

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANA BİLİM DALI

EKONOMİK YATIRIM ARAÇLARI GETİRİLERİNİN SAKLI MARKOV
MODELİ İLE TAHMİN EDİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Cansu DAĞLIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA / 2018

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANA BİLİM DALI**

**EKONOMİK YATIRIM ARAÇLARI GETİRİLERİNİN SAKLI MARKOV
MODELİ İLE TAHMİN EDİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

Cansu DAĞLIOĞLU

**Danışman: Doç.Dr. Gülsen KIRAL
Jüri Üyesi: Doç.Dr. Gülin TABAKAN
Jüri Üyesi: Yard.Doç.Dr. Ersin KIRAL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA / 2018

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma, jürimiz tarafından Ekonometri Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Gülsen KIRAL
(Danışman)

Üye: Doç. Dr. Gülin TABAKAN

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ersin KIRAL

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.
.../.../2018

Prof. Dr. H. Mahir FİSUNOĞLU
Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ETİK BEYANI

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 19 / 01 / 2018

Cansu DAĞLIOĞLU

ÖZET

EKONOMİK YATIRIM ARAÇLARI GETİRİLERİNİN SAKLI MARKOV MODELİ İLE TAHMİN EDİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Cansu DAĞLIOĞLU

Yüksek Lisans Tezi, Ekonometri Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Gülsen KIRAL

Ocak 2018, 69 sayfa

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 BIST 100 endeks değerinin değişim oranı, hisse senedine etki eden bazı egzogen faktörler kullanılarak Saklı Markov Modeli ile tahmin edilmiştir.

Saklı Markov Modeli'nin ilk çözüm algoritması olan ileri-geri yön algoritması ile geçmiş değerler baz alınarak BIST 100 endeks değişim yüzdesinin ne yönde olacağı ile ilgili olasılıklar tahmin edilmiştir. İkinci aşamada BIST 100 endeksi değişim oranının, çalışmada yer alan egzogen faktörlerden hangisinin değişiminden kaynaklandığına dair tahminleme yapılmış ve birebir sonuç elde edilmese de yaklaşık tahminler yapılmıştır. Son çözüm algoritması olan Baum-Welch algoritması ise model parametreleri tekrar tahmin edilmiş ve oldukça etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Saklı Markov modeli, Saklı Markov modeli algoritmaları, Borsa İstanbul, finansal yatırım araçları

ABSTRACT**PREDICTION OF ECONOMICAL INVESTMENT TOOL RETURNS WITH
HIDDEN MARKOV: IN TURKEY****Cansu DAĞLIOĞLU****Master Thesis, Department of Econometrics****Süpervisor: Doç.Dr. Gülsen KIRAL****January 2018, 69 pages**

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 and even though exact results were not reached, close predictions were done. Baum-Welch algorithm, which is a final solution algorithm, parameters were predicted again and found out to be very effective.

Keywords: Hidden Markov model, Hidden Markov model algorithms, Borsa Istanbul, financial investment tools

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda Borsa İstanbul 100 endeks değerinin değişim oranı, hisse senedine etki eden bazı egzogen faktörler kullanılarak Saklı Markov Modeli ile tahmin edilmiştir.

Elde edilecek tahminlerin doğru ve güvenilir sonuçları, Saklı Markov Modeli'nin etkin olduğunu gösterirken finansal yatırım aracı kullanıcılarına da katkı sağlayacaktır.

Tez çalışma planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren hocalarım Sayın Doç. Dr. Gülsen KIRAL ve Yrd. Doç. Dr. Ersin KIRAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanma aşamasında göstermiş oldukları destek ve yardımlarından dolayı hocalarım Sayın Arş. Gör. Çiler SİGEZE ve Arş. Gör. Abbas ELMAS'a çok teşekkür ederim.

Tez jürimde yer alarak tezime önemli katkılar sağlayan Sayın Doç.Dr. Gülin TABAKAN'a çok teşekkür ederim.

Son olarak tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan anneme, babama ve canım kardeşlerime ithaf olunur.

