| KRDMD             | 1,734     | 2,161    | 982,66     | 1021,61  | <b>1001,540</b>                               |
| VAKBN             | 1,934     | 2,009    | 980,66     | 1020,09  | <b>1001,540</b>                               |
| ASELS             | 1,728     | 1,694    | 982,72     | 1016,94  | <b>1001,060</b>                               |
| PETKM             | 1,366     | 1,465    | 986,34     | 1014,65  | <b>1000,130</b>                               |
| THYAO             | 1,756     | 1,791    | 982,44     | 1017,91  | <b>999,812</b>                                |
| HALKB             | 1,721     | 1,838    | 982,79     | 1018,38  | <b>999,807</b>                                |

Tablo 5'e göre GARAN hisse senedi son bir yılda ortalama % 1,652 azalış ve % 2,016 artış göstermiştir. Yine 1000 TL'lik yatırım durumunda söz konusu hisse senedi "düşüş" durumunda 983,48 TL'ye düşecek ve "yükseliş" durumunda 1020,16 TL'ye çıkacaktır. Yukarıdaki beklenen değer formülü ile hesaplanan son sütundaki 1001,900 TL sayısı ise GARAN hisse senedine yatırılan 1000 TL'nin uzun dönemdeki beklenen değerini göstermektedir.

Markov zincirleri yöntemi ile elde edilebilecek bir diğer bilgi durumların "*yinelenme süreleri*"dir. Yukarıda hesaplanan uzun dönem denge durum vektörlerinin çarpımsal tersi (Örn:  $\frac{1}{\pi_1}, \frac{1}{\pi_2}, \frac{1}{\pi_3}$ ) alındığında yinelenme süreleri hesaplanmaktadır.

Hisse senetleri için hesaplanan yinelenme süreleri Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6. Hisse Senetleri Fiyat Hareketlerinde Durumların Yinelenme Süreleri**

| Hisse Senedi Kodu | Azalış (i=1) | Aynı Kalma (i=2) | Artış (i=3) |
|-------------------|--------------|------------------|-------------|
| THYAO             | 1,992        | 62,112           | 2,076       |
| GARAN             | 2,024        | 84,034           | 2,024       |
| ASELS             | 2,005        | 49,505           | 2,072       |
| AKBNK             | 2,092        | 27,548           | 2,058       |
| HALKB             | 2,020        | 19,231           | 2,208       |
| KRDMD             | 2,164        | 9,970            | 2,285       |
| PETKM             | 2,076        | 16,639           | 2,183       |
| VAKBN             | 2,212        | 27,778           | 1,953       |
| ISCTR             | 2,110        | 31,153           | 2,024       |
| KOZAA             | 2,049        | 84,746           | 2,017       |

Tablo 6'nın ilk satırındaki THYAO'ya ait olan yinelenme süreleri THYAO denge durum vektörünün ( $\pi_{THYAO} = [0,502 \ 0,016 \ 0,482]$ ) elemanları kullanılarak ( $\frac{1}{0,502}, \frac{1}{0,016}, \frac{1}{0,482}$ ) hesaplanmıştır. Tablo 6'ya göre THYAO hisse senedinde bir "azalış" durumunda ortalama 2 (1,992) gün sonra tekrar "azalış" durumu görülecektir. Söz konusu tablo genel olarak yorumlanacak olursa herhangi bir hisse senedinde "azalış" durumundan "azalış" durumuna ve "artış" durumundan "artış" durumuna geçiş için ortalama 2 gün gereklidir. Benzer şekilde hisse senetlerinin iki gün üst üste durağan

olabilmesi (aynı kalma durumundan aynı kalma durumuna geçiş) için ise ortalama 41 gün gereklidir. Söz konusu yorumlar her bir hisse senedi için de yapılabilir.

## 5. Sonuç

Teorik bir yaklaşım olan Markov zincirlerinin uygulamadaki kullanım alanları hızla gelişmektedir. Yöntem geleneksel analiz araçlarından farklı olarak stokastik (olasılıksal) süreçlere uygulanabilmesi açısından dikkate değerdir. Markov zincirleri analizinde gelecekteki durumun yalnızca bir önceki duruma koşullu olasılıkla bağlı olması söz konusu öngörümleme tekniğinin en önemli farklılığıdır.

