

## Hisse Senedi Piyasa Fiyatlarının Saklı Markov Modeli İle Tahmin Edilmesi: Türkiye Örneği

Cansu DAĞLIOĞLU<sup>1</sup>  
Gülşen KIRAL<sup>2</sup>

**ÖZ:** Günümüzde insanların kâr elde etme amacıyla geleceği tahmin etme ve bu tahminler sonucunda kazanç elde etme isteği finansal yatırım araçlarına büyük bir talep oluşturmaktadır. Piyasalarda meydana gelen bu canlanma, finansal yatırım araçlarına ilgisi olan herkesi bilgi arayışına sürüklemiştir. Bu durum ise geleceğe yönelik yapılan tahmin çalışmalarında artış ile sonuçlanmaktadır. Bu çalışmada Saklı Markov Modeli kullanılarak Borsa İstanbul 100 endeksi değerinin değişim oranı, hisse senedine etki eden bazı içsel faktörler yardımıyla tahmin edilmiştir. Saklı Markov Modeli'nin ilk çözüm algoritması olan İleri-Geri Yön algoritması ile geçmiş değerler baz alınarak BIST 100 endeksi değişim yüzdesinin ne yönde olacağı ile ilgili olasılıklar tahmin edilmiştir. İkinci aşamada BIST 100 endeksi değişim oranının, çalışmada yer alan içsel faktörlerden hangisinin değişiminden kaynaklandığına dair tahmin yapılmıştır. Baum-Welch algoritması ile de model parametreleri tekrar tahmin edilmiş ve sonuçların oldukça etkin tahminler olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Saklı Markov Modeli, Saklı Markov Modeli Algoritmaları, Borsa İstanbul, Finansal Yatırım Araçları

**JEL Kodu:** C01, C10, C40, C58, F65.

## Prediction of Economical Investment Tool Returns With Hidden Markov Model for Turkey

**ABSTRACT:** Nowadays there is a great demand to financial investment tools due to the desire of profiting from future predictions. The revival in the markets drafted everyone interested in financial investment to information hunting. This causes an increase in future prediction studies. In this study BIST 100 index change rate is predicted by the Hidden Markov Model using the exogenous factors affecting stocks. With the help of Hidden Markov Model's first solution algorithms, forward-backward algorithms, BIST 100 index change rate direction possibilities were predicted based on past values. Secondly prediction of the exogenous factor change affecting the BIST 100 index change rate was done. Using Baum-Welch algorithm model parameters were predicted again and results were found out to be very effective.

**JEL Codes:** C01, C10, C40, C58, F65.

**Keywords:** Hidden Markov Model, Hidden Markov Model Algorithms, Borsa İstanbul, Financial Investment Tools

Geliş Tarihi / Received: 21/02/2018

Kabul Tarihi / Accepted: 22/03/2018

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, cnsudaglioglu@gmail.com, [orcid.org/0000-0002-0966-6875](https://orcid.org/0000-0002-0966-6875)

<sup>2</sup> Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, [gkiral@cu.edu.tr](mailto:gkiral@cu.edu.tr), [orcid.org/0000-0002-0541-0178](https://orcid.org/0000-0002-0541-0178)

## 1. Giriş

Toplumlar, geçmişten günümüze sürekli geleceği tahmin etme isteği, tahminleri sonucunda önündeki olayları fırsatlara çevirme içgüdüleri içinde olmuşlardır. Finansal yatırım araçlarının geleceğe yönelik tahmini de belirli bir olasılık dâhilinde olması tüm yatırımcılara iyi bir getiri elde etme konusunda yardım sağlayacaktır. Finansal yatırım araçlarının tahmin edilmesi, finansal yatırıma yönelen tüm kullanıcı ve uygulayıcılar için finansal ya da yatırım kararlarının alınmasında önemli bir sorun olmaktadır. Çünkü fiyat düzeyinde alınan yanlış bir karar büyük bir riske yol açabilecekken alınacak doğru karar ise maksimum getiri sağlayacaktır. Bu noktada karar vericinin elde ettiği bilgi, yapacağı yatırım konusunda büyük önem taşımaktadır.

Yatırımcılar, karar verme aşamasında ne denli sağlıklı karar verdiğini öngörebilmek adına çeşitli yollarla bilgi arayışına girmişlerdir. Bu durum finansal yatırım araçlarına olan ilgiyi arttırmaktadır. Bu doğrultuda toplumda, finans sektörüne dayalı tahmin çalışmaları artmaktadır. Çalışmamızda finansal yatırım araçlarının tahmin edilmesinde etkin yöntemler arasında olan Saklı Markov Modeli kullanılacaktır.

Saklı Markov Modeli; finansal, medikal, gen tahmini, meteorolojik, ses, el yazısı, vücut hareketlerini tanıma, müzik notasyonu izleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu tahmin çalışmasında, hisse senedi üzerinde direkt etkiye sahip olmaları ve veri elde etme açısından kolay olmaları nedeniyle içsel faktörlerden sadece döviz kuru, faiz oranı ve para arzı kullanılmıştır.

Finansal verilere Saklı Markov Modeli uygulayarak, elde edilecek tahminlerin doğru ve güvenilir sonuçları, kullanılan tekniklerin etkin olduğunu gösterirken bu konuya ilgisi olan herkesin maksimum fayda sağlamasında bir çıkış noktası olacaktır.

## 2. Literatür

Finansal verilerin geleceğe yönelik tahmini ve Saklı Markov modeli konusu ile ilgili literatürde birçok araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalarda finansal veriler üzerinde Saklı Markov Modeli ve Markov analizi uygulanarak tahmin yapılırken farklı uygulama alanları içinde Saklı Markov Modeli kullanılmıştır. Literatürde var olan Saklı Markov Modeli ve Markov analizi ile yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Xue ve Govindaraju (2006) çalışmalarında Saklı Markov Modeli kullanarak yüksek seviye yapısal özellikler kullanan çevrimdışı el yazısı tanıma uygulamaları için belirgin sembollerin sürekli özelliklerle ilişkilendirildiği stokastik yapı bir modelleme sunmaktadır.