Cansu DAĞLIOĞLU

Adana, 2018

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
KISALTMALAR.....	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii

BÖLÜM I GİRİŞ

1.1. Araştırmanın Amacı	2
1.2. Araştırmanın Önemi	2

BÖLÜM II MARKOV ANALİZİ

2.1. Markov Zincirleri Tanımı	3
2.2. Stokastik Süreçler	4
2.2.1. Brownian Hareket (Wiener Süreci)	5
2.2.2. Bağımsız Artmalı Süreç	6
2.2.3. Durağan Bağımsız Artmalı Süreç	7
2.2.4. Yeniden Oluşan Süreçler.....	7
2.3. Markov Zincirleri	7
2.4. Markov Zincirinde Durumların Sınıflandırılması	8
2.5. Durum Olasılıkları.....	10
2.6. Durağan Markov Zincirleri	11
2.7. Periyodik Markov Zincirleri	11
2.8. Denge Durum Olasılıkları.....	12

BÖLÜM III

SAKLI MARKOV MODELLERİ

3.1. Saklı Markov Modeli.....	15
3.2. Saklı Markov Modelinin Varsayımları.....	18
3.2.1. Markovyen Varsayım	18
3.2.2. Durağanlık varsayımı.....	19
3.2.3. Gözlem (Çıktı) Bağımsızlık Varsayımı	19
3.3. Saklı Markov Modelinin Üç Temel Problemi.....	19
3.4. Saklı Markov Modelinin Üç Temel Problemi İçin Çözümler.....	21
3.4.1. Problem'in Çözümü	21
3.4.1.1. İleri-Yön ve Geri-Yön Algoritmaları.....	24
3.4.1.2. Geri-Yön Algoritması	25
3.4.1.3. Viterbi Algoritması	26
3.4.1.4. Baum-Welch Algoritması	27

BÖLÜM IV

HİSSE SENETLERİ PİYASASI

4.1. Giriş	29
4.1.1. Hisse Senetleri	29
4.2. Hisse Senedi Fiyatlarına Etki Eden Faktörler	31
4.2.1. Endojen Faktörler	31
4.2.2.1. Mali Yapı Değişiklikleri	31
4.2.2.2. Tahmini Şirket Kazancı.....	32
4.2.2. Egzojen Faktörler.....	32
4.2.2.1. Kurumlar Vergisi Oranında Değişiklikler.....	33
4.2.2.2. Hükümet Harcamalarındaki Değişiklikler	33
4.2.2.3. Gayri Safi Milli Hasıla'daki Değişiklikler	34
4.2.2.4 Fiyatlar Genel Seviyesindeki Değişiklikler.....	34
4.2.2.5. Döviz Kurundaki Değişiklikler	34
4.2.2.6. Para arzındaki değişiklikler	35
4.2.2.7. Faiz Oranlarındaki Değişiklikler	35
4.2.2.8. Diğer Faktörler	36

BÖLÜM V

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

5.1. Literatür.....	38
---------------------	----

BÖLÜM VI

UYGULAMA

6.1. 2017 Yılı Aralık Ayı Tahmin Analizi.....	50
6.2. 2017 Yılı Aralık Ayı Tahmininin Baum-Welch Algoritması İle Kontrolü	51
6.3. 2013 Yılı Temmuz Ayı ve 2016 Yılı Ekim Ayı Tahmin Analizi.....	52

BÖLÜM VII

SONUÇ

55

KAYNAKÇA.....	57
EKLER	61
ÖZGEÇMİŞ	69

KISALTMALAR

SM Modeli: Saklı Markov Modeli

BIST 100: Borsa İstanbul 100 Endeksi

İMKB: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

GARCH: Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. İki Durumlu ve Üç Gözlemlili Saklı Markov Modeli Gösterimi için Tüm Olası Durum Dizileri ve Hesaplama İşlemleri	24
Tablo 2. Endojen ve Egzojen Faktörler Arası Farklar	42
Tablo 3. Dolar Kuru Durum Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi	45
Tablo 4. Faiz Oranı Durum Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi	45
Tablo 5. Para Arzı Durum Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi	46
Tablo 6. Alt durumların Karşılıklı Meydana Gelmesi ile Oluşan Durumlar	47
Tablo 7. BIST 100 Endeksi Gözlem Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi	49
Tablo 8. 2017 Yılı Aralık Ayı için Tahmin Edilen Gözlem Olasılıkları	50
Tablo 9. 2017 yılı Aralık Ayı Gözlemleri için Tahmin Edilen Gözlem Olasılıkları, Durum Tahminleri ve Alt durumlar	51
Tablo 10. 2016 Ekim Ayı Tüm Durum ve Gözlem Dizisi için Tanımlama Göstergeleri	52
Tablo 11. 2013 Temmuz Ayı Tüm Durum ve Gözlem Dizisi için Tanımlama Göstergeleri	53
Tablo 12. 2013 Temmuz ve 2016 Ekim Ayı Gözlemleri için Tahmin Edilen Gözlem Olasılıkları, Durum Tahminleri ve Alt durumlar	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. İki Durumlu ve Üç gözlemlili Saklı Markov Modeli Gösterimi.....	23
---	----