Bu çalışmada, Markov zincirleri ile ilgili kuramsal açıklamaların yanı sıra yöntem BIST 100 şirketleri arasında toplam işlem hacmi en yüksek olan 10 hisse senedinin günlük fiyat verilerine uygulanmıştır. Uygulamanın amacı yatırımcılara hisse senetlerinin gelecekteki olası getirileri hakkında bilgi sunmaktır. Bu doğrultuda ilk olarak söz konusu hisse senetlerinin bir yıllık fiyatları temin edilmiş ve geçiş matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra geçiş matrislerinden geçiş olasılıkları matrisleri hesaplanmıştır. Elde edilen geçiş olasılıkları matrislerinden yararlanılarak uzun döneme dair bilgi sunan denge durumu olasılıkları bulunmuştur. Bir sonraki aşamada ise denge durum vektörleri ve fiyat değişimleriyle hisse senetlerinin beklenen değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada son olarak ise durumların yinelenme sürelerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar somut olmakla beraber yöntemin hassas ve uygulama gücü bulunan bir analiz aracı olduğu söylenebilir. Nitekim Markov zincirleri ile finansal getiri analizinin bireysel yatırımcılardan ziyade portföy yöneticileri ve yatırım uzmanı gibi kurumsal yatırımcılar tarafından uygulanması önerilmektedir.

Sayısal yöntemler karar vericilere nesnel bilgiler sunmaktadır. Fakat söz konusu yöntemlerin mutlaka dikkatli kullanılması gereklidir. Nitekim hemen hemen tüm yöneylem araştırması tekniklerinde analizlerde kullanılan küçük veri hataları, yöntemin uygulanmasında göz ardı edilen zorunlu unsurlar ya da bulguların yorumlanmasında yanlış değerlendirmeler söz konusu yöntemlerin geçerliliğini ve güvenilirliğini sıfırlayabilir. Bu doğrultuda araştırmacılar Markov zincirleri yönteminin duyarlılığını ya da güvenilirliğini hem doğrudan hem de diğer geleneksel yöntemlerle kıyaslayarak test edebilirler. Bununla birlikte, çalışmanın literatür incelemesi kısmında da görüldüğü üzere yöntem çok farklı alanlara uygulanabilir. Nihayetinde, araştırmacılar ve uygulamacılar söz konusu yöntemin kullanım alanlarını genişletebilirler ve karar vericiler için doğruluğu sınanmış pratik bilgilere ulaşabilirler.

## Kaynakça

- Akyurt, İ. Z. (2011), Ülke Derecelendirme Sisteminin Markov Zinciri ile Analizi, *Yönetim*, 22(69), 45-60.  
Alp, S. ve Öz, E. (2009), Markov Zinciri Yöntemi İle Taşınabilir Bilgisayar Tercihlerinin Analizi, *Akademik İncelemeler*, 4(2), 37-54.