Messina ve Toscani (2007) çalışmalarında, finansal zaman serilerini modelleme problemleri; sıralı veri analizi, finansal zaman serileri modelleme ve öngörmeye uygun olduğu görülen Saklı Markov Modelleri kullanılarak incelenmiştir.

Can ve Öz (2009) çalışmalarında 1992–2007 yıllarında Türkiye’de dolar kuru ve bu kurları etkileyen ekonomik veriler yardımıyla 2008 yılına ait dolar kuru değişimi için tahmin yapılmıştır. Saklı Markov Modeli ile etkin sonuçlar elde edilmiştir.

Öz (2009) çalışmasında İMKB’de işlem gören hisse senedi değişim oranlarını, hisse senedini etkileyen içsel faktörler yardımıyla tahminini Saklı Markov Modeli kullanarak yapmış ve başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Can, Ergün ve Gökçeoğlu (2013) çalışmalarında Boğaziçi Üniversite Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından elde edilen veriler kullanılarak merkezi Bilecik ve 100 km çapındaki yerler de dahil edilerek bu bölgede meydana gelecek depremlerin yıllara göre sıklığını tahmin etmek için saklı Markov modelini kullanmıştır. Geleceğe yönelik deprem tehlikesinin tahminlerinde yıllara göre saklı durumlar belirlenmiştir.

İlarslan (2014) çalışmasında İMKB 10 endeksinde yer alan 10 adet hisse senedinin 02.01.2012-31.12.2012 dönemine ait günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Markov zincirlerini kullanarak bir gün önceki hisse senedi fiyat hareketini tahmin etmede başarılı olmuştur.

Özdemir ve Demireli (2014) çalışmalarında Markov zincirleri ile BİST teknoloji endeksinde işlem gören 16 hisse senedi fiyatlarını 02.05.2012-30.04.2013 dönemi arasında günlük fiyatları kullanarak hisse senedinin uzun dönemli beklenen getirileri bulunmuştur. Markov zinciri ile 3 durum (değer azalışı, aynı kalma ve artış) için durumlar arası geçiş olasılıkları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar genellikle azalma eğiliminde olduğu gözlenmiş artış eğiliminde olan dört hisse senedi belirlenmiştir. Üç durumun çok yakın olduğu sadece bir hisse senedi bulunmuştur. Buna ek olarak 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. Bu durumlar ise karar verici için kârlılık hesabı yapmasında yardımcı olmuştur.

Özcan (2015) çalışmasında stokastik süreçler ile tahmin yapılmada kullanılan bir yöntem olan Saklı Markov Modeli’ne değinmiştir. Saklı Markov Modeli ve algoritmaları tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar bir uygulama ile desteklenmiştir.

Mavruk ve Kırıl (2016) çalışmalarında örnek veri davranışlarını tanımlamak ve Markov analizi kullanarak vergi gelirlerinin gerçekleşme oranlarını tahmin etmişlerdir. Her vergi gelirinin gerçekleşme oranı için dört ayrı Markov Modeli oluşturulmuştur. Elde edilen Markov modellerinden her model için en iyisi hata kareler toplamı hesap edilerek bulunmuştur.

Kıral ve Uzun (2017) çalışmalarında Borsa İstanbul 100 endeksinin kapanış getirilerini tahmin etmek için Bulanık Durum Markov Zincirini kullanmışlardır. Klasik Markov Modeli ile kıyaslandığında yatırımcılara daha yüksek bir tahmin doğruluğu sağladığı görülmüştür.

Yapılan çalışmalar göz önünde tutulduğunda finansal verilerin geleceğe yönelik tahmininde Saklı Markov ve Markov Modellerinin çalışmalarda etkin tahmin ediciler olduğu gözlenmektedir. Ayrıca Saklı Markov Modelinin deprem sıklıkları ve çevrimdışı el yazısı tanıma teknikleri için kullanıldığı ve farklı alanlarda da etkin bir analiz yöntemi olduğu söylenebilir.

### 3. Saklı Markov Modeli

Markov analizi bazı değişkenlerin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek amacıyla mevcut davranışının analiz edildiği olasılıklı bir tekniktir (Gupta ve Khanna, 2009: 604).

Markov süreçlerinin özel bir durumu ise Markov zinciridir ve bir olasılıksal sürecin zaman içinde bulunabileceği farklı durumlar arasında yaptığı hareketlerin incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Öz, 2009: 62).  $S = \{x_1, x_2, \dots\}$  durum uzayı ve  $t_1 < t_2 < \dots < t_n$  için bir Markov süreci aşağıdaki eşitlikle açıklanır ve bu eşitliğe *Markovyen Varsayım* denir.

$$P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_1} = x_1) = P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}) \quad (1)$$

Markovyen Varsayımı, sürecin bir sonraki adımdaki durum geçmişten tamamıyla bağımsız olmaktadır ve sadece mevcut duruma bağlı olmaktadır (Öz, 2009: 62).