BÖLÜM I

GİRİŞ

Toplumlar, geçmişten günümüze sürekli geleceği tahmin etme isteği, tahminleri sonucunda önündeki olayları fırsatlara çevirme içgüdüğü içinde olmuşlardır. Finansal yatırım araçlarının geleceğe yönelik tahmini de belirli bir olasılık dahilinde 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; medikal, finansal, gen tahmini, meteorolojik, ses, el yazısı, vücut hareketleri tanıma, müzik notasyonu izleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu modelin tercih edilmesinde iki neden ön plana çıkmaktadır. Bunlardan ilki güçlü bir içeriğe sahip matematiksel yapısı olmasıdır. Bu durum çeşitli alanlarda kullanılabileceği teorik temeli olduğunu göstermektedir. İkincisi ise Saklı Markov Modeli uygun bir şekilde uygulandığında doğru sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır (Niesler, 1997).

Hisse senedi ve onu etkileyen egzojen faktörlerin verileri BİST teknoloji endeksi ve TCMB elektronik veri dağıtım sisteminden elde edilmiştir

Hisse senedini etkileyen egzojen faktörlerden bazıları kullanılmıştır. Bunlar; Döviz Kuru, Faiz oranı ve Para Arzı'dır. Hisse senedi üzerinde direkt etkiye sahip olması ve veri elde etme konusunda elverişli olmalarından dolayı bu faktörlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

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.

1.1. Araştırmanın Amacı

İnsanların yatırım araçlarına yönelmesiyle finans sektöründe gün geçtikçe büyüyen bir ilgi söz konusudur. Bu doğrultuda yatırım araçlarının geleceğe yönelik tahminleri için de birçok yöntem ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın amacı hisse senedini etkileyen döviz kuru, para arzı ve faiz oranı gibi egzojen faktörler yardımıyla hisse senedi değişim oranlarını tahmin etmede Saklı Markov Modeli kullanılarak doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmektir. Aynı zamanda toplumun her bir bireyine katkı sağlanırken, finansal çalışmalardaki diğer yöntemleri destekleyici ve bilgilendirici bir uygulama gerçekleştirilecektir.

1.2. Araştırmanın Önemi

Hisse senedi değişim oranlarının geleceğe yönelik tahmininde Saklı Markov Modeli kullanılarak bu modelin finans alanında etkin bir model olduğunu görme şansı tanıyacaktır. Ayrıca hisse senedi ve onu etkileyen faktörlerin geçmiş bilgilerinin, geleceğe yönelik tahminlerde bilgi taşıma açısından etkili olup olmadığını görme imkanı tanıyacaktır.

BÖLÜM II

MARKOV ANALİZİ

2.1. Markov Zincirleri Tanımı

Karar problemlerinde sıkça belirsizliklerle ilgili karar alma durumu ile karşılaşmaktadır. Bu belirsizlikler doğal olaylarının belirsizliğinden ya da temel değişkenin akla gelmeyen değişim kaynağından ortaya çıkar. Bu değişkene nitel yaklaşmak yerine, matematiksel model haline dönüştürülerek nicel olarak incelenilir (Öztürk, 2011, s.723).

Dinamik sistemde ise bir sisteme ilişkin değişiklikler, en az iki farklı andaki durumu tanımlamaktadır. Uygulamada karşılaşılan sistemler de zaman içinde değişen sistemler olup çoğu bu yapıda olmaktadır. Karar verici her an ne olacağını bilmediği için belirsizlik ve risklerinin derecesini hesaplamak, sistemin belirli özelliklerini inceleyerek sistemin durumunu açıklamak ya da zaman içinde meydana gelecek değişimleri gözlemleyerek geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak isteyebilmektedir. Sistemde incelenen bir bileşene karşılık gelen rasgele değişkenin zaman içindeki değişimin incelenmesi olasılıklı süreçler kapsamında değerlendirilir (Cinemre, 2011, s.481).