- Alp, S. ve Sarıoğlu, K. (2017). Döviz Kurundaki Değişimin Satış Rakamları Üzerindeki Etkisinin Markov Zinciri Modeli ile Analizi, *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(4), 49-65.
- Aytemiz, T. ve Şengönül, A. (2004), Markov Zincirlerinin Ekonomik Bir Probleme Uygulanması: Perakende Alışverişlerde Bireysel Olarak Kullanılan Madeni Para Stratejilerinin Karşılaştırmalı Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(4), 29-43.
- BIST 100 Hisse Senetleri Günlük Kapanış Verileri (2020). <https://tr.investing.com/equities/turkey>, 25.07.2020.
- Can, T. ve Öz, E. (2009), Marka Tercihlerine ve Tercih Nedenlerine Gizli Markov Modelinin Uygulanması, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 167-185.
- Çam, S. ve Kılıç, S. B. (2018), Altın Fiyatı Günlük Getirilerinin Yapay Sinir Ağları Algoritması ve Markov Zincirleri Modelleri ile Tahmini, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi (IJEAS)*, 18. EYİ Özel Sayısı), 681-694.
- Ercan, Ö. (2020), Markov Zincirleri Modellemesi ile Gençlerin Spor Ayakkabı Marka Tercihlerinin Belirlenmesi, *R&S – Research Studies Anatolia Journal*, 3(2), 131-141.
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J. (2001), *Introduction to Operations Research*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Huang, J. C., Huang, W. T., Chu, P. T., Lee, W. Y., Pai, H. P., Chuang, C. C. ve Wu, Y. W. (2017), Applying a Markov Chain for the Stock Pricing of a Novel Forecasting Model, *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 46(9), 4388-4402.
- Idolor, E. J. (2011), The Long-Run Prospect of Stocks in the Nigerian Capital Market: A Markovian Analysis, *Journal of Research in National Development*, 9(1), 388-400.
- İlarslan, K. (2014), Hisse Senedi Fiyat Hareketlerinin Tahmin Edilmesinde Markov Zincirlerinin Kullanılması: İMKB 10 Bankacılık Endeksi İşletmeleri Üzerine Ampirik Bir Çalışma, *Journal of Yaşar University*, 9(35), 6185-6198.
- Karaca, M. E. ve Alp, S. (2017), Markov Zincirleri Yöntemi Kullanılarak Altın Fiyatları ile BIST 100 Endeksi Arasındaki İlişkinin Analizi, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 18(40), 1-12.
- Karahanoğlu, İ. (2005), Türkiye'deki Kalkınma Bankalarının Sermaye Yeterlilik Rasyolarının Markov Zincirleri Yöntemi ile Tahmin Edilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(41), 1236-1246.
- Kılıç, S. B. (2005), Test of the Weak Form Efficient Market Hypothesis for the İstanbul Stock Exchange by Markov Chains Methodology, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 333-342.
- Kılıç, S. B. (2013), Estimating Probability of Session Returns for İstanbul Stock Exchange 100 Index as Markov Chain Process, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 501-512.
- Kıral, E. (2018), Markov Analizi ile Cep Telefonu Operatör Tercihlerinin Belirlenmesi: Adana İli Üzerine Bir Uygulama, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 35-47.
- Kıral, E. ve Uzun, B. (2017), Forecasting Closing Returns of Borsa İstanbul Index with Markov Chain Process of the Fuzzy States, *Journal of Economics, Finance and Accounting (JEFA)*, 4(1), 15-24.
- Köse, E., Genç, T. ve Kabak, M. (2015), Markov Analizi ile İnsan Gücü Planlaması, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16(2), 1-12.
- Liu, T. (2010), Application of Markov Chains to Analyze and Predict the Time Series, *Modern Applied Science*, 4(5), 162-166.
- Mills, T. C. ve Jordanov, J. V. (2003) The Size Effect and the Random Walk Hypothesis: Evidence from the London Stock Exchange Using Markov Chains, *Applied Financial Economics*, 13(11), 807-815.
- Özdağoğlu, A., Özdağoğlu, G. ve Gümüş, G. K. (2012), Altın Fiyatındaki Dağılımların Markov Zinciri ile Analizi: Uzun Erimli Olasılıklar, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40, 119-142.
- Özdemir, A. ve Demireli, E. (2014), Hisse Senedi Fiyat Verimliliğinin Markov Zincirleri ile Analizi BIST Teknoloji Endeksi Hisse Senedi Fiyatları Üzerine Bir Uygulama, *Verimlilik Dergisi*, 1, 41-60.