Markov zinciri analizinde, durum, geçiş, geçiş olasılıkları, geçiş olasılıkları matrisi gibi kavramlar önemli noktaldır. Stokastik süreçte, rassal değişkenlerin aldığı her bir özel değer, bir durum olarak adlandırılırken, durumlar arası değişimler geçiş olarak adlandırılmaktadır. Eğer sistem bir periyotta  $i$  durumundan gelecek periyotta  $j$  durumuna giderse,  $i$ 'den  $j$ 'ye geçiş olmakta ve bu nedenle Markov sürecinde yer alan  $p_{ij}$  olasılıkları geçiş olasılıkları olarak adlandırılmaktadır

$$P(X_{t+1} = j | X_t = i) = p_{ij} \quad i, j \in S = \{0, 1, 2, \dots\} \quad (2)$$

Bu ifade  $n+1$ 'de  $X_{n+1}$ 'deyken sistemin koşullu olasılığını göstermektedir. Geçiş olasılıkları çoğu uygulamada,  $s$  durumların sayısını ifade ederken,  $s \times s$  geçiş olasılıkları matrisi  $P$  ile gösterilmektedir. Geçiş matrisinin elemanları 0 ve 1 arasında değer almaktadır. Matrisin her bir satırı ise 1'e eşit olma koşulunu sağlamalıdır (İlarslan, 2014: 6190-6191).

Saklı Markov Modeli, Markov Zincirine eş ama Markov Zincirinden daha genel ve daha esnek yapıdadır. Ek olarak Markov Zincirinin modelleyemediği olayların

modellenmesini sağlamaktadır. Bir Saklı Markov Modeli kesikli Markov Zincirinin ekstra özellikler almış durumudur. Buna dahil edilen temel özellik, Markov Zincirinin bir duruma gelmesi halinde, sabit ve zamandan bağımsız olan bir olayı meydana getirmesidir. Her bir meydana gelecek durum zamandan bağımsız olmaktadır ve var olan durumun her bir olaya ait olasılığı, dağılım değerine bağlı olmaktadır (Ewens ve Grant, 2005: 409).

Saklı Markov modelinde durumlar doğrudan gözlenmemektedir. Bunun yerine, her bir durumdan meydana gelen gözlem çıktıları oluşturulur (Steeb vd., 2005: 472). Gözlem çıktılarının bir araya gelmesi ile gözlem dizisi oluşur. Saklı Markov Modelinde gözlem dizisinin altında yatan durumların bilinmeme durumu modelde "Saklı" anlamını ortaya çıkartır.

Bir SM Modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

1.  $N$ , modelde yer alan durum sayısı:  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$
2.  $M$ , durumlara ait elde edilecek gözlem sayısı:  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$  gözlem kümesi ile gösterilmektedir.
- 3)  $A = \{a_{ij}\}$ , durum geçiş olasılık matrisidir:  $a_{ij} = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i)$  ve  $A$ ,  $N \times N$  boyutunda bir matristir, matris satır toplamları 1'e eşittir.
- 4)  $B = \{b_j(k)\}$ , gözlem olasılık matrisidir: Bu ifade,  $t$  anında  $j$  durumunda iken  $v_k$  gözleminin olasılığını vermektedir.  $B$ ,  $N \times M$  boyutunda bir matristir ve her satırındaki değerlerin toplamı ayrı ayrı 1'e eşit olmaktadır.
- 5)  $\pi = \{\pi_i\}$ , başlangıç durum dağılımıdır:  $\pi_i = P[q_1 = S_i]$ ,  $1 \leq i \leq N$  (Bicego ve Murino, 2004: 281-286).

$N, M, A, B$  ve  $\pi$ 'nin uygun değerleri için Saklı Markov Modeli  $O = O_1 O_2 \dots O_T$  gözlem dizisini üretilmektedir.  $T$ , gözlem sayısı olarak her bir  $O_t$  gözlemi  $\{v_1, v_2, \dots, v_M\}$  gözlemlerinden biri olmaktadır (Rabiner, 1989: 257-286).

Gözlemler, gözlem anında sistemin içinde olduğu duruma bağlı kalmaktadır. Bu nedenle bir önceki gözlemden bağımsız olmaktadır ( Schliep vd., 2004: 121-135).

Kolay olması amacıyla SM Modelinin parametreler kümesi  $\lambda = (A, B, \pi)$  şeklinde gösterilmektedir.

Saklı Markov Modeli üç farklı amaç için kullanılır. Bunlar:

- Verilen bir model ve gözlemler dizisi için model tarafından gözlem dizisinin üretilme olasılığının hesaplama problemidir.  $\lambda$  verildiğinde bu modelin gözlem

dizisi  $O = O_1O_2...O_T$  'yi üretme olasılığı hesaplanmaktadır (Öz, 2009: 64-66).

Bu işlem İleri-Geri Yön algoritması kullanılarak hesaplanmaktadır.

- Modelin saklı kısmının açığa çıkarılması yani doğru durum dizisinin bulunmasıdır.  $P(Q|O, \lambda)$ ,  $\lambda$  ve  $O$  verildiğinde, bu gözlem dizisini oluşturma ihtimali en yüksek olan durum dizisinin  $Q = q_1q_2q_3.....q_T$  bulunma olasılığı hesaplanmaktadır (Lou, 1995: 42-52). Gözlemleri en uygun şekilde açıklayan saklı durumun elde edilmesinde Viterbi algoritması kullanılmaktadır.
- Verilen bir gözlem dizisinin nasıl meydana geldiğini en iyi şekilde tanımlayabilmek için model parametrelerinin  $\lambda$ 'nın optimize edilmesidir. Gelecekte meydana gelecek herhangi bir gözlem olasılığının maksimum yapılması için başlangıç durum olasılıkları, geçiş olasılıkları ve gözlem olasılıkları matrislerinin yeniden belirlenmesinde Baum-Welch algoritması kullanılmaktadır (Karlsson, 2004: 1-13).

Algoritmaların kodları MatlabR2017a kütüphanesinde “statistical toolbox” içerisinde HMM kodu ile hazır olarak bulunmaktadır.

#### 4. Hisse Senetleri ve Hisse Senetlerine Etki Eden Faktörler

Hisse senedi satın alanla ihraç eden kuruluşa hissedarlık sağlayan ve satın alana kârdan pay alma, ihraç edene tasfiye zamanına kadar fonları kullanma hakkı sağlayan finansal varlık olarak tanımlanır. Aynı zamanda bu finansal varlık aracıyı ortadan kaldıran bir finansman aracı olmaktadır (Canbaş ve Doğukanlı, 2012: 32).