Markov Analizi, geçmişteki durumlardan bağımsız olarak mevcut duruma bağlı kalan sürecin gelecekte nasıl bir gelişim göstereceğini içeren olasılıkları bulunduran ve belirsiz süreçler içeren durumlar hakkında karar almayı amaçlayan bir tekniktir. 20.yy'da Andrei Andreyevich Markov'un matematiksel olarak betimleme denemesine dayanan, ilk matematiksel yapısı 1923 yılında kurulmuş, genel teorisi 1930 ve 1940 yıllarında A.N. Kolmogoron, W. Feller, W. Doeblin, P. Levy, J.L. Doob ve diğerlerince geliştirilmiştir. Markov Zincirlerinin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Öztürk, 2011, s. 723-724):

- Finans sektörü
- Üretim
- Malzeme yönetimi
- Pazarlama
- Marka Bağlılığı
- Eğitim

- Klimatoloji ve hidroloji

2.2. Stokastik Süreçler

Rasgele bir deneyin tüm mümkün sonuçlarını içeren kümeye Örnek Uzay ve Örnek uzayın her alt kümesine ise olay denilmektedir (Öz, 2009, s.9). Örnek uzay, Ω ile gösterilmek üzere aşağıda özelliklere sahip Ω 'nın alt kümelerinin bir F koleksiyonuna bir σ -cebiri denilmektedir (Lawrance, 2001, s. 9).

- $\emptyset, \Omega \in F$
- Eğer $A \in F$ ise $A^c \in F$ 'dir. ($A^c = \Omega - A$, A nın tümleyeni)
- Eğer $A_1, A_2, \dots \in F$ ise $\bigcup_{k=1}^{\infty} A_k \cap \bigcap_{k=1}^{\infty} A_k \in F$ 'dir

F, Ω 'nın alt kümelerinin bir σ -cebiri olmak üzere aşağıdaki koşullar sağlandığı durumda $P: F \rightarrow [0,1]$ dönüşümüne bir olasılık ölçütü denilmektedir.

- $P(\emptyset) = 0, P(\Omega) = 1$
- $A_1, A_2, \dots \in F$ ise $P\left(\bigcup_{k=1}^{\infty} A_k\right) \leq \sum_{k=1}^{\infty} P(A_k)$
- $A_1, A_2, \dots \in F$ de kesişmeyen ise $P\left(\bigcup_{k=1}^{\infty} A_k\right) = \sum_{k=1}^{\infty} P(A_k)$ 'dır.

Buradan herhangi bir küme, F, Ω 'nın alt kümelerinden bir σ -cebiri ve P, F üzerinde bir olasılık ölçütü olduğunda (Ω, F, P) üçlüsüne bir olasılık uzayı denilmektedir (Lawrence, 2001 s. 9).

(Ω, F, P) olasılık uzayında, her bir $a \in R$ için $\{w \in \Omega: X(w) \leq a\} \in F$ oluyorsa $X: \Omega \rightarrow R$ fonksiyonu bir tesadüfi değişken olarak tanımlanmaktadır (Kloeden ve Platen, 1995). Diğer bir ifade ile tesadüfi değişken örnek uzayındaki her bir olayı reel sayılara dönüştüren bir fonksiyondur denilebilmektedir (Can, 2006).

Bir stokastik süreç, sabit bir (Ω, F, P) olasılık uzayı üzerinde tanımlı gerçek değerli tasadüfi değişkenlerin bir koleksiyonudur (Dupocova, vd., 2002, s. 231).

Bir stokastik süreç $X=(X(t), t \geq 0)$, $X=(X_t, t \in T)$ gösterimlerinden birisi ile ifade edilir.

Stokastik süreçler, zamana bağlı sistemlerin işleyişini açıklamak için kullanılmaktadır (Gnedenko ve Ushakov, 1995, s. 42).

Her bir sabit $w \in \Omega$ için $X_t(w)$, T üzerinde bir fonksiyondur. T üzerindeki bu $(X_t(w), w \in \Omega)$ fonksiyonu $(X_t, t \in T)$ sürecinin örnek yoludur (Davis ve Brockwell, 1987, s. 9).

Stokastik süreç tanımında verilen T , t 'nin tüm olası değerlerini içeren bir parametre kümesi olmaktadır. Uygulamada T çoğunlukla ilgili durumun zaman aralığı olmakta bu nedenle parametre yerine zaman terimi olarak da kullanılmaktadır. T parametre kümesi kesikli ve sürekli olabilir.