- Özdemir, A. Y. ve Gümüşoğlu, Ş. (2007), İşletmelerin Tahminleme Sorunlarının Çözümlemesinde Markov Zincirleri Analizinin Uygulanması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 337-359.
- Özel, G. (2019). Markov Zinciri Kullanarak Ankara İli İçin Hava Kirliliği Tahmini, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 144-151.
- Özel, G. ve Solmaz, A. (2012), Türkiye'de Deprem Tekrarlanma Zamanının Tahmini ve Neotektonik Bölgelere Göre Depremselliğin Markov Zinciri ile İncelenmesi, *Çankaya University Journal of Science and Engineering*, 9( 2), 125-138.
- Parzen, E. (1962), *Stochastic Processes*, Holden-Day Inc., USA.
- Pfeifer, P. H. ve Carraway, R. L. (2000), Modeling Customer Relationships As Markov Chains, *Journal of Interactive Marketing*, 14(2),43-55.
- Reis, M. ve Dotal, H. (2016), Markov Zinciri Modeli Kullanılarak Kahramanmaraş İli İçin Gelecekteki Hidrolojik Kuraklık Olasılıklarının Belirlenmesi, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1), 34-43.
- Shiyun, W., Guan, L. K. ve Chang, C. (1999), A New Methodology for Studying Intraday Dynamics of Nikkei Index Futures Using Markov Chains, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 9, 247-265.
- Soykan, Y. (2010), Markov Zincirleri ile Pazar Payı Araştırma Modeli ve Otomobil Lastiği Pazarında Bir Uygulama, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27, 1-11.
- Şentürk, S. ve Alp, S. (2016), Mobil Operatör ve İnternet Servis Sağlayıcı Tercihlerinin Markov Zinciri Yöntemi ile Analizi, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 133-151.
- Taha, H. A. (2007), *Operations Research: An Introduction*, Pearson, USA.
- Temel, T., Tansel, A. ve Güngör, N. D. (2005), Convergence Of Sectoral Productivity in Turkish Provinces: Markov Chains Model, *International Journal of Applied Econometrics and Quantitative Studies*, 2(2), 65-98.
- Tütek, H., Gümüşoğlu, Ş., Özdemir, A. (2016), *Sayısal Yöntemler: Yönetmel Yaklaşım*, Beta Basım Yayım, 7. Bası: İstanbul.
- Winston, W. L. (2004), *Operations Research-Applications and Algorithms*, Brooks/Cole, Fourth Ed., USA.
- Yavuz, S. ve Karabulut, T. (2016), Markov Analizi ile Üniversite Öğrencilerinin Cep Telefonu Marka Tercihlerinin Belirlenmesi, *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(17), 221-235.

#### Ek A.BIST 100'deki 10 Hisse Senedinin Geçiş Olasılıkları Matrisi

| $P_{THYAO}$ | 1     | 2     | 3     | $P_{GARAN}$ | 1     | 2     | 3     |
|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| 1           | 0,440 | 0,008 | 0,552 | 1           | 0,492 | 0,008 | 0,500 |
| 2           | 0,500 | 0,000 | 0,500 | 2           | 0,667 | 0,000 | 0,333 |
| 3           | 0,567 | 0,025 | 0,408 | 3           | 0,492 | 0,016 | 0,492 |
| $P_{ASELS}$ | 1     | 2     | 3     | $P_{AKBNK}$ | 1     | 2     | 3     |
| 1           | 0,484 | 0,024 | 0,492 | 1           | 0,475 | 0,017 | 0,508 |
| 2           | 0,400 | 0,000 | 0,600 | 2           | 0,556 | 0,000 | 0,444 |
| 3           | 0,517 | 0,017 | 0,467 | 3           | 0,475 | 0,058 | 0,467 |
| $P_{HALKB}$ | 1     | 2     | 3     | $P_{KRMDM}$ | 1     | 2     | 3     |
| 1           | 0,544 | 0,040 | 0,416 | 1           | 0,466 | 0,103 | 0,431 |
| 2           | 0,385 | 0,000 | 0,615 | 2           | 0,480 | 0,080 | 0,440 |
| 3           | 0,459 | 0,072 | 0,468 | 3           | 0,454 | 0,102 | 0,444 |
| $P_{PETKM}$ | 1     | 2     | 3     | $P_{VAKBN}$ | 1     | 2     | 3     |
| 1           | 0,479 | 0,083 | 0,438 | 1           | 0,420 | 0,036 | 0,545 |
| 2           | 0,533 | 0,000 | 0,467 | 2           | 0,333 | 0,000 | 0,667 |
| 3           | 0,478 | 0,044 | 0,478 | 3           | 0,484 | 0,039 | 0,477 |
| $P_{ISCTR}$ | 1     | 2     | 3     | $P_{KOZAA}$ | 1     | 2     | 3     |

|          |       |       |       |  |          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|--|----------|-------|-------|-------|
| <b>1</b> | 0,496 | 0,025 | 0,479 |  | <b>1</b> | 0,393 | 0,016 | 0,590 |
| <b>2</b> | 0,500 | 0,000 | 0,500 |  | <b>2</b> | 0,333 | 0,000 | 0,667 |
| <b>3</b> | 0,451 | 0,041 | 0,508 |  | <b>3</b> | 0,589 | 0,008 | 0,403 |