Hisse senedi borsalarında, borsanın genel gidişini belirleyen göstergeler endeksler ile ifade edilmektedir. Sayısal gösterge olan borsa endeksleri; toplumun ve ekonominin geleceğine yönelik beklentilerini de yansıtmaktadır. Bu doğrultuda sosyo-ekonomik ve sosyo-psikolojik açıdan da doğru bilgiler içerebilmektedirler. Hisse senetleri endekslerinin göstermiş olduğu gidişat, ekonomik gelişmelere karşı toplumsal davranış biçimlerinin gidişatı olarak da algılanabilmektedir (Sayılğan, 2004: 43).

BIST hisse senetleri piyasası endeksleri, borsada işlem gören hisse senetlerinin fiyat ve getirilerinin bütünsel ve sektörel açıdan performanslarının ölçülmesi için oluşturulmuştur. Bu endeksler tüm seans süresince hesaplanmaktadır. Getiri endeksleri yalnız seans sonunda hesaplanmakta ve yayınlanmakta olup, BIST Ulusal 100 Endeksi Ulusal Pazar için temel endeks olarak kullanılmaktadır. Hisse senetleri piyasaları, ülkenin ekonomisinde büyük önem arz etmektedir. Bu piyasa yolu ile şirketler önemli derecede kendilerine kaynak sağlarken, ülkeler de yurt dışı piyasalardan döviz sağlamaktadırlar (Karan, 2001: 304-305).

Hisse senetleri, sermaye piyasasında riskli yatırım araçlarıdır. Bu durum hisse senetlerini, meydana gelen ekonomik gelişmelere karşı duyarlı hale getirmektedir.

Bu aşamada hisse senedini etkileyen faktörler de büyük öneme sahip olmaktadır. Hisse senedini etkileyen faktörler içsel ve dışsal olmak üzere ikiye ayrılır. Dışsal

faktörler firma içi faktörler olurken, içsel faktörler firma dışından kaynaklanan faktörlerdir.

Dışsal faktörler, firmanın yapısından kaynaklanan faktörlerdir. Bunlar firma içi faktörler olup, kâr durumu ve mali yapı değişiklikleridir (Tuncer, 1987: 16).

Hisse senedini etkileyen dışsal faktörler, firma dışından kaynaklanan faktörlerdir. Bunlar; kurumlar vergisi oranındaki değişiklikler, hükümet harcamalarındaki değişiklikler, gayri safi milli hasıladaki değişiklikler, fiyatlar genel seviyesindeki değişiklikler, döviz kurundaki değişiklikler, para arzındaki değişiklikler, faiz oranlarındaki değişiklikler ve diğer faktörlerdir (Öz, 2009: 70).

### 5. BIST 100 Endeks Değişim Oranı için Saklı Markov Modeli ve Uygulaması

Döviz kuru, faiz oranı ve para arzı gibi içsel faktörler kullanılarak BIST 100 endeks değeri değişimlerinin tahmini üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Saklı Markov Modeli uygulanarak yapılan bu çalışmada modelin üç algoritması kullanılmıştır. İlk aşama olan İleri-Geri Yön algoritması, gözlem kümesinde yer alan gözlemlerin gözlemlenme olasılıkları hakkında bize bilgi vermiştir. İkinci aşama olan Viterbi Algoritması, en büyük gözlem olasılığına sahip gözlemi açıklayan saklı durumun bulunmasında yardımcı olmuştur.

**Tablo 1:** Dışsal ve İçsel Faktörler Arası Kullanım Farkları

İÇSEL FAKTÖRLER	DIŞSAL FAKTÖRLER
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hisse senedi üzerinde daha belirleyici bir role sahip olmaları</li> <li>Veri elde etme açısından elverişli olmaları</li> <li>Yayınlanma aralıklarının aylık, haftalık, günlük ve dakikalık olabilmeleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Her şirketin kendi bünyesinde oluşacak değişikliklere ulaşmanın kolay olmaması</li> <li>Verilerin elde edilmesinin zor olması</li> <li>Verilerin elde edilse dahi yayınlanma tarihlerinin uzun aralıklarda olması</li> </ul>

Son olarak, Baum-Welch algoritması ise BIST 100 endeksindeki değişim oranının gerçekleşme olasılığını maksimum yapmak için parametreleri tekrar belirleyerek daha kesin sonuçlar elde etmemizi sağlamıştır.

Tablo 1’de belirtilen nedenlerden dolayı çalışmada belirli içsel faktörler baz alınmış, dışsal faktörlere yer verilmemiştir. İçsel faktörlerin ise tamamı modelde yer almamaktadır. GSMH, kurumlar vergisi, hükümet harcamalarının hisse senedi üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olmaları ve söz konusu değişkenler yıllık bazda olup uygulamada kullanılan verilerin aylık bazda olmasından dolayı bu faktörler model dışı bırakılmıştır.

Uygulamada kullanılan veriler Merkez Bankası veri dağıtım sisteminden ve TÜİK’ten elde edilmiştir. BIST 100 endeks değerinin değişim oranlarının tahmini

üzerine kurulu olan uygulamada veriler 2005 Aralık ayından 2017 Kasım ayı dâhil 144 aylık değer kullanılmıştır. Hisse senedi verileri, günlük verilerden yola çıkılarak her ay sonu için ortalama değer alınarak hesaplamaya dahil edilmiştir. Değişim oranları ise bir ayın, önceki aya göre değişim yüzdesi kendisiyle bir önceki ayın farkının bir önceki aya bölünmesiyle hesaplanmıştır. 143 aya ait veriler kullanılarak bu değerler hesaplanmıştır. Başlangıç oranı 2006 yılı Ocak ayıdır ve son oran 2017 yılı Kasım ayı için hesaplanmıştır.