Genel olarak X_t stokastik süreci, T parametresinin kesikli veya sürekli oluşuna göre sırasıyla kesikli zaman stokastik süreç veya sürekli zaman stokastik süreç olarak tanımlanmaktadır (Chan, 2003).

T sayılabilir bir küme olsun, yani $T = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ olduğunda süreç kesikli parametrelidir. Zaman bakımından kesikli olmayan süreç, sürekli parametrelidir. Parametre uzayı sürekli olan bir süreçte; $T = \{t : t > 0\}$ veya $T = \{t : -\infty < t < +\infty\}$ olarak tanımlanır. Parametre kümesi ile ilgili açıklamaların ortaya koyduğu gibi, kesikli parametrelili olasılıksal süreçlerde özellikler yalnızca saptanmış zamanlarda gözlenirken, sürekli parametrelili olasılıksal süreçlerde değer gözleme işlemi zaman boyutunun tüm olası noktalarında gerçekleştirilir (Cinemre, 2003, s. 482).

T tesadüfi değişkenlerin aldığı her bir özel değer, bir durum olarak adlandırılır. Durum uzayı $\{S\}$, X_t 'nin tüm mümkün değerleri için örnek uzayını tanımlamaktadır (Halaç, 1991, s. 99-100).

Bir sistemde durumlar arası geçiş olduğunda sistem dinamik bir özellik kazanır. Durumlar arası geçiş söz konusu olduğunda bu geçiş aşaması adım olarak ifade edilir.

Durum uzayları içerdikleri durum sayısına göre iki grupta incelenir. Durum uzayında sonlu sayıda ya da sayılabilir sonsuzlukta durum varsa, sürecin *kesikli durum uzaylı* olduğu söylenir. Durum uzayı kesikli değilse, yani sonsuz sayıda durum içeriyorsa *sürekli durum uzaylı* süreç söz konusudur (Cinemre, 2003, s. 482).

2.2.1. Brownian Hareket (Wiener Süreci)

Brownian hareket en önemli stokastik süreçlerden biri olmaktadır. Bu konudaki ilk önemli uygulamalar, Bachelier ve Einstein tarafından finans ve fizik alanlarında

gerçekleştirilmiş ardından bu uygulamalar Wiener tarafından matematiksel bir yapı üzerine kurulmuştur (Steele, 2001, s. 29).

1828 yılında İskoç botanikçi Robert Brown sıvı içine sarkıtılmış polen taneciklerinin düzensiz hareket yaptıklarını gözlemlemiştir. Daha sonra bu hareket sıvının molekülleri ile rassal çarpışmaları olarak açıklanmıştır. Buna göre, w polen taneciklerinin t anındaki konumu, $B_t(w)$ stokastik süreç kavramı olarak yorumlanmıştır (Öz, 2009, s. 12).

Reel değerli *Wiener süreci* $W(t)$ veya Brownian hareket B_t , $[0, T]$ aralığında, sürekli olarak $t \in [0, T]$ 'ye bağlı bir rassal bir değişken olup koşullar aşağıdaki gibi sağlanmaktadır.

- i. $W(0) = 0$ (1 olasılıkla)
- ii. $0 \leq s < t \leq T$ için $W(t) - W(s)$ artışı ile verilen rasgele değişken 0 ortalamalı ve $t - s$ varyanslı normal dağılımlıdır. Yani $W(t) - W(s) \sim N(0, t - s)$ 'dir
- iii. $0 \leq s < t < u < v \leq T$ için $W(t) - W(s)$ ve $W(v) - W(u)$ artışları bağımsızdır.

Ayrıca her bir $t \geq 0$ için $E(W(t))=0$, $E(W^2(t))=t$ ' dir. Kısaca $W(t)$ *Wiener süreci* sıfır ortalamalı ve t varyanslı normal dağılıma sahiptir (Lawrence, 2001, s. 8).

Bağımsız, aynı dağılmış tesadüfi değişkenlerin toplamı, olasılık teorisinde çalışılan ilk konular arasında yer almaktadır (Önal, 1996, s. 28).

Z_n her biri sırasıyla p ve q olasılıkları ile 1 ve -1 değerlerini alan tesadüfi değişkenlerin bir topluluğu olsun.

$$X_n = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n, \quad n \geq 1, X_0 = 0 \quad (2.1)$$

Kısmi toplamlar dizisinden oluşan $X = \{ X_n; n=0,1,2, \dots \}$ stokastik sürecine *tesadüfi yürüyüş* denilmektedir (Önal, 1996, s. 28).