Dolar kuru verileri 2005 Aralık ayından 2017 Kasım ayı dâhil 144 aylık değerden oluşmaktadır. BIST 100 endeksine uygulanan değişim aralığı dolar kurları içinde aynı şekilde uygulanmıştır. Aylık değişim oranları, değerlerin bir önceki ay değerlerine oranlanarak hesaplanması ile elde edilir. Toplam 143 aylık değişim oranlarının değerleri elde edilmiştir.

Bir diğer içsel faktörlerden olan faiz oranları verileri 2005 Aralık ayından 2017 Kasım ayı dahil 144 aylık değerden oluşmaktadır. Aylık değişim oranları değerlerin bir önceki ay değerlerine oranlanarak hesaplanmıştır. Toplam 143 aylık değişim oranlarının değerleri bulunmaktadır.

Modelde yer alan ve hisse senedi fiyatına etki eden son içsel faktör ise para arzıdır. Merkez Bankası tarafından para arzı genelde M1, M2, M3 tanımlanmaktadır. Uygulamada kullanılan para arzı göstergesi M1 olmaktadır. M1: Nakitler, Vadesiz Mevduatlar, Diğer Çek Yazılabilir Mevduatlardan oluşmaktadır. Para arzı, 2005 Aralık ayından 2017 Kasım ayı dahil 144 aylık değerden oluşmaktadır. Aylık değişim oranları değerlerin bir önceki ay değerlerine oranlanarak hesaplanmıştır. Toplam 143 ay için değişim oranları hesaplanmıştır.

Uygulamada ele alınan hisse senedi değişim oranları bize gözlem değerleri hakkında bilgi verirken, hisse senedini etkileyen içsel faktörlerden dolar kuru, faiz oranı ve para arzı ise Saklı Markov Modelinin durumları hakkında bilgi vermiştir. Bu üç faktör ayrı ayrı değerlendirilip aralarında dört gruba ayrılmışlardır.

Dolar kuru, faiz oranı, para arzı ve BIST 100 endeksinin değişim oranları hesaplandıktan sonra bu değerleri gruplandırmak için artma ve azalma değerleri hesaplanmıştır ve her bir değişken için alt gruplar oluşturulmuştur.

Dolar kuru artma değerleri ortalaması 0,031 bulunmaktadır. 0 ile 0,031 arasında olan artma değeri, birinci seviye pozitif alt durum olup PD1 ile ifade edilmektedir. 0,031'e eşit ve daha büyük artma değeri, ikinci seviye pozitif alt durumu olup PD2 ile ifade edilmektedir. Azalma değerlerinin ortalaması 0,02 olarak elde edilmiştir. Azalma değerinin 0,02'den küçük olması birinci seviye negatif alt durum olup ND1 ile ifade edilmiştir. Azalma değerlerinin 0,02'ye eşit ve büyük olması ise ikinci seviye negatif alt durumu olup ND2 ile ifade edilmiştir.

Faiz oranı artma değerleri ortalaması 0,034 bulunmaktadır. 0 ile 0,034 arasında olan artma değeri, birinci seviye pozitif alt durum olup PF1 ile ifade edilmektedir.



0,034'e eşit ve daha büyük artma değeri, ikinci seviye pozitif alt durumu olup PF2 ile ifade edilmektedir. Azalma değerlerinin ortalaması 0,036 olarak elde edilmiştir. Azalma değerinin 0,036'dan küçük olması birinci seviye negatif alt durum olup NF1 ile ifade edilmiştir. Azalma değerlerinin 0,036'ya eşit ve büyük olması ise ikinci seviye negatif alt durumu olup NF2 ile ifade edilmiştir.

**Tablo 2:** Gözlem ve Durum Dizisi için Değişim Oran (D.O) Aralıkları ve Durum Göstergeleri (D.G)

	BIST	Döviz Kuru	Faiz Oranı	Para Arzı
<b>D.O.</b>	$0 \leq D.O. < 0,05$	$0 \leq D.O. < 0,031$	$0 \leq D.O. < 0,036$	$0 \leq D.O. < 0,034$
<b>D.G.</b>	G1	PD1	PF1	PP1
<b>D.O.</b>	$D.O. \geq 0,05$	$D.O. \geq 0,031$	$D.O. \geq 0,036$	$D.O. \geq 0,034$
<b>D.G.</b>	G2	PD2	PF2	PP2
<b>D.O.</b>	$-0,05 < D.O. < 0$	$-0,02 < D.O. < 0$	$-0,03 < D.O. < 0$	$0,02 < D.O. < 0$
<b>D.G.</b>	G3	ND1	NF1	NP1
<b>D.O.</b>	$D.O. \leq -0,05$	$D.O. \leq -0,02$	$D.O. \leq -0,034$	$D.O. \leq -0,02$
<b>D.G.</b>	G4	ND2	NF2	NP2

Para arzı artma değerleri ortalaması 0,034 bulunmaktadır. 0 ile 0,034 arasında olan artma değeri, birinci seviye pozitif alt durum olup PP1 ile ifade edilmektedir. 0,034'e eşit ve daha büyük artma değeri ikinci seviye pozitif alt durumu olup PP2 ile ifade edilmektedir. Azalma değerlerinin ortalaması 0,02 olarak elde edilmiştir. Azalma değerinin 0,02'den küçük olması birinci seviye negatif alt durum olup NP1 ile ifade edilmiştir. Azalma değerlerinin 0,02'ye eşit ve büyük olması ise ikinci seviye negatif alt durumu olup NP2 ile ifade edilmiştir.

BIST 100 endeksi artma değerleri ortalaması 0,05 bulunmaktadır. 0 ile 0,05 arasında olması G1 ile ifade edilmektedir. Artma değerinin 0,05'e eşit ve daha büyük olması G2 ile ifade edilmektedir. Azalma değerlerinin ortalaması 0,05 olarak elde edilmiştir. Azalma değerinin 0,05'ten küçük olması G3 ile ifade edilmiştir. Azalma değerlerinin 0,05'e eşit ve büyük olması ise G4 ile ifade edilmiştir.

Uygulamada kullanılan içsel faktörlerin değişim yüzdeleri yukarıda gösterildiği gibi gruplandırılarak alt durumlar oluşturulmuştur. Bu alt durumların elemanları ise  $\{PD1, PD2, ND1, ND2\}$ ,  $\{PF1, PF2, NF1, NF2\}$ ,  $\{PP1, PP2, NP1, NP2\}$  şeklindedir. Alt durum kümesi elemanları birbiri arasında geçiş yapabilmektedir fakat diğer alt küme elemanlarına geçiş söz konusu değildir.

Döviz kuru, faiz oranı ya da para arzının herhangi bir ayda alt durumlarından biri meydana geldiğinde diğer alt durumlardan birisi de meydana gelecektir. Bu doğrultuda alt durum kümelerinin birer elemanı aynı anda oluşacaktır. Karşılıklı

oluşan alt durumlar ifade edilerek verilerin alındığı aralık için oluşan olasılıklar durum olarak ifade edilecek ve D1, D2, ... olarak gösterilecektir. Üç alt durum aynı anda oluşmamışsa bu durumlar “Oluşmamış” olarak gösterilecektir.

2006 yılı Ocak ayı ve 2017 Kasım ayı dahil 143 ay için durumlar elde edilmiş ve her bir ay için oluşan durumun yalnız bir önceki aya dayanarak geçiş olasılıkları matrisi oluşturulmuştur. Böylece  $49 \times 49$  boyutunda bir matris elde edilmiştir.

2006 yılı Ocak ayı ve 2017 Kasım ayı dahil toplam 143 ay için durumlar elde edilmiş ve bu durumlara karşılık gelen gözlem olasılıkları matrisi oluşturulmuştur.  $\{D1, D2, \dots, D49\}$  durumlarından herhangi biri meydana geldiğinde gözlem kümesi  $\{G1, G2, G3, G4\}$  elemanlarından herhangi birisinin oluşmasıdır. Bu durumda elde edilen gözlem olasılıkları matrisi  $49 \times 4$  boyutlu bir matristir.

Başlangıç durum olasılıkları model parametrelerinden biridir ve bu olasılık her bir durumun ortaya çıkma ihtimalinin aynı olmasından dolayı bütün durumlar için olasılıklar eşit olarak alınmıştır. Çünkü modelde bulunan herhangi bir durumun bir diğer duruma göre bir üstünlüğü söz konusu değildir.

Saklı Markov Modeli için oluşturulan tüm parametreler kullanılarak BIST 100 endeksi değişim oranını tahmini için üç analiz yapılacaktır. Bu analizler ile ilk olarak gözlem olasılıkları elde edilecektir. İkinci olarak gözlem kümesi altında yatan saklı durumlar belirlenecektir ve son olarak yeniden model parametre tahmini yapılacaktır.

Saklı Markov Modeli uygulamaları MatlabR2017a yazılım programı içerisinde bulunan Saklı Markov Model algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 6. BULGULAR

### • 2017 Yılı Aralık Ayı Tahmin Analizi

2017 yılı Aralık ayı BIST 100 endeksinde meydana gelecek değişim oranları, G1, G2, G3, G4 gözlemleri ile sembolize edilmiş bir orandır. Saklı Markov Modeli'nin çözüm algoritmalarından ilki olan İleri-Geri Yön algoritması, gözlemlerin üretilme olasılığını hesaplamaktadır. Bu algoritma ile G1, G2, G3, G4 gözlemlerinden her birinin gözlemlenme olasılıkları elde edilmiştir. Elde edilen olasılıklar Tablo 3'de verilmiştir.

2017 Aralık ayı için tahmin edilen gözlem olasılıklarından en yüksek olanı %57,5 ile G1'dir. Bu doğrultuda 2017 Aralık ayın için BIST 100 Endeksinde %0,05'i geçmeyen bir artış söz konusu olacağı söylenebilmektedir.

Saklı Markov Modeli'nin gözlem kümesinin altında yatan saklı durumların elde edilmesinde kullanılan algoritma Viterbi algoritmasıdır. Burada amaç hangi gözlem olursa olsun, ele alınan gözlemi en iyi şekilde açıklayan saklı durumu bulmamıza yardımcı olmaktır. Saklı durumun ortaya çıkmasında en yüksek gözlem olasılığına sahip durum ele alınmaktadır.

**Tablo3:** 2017 yılı Aralık Ayı Gözlemleri için Tahmin Edilen Gözlem Olasılıkları, Durum Tahminleri ve Alt durumlar

Gözlem	Gözlem Olasılığı (%)	Durum Tahmini	Alt Durumlar
G1	57,50	D26	PD1,NF2,PP2
G2	22,50	D26	PD1,NF2,PP2
G3	10,00	D35	PD1,PF2,PP1
G4	10,00	D35	PD1,PF2,PP1

2017 yılı Aralık ayı için tahmin edilen gözlem olasılıklarından en yüksek değere sahip olan G1 için Viterbi Algoritması kullanılarak durum tahmini yapılmıştır ve sonuç D26 (PD1,NF2,PP2) olarak elde edilmiştir. Gerçekte ise 2017 yılı Aralık ayı için D35 (PD1,PF2,PP1) durumu gözlenmektedir. Bu doğrultuda yapılan tahminin çok etkili olmadığı alt durumlara bakılarak yorumlayalım. Dolar kurundaki tahmin birebir aynıdır. Her ikisi de ortalama artma oranından daha küçük bir artma meydana geldiğini göstermektedir. Faiz oranına baktığımızda ortalama azalma oranından daha küçük bir artma beklenirken (NF2), ortalama artma oranından daha büyük bir artma meydana gelmiştir (PF2). Para arzında ise ortalama artma oranından daha büyük bir artma beklenirken (PP2), ortalama artma oranından daha küçük bir artma meydana gelmiştir (PP1). Viterbi algoritması ile elde edilen bu sonuçlara baktığımızda tam değerleri bulamamak da yaklaşık sonuçlar elde edildiği söylenebilmektedir.