2.2.2. Bağımsız Artmalı Süreç

$(X_t, t \in T)$ sürecinde, $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ için aşağıda tanımlanan rassal değişkenlerin birbirlerinden bağımsız olması durumunda $(X_t, t \in T)$ stokastik süreci bağımsız artmalı süreç olarak tanımlanmaktadır (Öz, 2009, s. 14).

$$(X_{t_2} - X_{t_1}), (X_{t_3} - X_{t_2}), \dots, (X_{t_n} - X_{t_{n-1}}) \quad (2.2)$$

2.2.3. Durağan Bağımsız Artmalı Süreç

Bağımsız artmalı bir süreçte $(X_{t+k} - X_t)$ artması t 'den bağımsız ise bu sürece durağan bağımsız artmalı süreç denilmektedir. Diğer bir deyişle, $(X_t, t \in T)$ stokastik süreci zamana bağlı olmayan özel bir birleşik dağılıma sahipse veya rasgele değişkenin birleşik dağılımı zaman içinde değişmiyorsa durağandır. Durağan süreçler, genelde uzun bir zaman içinde değişimi olan bir sürecin tanımlandığı yöneylem araştırması modellerinde ortaya çıkmaktadır (Cinemre, 2003, s. 485).

2.2.4. Yeniden Oluşan Süreçler

Sürecin oluşumunu yenileyen bir tesadüfi noktanın bulunduğu olasılıksal süreçlere *yeniden oluşan süreçler* denilmektedir.

Bir tesadüfi nokta *Markov noktası* veya *yineleyici nokta* olarak bilinir. Böyle bir noktaya ulaşıldıktan sonra, sürecin geçmişteki durumu geleceğini hiç bir şekilde etkilememektedir (Öz, 2009, s. 14).

2.3. Markov Zincirleri

Markov Analizi, sistemin mevcut durumunu dikkate alarak, tahmin yapmak için kullanılan bir tekniktir. Bu nedenle Markov Analizi olasılık yardımıyla dinamik sistemdeki belirsizliği gösteren ve çözüm üretmeye çalışan özel bir model tipi sunmaktadır (Can, 2006, s.7).

$$P\{s_t = j | s_{t-1} = i, s_{t-2} = k, \dots\} = P\{s_t = j | s_{t-1} = i\} = p_{ij} \quad (2.3)$$

S_t sadece $\{1, 2, 3, \dots, N\}$ tamsayı değerleri alabilen bir rastgele değişken olmak üzere S_t 'nin bazı s_j değerlerine eşit olma olasılığı sadece S_t 'nin şimdiki değerleriyle geçmişe dayandığı varsayılabilir. Böyle bir süreç $\{P_{ij}\}_{i,j=1,2,3,\dots,N}$ olasılık matrisli N durumlu Markov süreci olarak tanımlanmaktadır. P_{ij} durum i 'den durum j 'ye geçiş olasılığını ifade eder. Durum i 'den diğer tüm durumlara geçme olasılıkları toplamı bire eşit olmaktadır.

$$P_{i1} + P_{i2} + \dots + P_{iN} = 1 \quad (2.4)$$

Genel olarak geçiş olasılıklarını P ($N \times N$) matrisi olarak bilinen geçiş olasılıkları matrisinde toplamak uygundur.

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2N} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ p_{N1} & p_{N2} & \cdots & p_{NN} \end{bmatrix}$$

P matrisinde satır j , sütun i elementi P_{ij} geçiş olasılığını göstermektedir. Örneğin; satır 2 sütun 1, durum 1'in durum 2 tarafından takip edilebileceği olasılığını vermektedir (Hamilton, 1994, s. 678-679).

2.4. Markov Zincirinde Durumların Sınıflandırılması

Markov zincirinde geçişlerin ve yapısının analizleri yapılırken, Markov Zincirindeki belirli özelliklere göre sınıflandırılması, sonraki davranışlar hususunda kolaylık sağlayacaktır (Öztürk, 2011 s. 726).

Yol

i birinci durum ve j ikinci durum olsun. i ' de başlayıp j ' de biten gerçekleşme olasılığı pozitif olan dizilerdir.

Erişebilir Durum

Durum i 'den belirli bir dönem sonra durum j 'ye geçiş olasılığı pozitif ise j durumuna i 'den erişebilir durum denir.