2017 yılı Aralık ayı için yapılacak tahminin geçerliliği Baum-Welch Algoritması ile kontrol edilmiştir. Baum-Welch Algoritması kullanılarak, bir gözlemin oluşma olasılığı maksimum yapılarak model parametrelerinin tahminindeki başarı yüzdesini bize verir. Araştırma sonucu bu yüzde %100 olarak hesaplanmıştır.

- **2013 Yılı Temmuz Ayı ve 2016 Yılı Ekim Ayı Tahmin Analizi**

2013 yılı Temmuz ayı ve 2016 yılı Ekim ayı için yapılan tahminde Saklı Markov Modeli algoritmalarından ilki olan İleri-Geri yön algoritmasıyla gözlemlerin üretilme olasılığı hesaplanmıştır. Sonraki aşamada Viterbi algoritması kullanılarak gözlemi en iyi şekilde açıklayan saklı durumlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo4'tedir.

2013 Temmuz ayı için İleri-Geri Yön algoritması ile elde edilen en büyük gözlem değeri G2'dir ve G2'yi en iyi açıklayan saklı durum ise D24 (PD1, NF2, PP2) bulunmuştur. 2013 yılı Temmuz ayı gerçek değerlerine bakıldığında ise gözlem değeri G3 ve saklı durumu D33 (PD1, PF1, PP2)'tür. Bu doğrultuda saklı durum değerleri incelendiğinde yaklaşık değerlerin söz konusu olduğu söylenebilir.

2016 Nisan ayı için İleri-Geri Yön algoritması ile elde edilen en büyük gözlem değeri G1'dir ve G1'i en iyi açıklayan saklı durum D36 ( $PD2, NF2, NP1$ ) bulunmuştur.

**Tablo 4:** 2013 Temmuz ve 2016 Ekim Ayı Gözlemleri için Tahmin Edilen Gözlem Olasılıkları, Durum Tahminleri ve Alt durumlar

Aylar	Saklı Markov Modeli ile Tahmin	Viterbi ile Elde Edilen Saklı Durum Tahmini	Gerçek Değer	Gerçek Değere Karşılık Gelen Saklı Durum
2016 Ekim	G1 ( $0 \leq D.Y < 0,052$ )	D36 ( $PD2, NF2, NP1$ )	G1 (0,0096)	D40 ( $PD2, NF1, PP1$ )
2013 Temmuz	G2 ( $D.Y \geq 0,06$ )	D24 ( $PD1, NF2, PP2$ )	G3 (-0,026)	D33 ( $PD1, PF1, PP2$ )

2016 yılı Nisan ayı gerçek değerlerine bakıldığında ise gözlem değeri G1 ve saklı durumu D40 ( $PD2, NF1, PP1$ )'tır. Bu durum sonucunda İleri-Geri Yön algoritması ile elde edilen gözlem değerleri birbiriyle uyum göstermektedir. Saklı durum değerlerine bakıldığında ise gerçek değerlere yakın sonuçlar bulunmuştur.

## 7. Sonuç

BIST 100 endeksi değişim oranı, bazı içsel faktörler kullanılarak geleceğe yönelik bir tahmin gerçekleştirilmiştir. Bu tahmin işlemi Saklı Markov Modeli kullanılarak yapılmıştır.

BIST 100 endeksi değişim oranını etkileyen içsel faktörler; döviz kuru, faiz oranı ve para arzıdır. Modelde bulunan içsel faktörlerin her biri için değişim oranları hesaplanmış ve her biri kendi içinde artma ve azalma ortalamalarına göre alt dört gruba ayrılmıştır. Her bir grubun alt durumlarına bakarak da “durumlar” isimlendirilmiştir.

BIST 100 endeksi değişim oranları; gözlem olarak kabul edilip gözlem kümesi oluşturulmuştur. Faktörlerin her birine yapılan alt durum işlemleri gözlem değerleri için de yapılmış olup, kendi içinde dört gruba ayrılmıştır.

Alt durumlar aracılığıyla meydana gelen durumlar Saklı Markov Modeli'nin saklı durumlarını oluştururken, BIST 100 endeksi değişim oranlarına bağlı olarak da gözlem değerleri kümesi belirlenmiştir.

Saklı Markov Modeli'nin üç algoritması kullanılarak uygulama gerçekleştirilmiştir. Saklı Markov modelinin ilki olan İleri-Geri yön algoritması ile en büyük gözlem olasılığına ait değer G1 bulunmuştur. İkinci çözüm algoritması olan Viterbi algoritması ile en büyük olasılığa sahip G1 değeri için saklı durum D26 olarak elde edilmiştir. 2017 Aralık ayının gerçek değerleri ile

karşılaştırdığımızda bire bir sonuç elde etmesek de yakın sonuçlar elde edilmiştir. Hisse senedi sadece döviz kuru, para arzı ve faiz oranı değişim oranları açıklamayabilir o dönemde meydana gelen diğer faktörlerde hisse senedini olumlu-olumsuz yönde etkilemektedir. Bu doğrultuda farklı sonuçlar ortaya çıkması olağandır.

Baum-Welch Algoritması kullanılarak, model parametreleri tahmini sonucu, parametre düzenlemesinin ardından gözlem olasılığı %100 olarak elde edilmiştir. Bu doğrultuda Baum-Welch algoritmasının model parametrelerinin yeniden belirlenmesinde etkili olduğu dile getirilebilir.