Bağlantılı Durumlar

Durum j ' den durum i ' ye, durum i ' den durum j ' ye erişilebilen durumlara bağlantılı durumlar denir.

Denklik Kümesi

Birbiriyle bağlantılı olan tüm durumlardan oluşan kümeye denklik kümesi denir.

Kapalı Küme

Markov Zincirinde S durum uzayında herhangi bir durumdan S' nin dışında kalan herhangi bir duruma ulaşmak söz konusu değilse S kapalı bir kümedir.

Yeniden Oluşumlu Durumlar

Durum i geçiş durumu değilse i 'ye yeniden oluşumlu durum denir. Yeniden oluşumlu durumdan sadece yeniden oluşumlu duruma erişilmektedir.

Periyodik Durum

Durum j' den başlayan bir zincir olduğunu varsayalım. j' ye yalnızca $t, 2t, 3t, \dots$ zamanlarında geri dönüyorsa j' ye t döngüsü denir.

İndirgenemez Küme

Bütün durumları kapalı bir durum oluşturan Markov Zincirine indirgenemez küme denir.

Ergodik Durum

Markov zincirini oluşturan durumların yeniden oluşumlu, döngüsel değil ve birbirleriyle ilişkili olan durumuna ergodik durum denir.

İndirgenebilir Küme

Bir Markov zincirinin geçiş durumları dışındaki tüm durumları yutucu, döngüsel veya kapalı küme oluşturan Markov Zincirine indirgenebilir küme denir.

Bir Markov Zinciri birden fazla denklik içeriyorsa indirgenebilir Markov Zinciridir (Cinemre, 2003, s. 502-508).

Geçici Durum

i ve j olan iki durum olmak üzere i durumdan j durumuna geçiş ulaşılabiliriyken, j durumundan i duruma ulaşamıyor ise i geçici bir durumdur. Başka bir deyişle i durumu geçici ise onu bırakan yol bir daha asla i durumuna ulaşamamaktadır (Öztürk, 2011, s. 726).

Yutucu durum

N adımlı bir Markov Zincirinin bir adımında $P_{ii}=1$ ise i durumu yutucu bir durumdur. Aşağıda üç durumlu bir sistemin geçiş olasılık matrisi P 'yi gösterdiğini varsayalım.

$$\begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

P, birinci ve ikinci durumdan üçüncü duruma geçiş varken sistem üçüncü duruma geçtiğinde daha sonraki adımlarda sürekli üçüncü durumlarda kalmaktadır. Bu durumda üçüncü durum yutucu durum olmaktadır (Öztürk, 2011, s. 728).

2.5. Durum Olasılıkları

Durum uzayı $S = \{1, 2, \dots, N\}$ olan bir sistemde ve sistemin başlangıcındaki i durumda bulunma olasılığı

$$P(X_0 = i) = \pi_i \quad (2.6)$$

şeklinde gösterilmektedir ve

$$\pi(0) = (\pi_1(0), \pi_2(0), \pi_3(0), \dots, \pi_N(0)) \quad (2.7)$$

vektörüne başlangıç durum olasılıkları vektörü denir (Öz, 2009, s. 24)

p_{ij} , t zamanında i durumda olan bir sürecin $t+1$ zamanda j olma olasılığını gösterir. Sistem m anında i durumunda iken n adım sonra j durumda olma olasılığı P_{ij}^n olarak gösterilir. Bu, n adım geçiş olasılığıdır. n adım geçiş olasılığı aşağıdaki gibi gösterilir.

$$P_{ij}^n = P(X_{n+m} = X_m = i) = P(X_n = j | X_0 = i), \quad i, j \in S \quad (2.8)$$

n adımlı geçiş olasılık matrislerinin hesaplanması için *Chapman-Kolmogorov* denklemi kullanılmaktadır (Öz, 2009, s. 24)

$$P_{ij}^{n+m} = \sum_{k=0}^{\infty} P_{ik}^n P_{kj}^m \quad \text{tüm } n, m \geq 0 \text{ ve tüm } i, j \text{ için.} \quad (2.9)$$

2.6. Durağan Markov Zincirleri

Denklemleri P geçiş olasılık matrisinin bütün sütunlarının 1 olmasını gerektirir.