Son aşamada 2013 yılı Temmuz ayı ve 2016 yılı Ekim ayı için Saklı Markov Modeli algoritmalarından ilki olan İleri-Geri yön algoritmasıyla gözlemlerin üretilme olasılığı hesaplanmıştır. Sonraki aşamada Viterbi algoritması kullanılarak gözlemi en iyi şekilde açıklayan saklı durumlar elde edilerek gerçek değerleri ile karşılaştırılmıştır.

2013 yılı Temmuz ayının sonuçları gerçek değerlerle kıyaslandığında yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. 2016 yılı Ekim ayı için İleri-Geri yön algoritmasıyla elde edilen sonuç aynı olup etkili bir tahmin gerçekleştirilmiştir. Viterbi algoritmasıyla elde edilen durum ise bire bir örtüşme de yakın sonuçlar gözlemlenmiştir.

BIST 100 endeksi değişim oranlarının geleceğe yönelik tahmini üzerine yapılan uygulamada yakın sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında insan sesinin bilgisayar ile algılanması, el yazısı, deprem sıklıkları, marka tercihi gibi alanlarda Saklı Markov Modeli kullanılarak etkin sonuçlar elde edilmiştir. Finans alanında bakıldığında ise Öz (2009), Öz ve Can (2009), Yılmaz ve Can (2016) sonuçlarında hisse senedi değişim oranı, dolar kuru değişim oranı ve yabancı sermaye yatırımları için yapılan tahminlerde yaklaşık sonuçlar bulunmaktadır. Bu uygulamada da yaklaşık sonuçların elde edilmesi literatürde de belirtildiği gibi veri sayısının az olmasından ya da gözlemlerin saklı durumlar tarafından tam açıklanmaması içsel faktör sayısının azlığından kaynaklanabilmektedir. Ayrıca genel olarak finansal veriler içsel ve dışsal faktörlerden etkilendiği gibi siyasal ve psikolojik gibi diğer faktörlerden de etkilenebilmektedir. Bu bağlamda Saklı Markov Modeli uygulayarak elde ettiğimiz değerler finansal ve yatırım kararlarının alınmasında karar vericilere bilgilendirici ve yol gösterici nitelikte olacaktır.

### **Kaynakça**

- Bicego, M., & Murino, V. (2004), "Investigating Hidden Markov models' Capabilities in 2D Shape Classification", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 26(2), 281-286.
- Can, C. E., Ergün, G., & Gökçeoğlu, C. (2013), "Bilecik Çevresinde Deprem Tehlikesinin Saklı Markov Modeli ile Tahmini." (Erişim Tarihi: 11.09.2017) <http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/pdf/TDMSK100.pdf>.

- Can, T. ve Öz, E. (2009), “Saklı Markov Modelleri Kullanılarak Türkiye’de Dolar Kurundaki Değişimin Tahmin Edilmesi”, *Istanbul University Journal of the School of Business Administration*, 38(1).
- Canbaş, S. ve Doğukanlı, H. (2012), *Finansal pazarlar*. Karahan Kitabevi: Adana.
- Ewens, W. J. ve Grant, G. R. (2005), *Statistical methods in bioinformatics: an introduction*. Springer Science & Business Media.
- Gupta, M. P. ve Khanna, R. B. (2009), *Quantitative techniques for decision making*. New Delhi: PHI Learning.
- 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), 6158-6198.
- Karan, M. B. (2001). *Yatırım analizi ve portföy yönetimi*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Karlsson, M. (2004). *Hidden Markov Models* <http://www.math.chalmers.se/~olleh/MarkovKarlsson.pdf> (Erişim Tarihi: 20.08.2017)
- Kiral, E., & Uzun, B. (2017), “Forecasting Closing Returns of Borsa Istanbul Index with Markov Chain Process of the Fuzzy States”, *Journal of Economics Finance and Accounting*, 4(1), 15-24.
- Lou, H. L. (1995), “Implementing the Viterbi algorithm”, *IEEE Signal processing magazine*, 12(5), 42-52.
- Mavruk, C. ve Kırıl, E. (2016), “Prediction of Central Government Budget Tax Revenues Using Markov Model”, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 41-56.
- Messina, E. ve Toscani, D. (2007), “Hidden Markov models for scenario generation”, *IMA Journal of Management Mathematics*, 19(4), 379-401.
- Öz, E. (2009), “İstanbul Menkul Kıymetler Borsası üzerine Saklı Markov Modeli ile bir tahminleme”, *Ekonomik Yaklaşım*, 20(72), 59-85.
- Özcan, G. (2015), “Saklı Markov Modelleri ve uygulamaları”, *Akademik Bilişim*, 15, 1-10.
- 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*, 41-60.
- Rabiner, L.R. (1989), “A tutorial on Hidden Markov models and selected applications in speech recognition”, *Proceedings Of The IEEE*, 77(2), 257–286.

- Sayılın, G. (2004), Hisse senetleri piyasası endeksleri kuram uygulama bir model önerisi. Ankara: Turhan Kitabevi Yayınları.
- Schliep, A., Georgi, B., Rungarityotin, W., Costa, I. ve Schonhuth, A. (2004), "The general hidden markov model library: Analyzing systems with unobservable states", *Proceedings of the Heinz-billing-price*, 121-135.
- Steeb, W. H., Hardy, Y. ve Stoop R. (2005), *The Nonlinear Workbook*, 3rd Edition, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Tuncer S. (1987), "Hisse Senedi Fiyatlarını Etkileyen Faktörler", *Para ve Sermaye Piyasası Dergisi*, 102, 16.
- Xue, H. ve Govindaraju, V. (2006), "Hidden Markov models combining discrete symbols and continuous attributes in handwriting recognition". *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 28(3), 458-462.