veya

$$P' \cdot 1 = 1 \quad (2.10)$$

Burada 1 ($N \times 1$) boyutunda birlerin vektörüdür. Bu eşitlik birim matrisinin P' matrisin özdeğeri ve ($N \times 1$) boyutlu 1 vektörünün ise özvektör olduğunu söylemektedir. Bir matris ve onun transpozu aynı özdeğerleri taşıdığı için P' matrisinin özdeğeri P matrisinin özdeğerinin birim olduğunu ve diğer özdeğerlerinin ise birim çemberin içinde olduğunu varsayarak Markov zincirinin durağan (ergodik) olduğu söylenir. Durağan Markov için durağan olasılıklar ($N \times 1$) boyutundaki π vektörü olarak gösterilmektedir.

$$P \cdot \pi = \pi \quad (2.11)$$

koşulunu sağlar. π özdeğer vektörünün elemanları toplamı 1 olduğu için π vektörünün normallestirilmiş olduğu söylenir.

$$\lim_{m \rightarrow \infty} P^m = \pi \cdot 1' \quad (2.12)$$

olarak gösterilir (Hamilton, 1994, s. 681).

2.7. Periyodik Markov Zincirleri

Eğer Markov Zinciri indirgenemezse, o zaman sadece ve sadece birime eşit olan bir tane özdeğeri vardır. Fakat birim çember üzerinden birden fazla özdeğer olabilir, bu indirgenebilir tüm Markov Zincirlerinin ergodik olmadığı anlamına gelir. Örneğin, iki durumlu Markov Zincirinde $P_{11} = P_{22} = 0$ olsun.

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Bu geçiş olasılığı matrisi özdeğerleri $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 = -1$ her iki değer de birim çemberin üzerindedir. Böylece P^m matrisi , $\pi.1'$ vektörünün sabit bir değerine yakınsamamaktadır. Bunun yerine sistem t zamanında birinci durumda ise t+2 , t+4, t+6,, zamanlarında da m sonsuza giderken dahi birinci durumda olacağı açıktır. Bu Markov Zincirine ise iki durumlu Markov Zinciri denir (Hamilton, 1994, s. 685).

2.8. Denge Durum Olasılıkları

Markov Analizinde uzun dönem sonunda süreç denge durumdadır ve durağan koşula ulaşmaktadır. Bu doğrultuda sürecin geleceğine yönelik güçlü ve etkili yorumlar yapılabilir.

Bir $v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_m)$ vektörü negatif bileşene sahip değil ise ve $\sum_{i=1}^m v_i = 1$ ise v vektörüne olasılık vektörü denilmektedir (Cerit ve Yüksel, 1993, s. 220). P 'nin kuvvetlerinde görülebileceği gibi n büyüdükçe P_{ij} değerleri sabit bir sayıya ya da limite yaklaşıır ve v_i^m olasılık vektörleri i ' nin tüm değerleri için eşıt olmaya yönelir. Bunun sonucunda iki kural ortaya çıkar (Halaç, 1991, s. 119).

i. n 'nin yeteri kadar büyük değerleri için v_i^m olasılık vektörleri i 'snin tüm değerleri için aynıdır.

ii. $V_i^{n+1} = V_i^n P$ ve $V_i^{n+1} = V_i^n$ olduğundan $V.P = V$ eşıtliğini sağlayan bir V denge vektörü bulunmaktadır.

$V = \sum_{j=1}^m P_{ij} = 1$ bağıntısı bu değerleri elde etmek için analitik bir yöntem sunar. V olasılık vektöründe j . elemanları v_j ile gösterilirse V bir olasılık vektörü olduğundan

$$\sum_{j=1}^m V_j = 1 \quad (2.13)$$

bağıntısı geçerli olmaktadır. *ii.* nolu kuraldan

$$v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_m) \quad P = [v_1, v_2, v_3, \dots, v_m] \quad (2.14)$$

yazılır.

Verilen bir durağan markov zincirinde P geçiş olasılıkları matrisi için tek $v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_m)$ sabit olasılık dağılımı bulunmaktadır ve P^n için aşağıdaki gibi bir ifade yazılmaktadır.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^n = v_j, \quad v_j > 0, \quad 1 \leq j \leq r \quad (2.15)$$

2.9. Sürekli Zamanlı Süreçler

Markov Zincirleri, stokastik süreçleri ifade etmek için sık sık kullanılan bir yöntemdir. Markov Modellerinde zaman parametreleri, kesikli zamanlı Markov süreci ve sürekli zamanlı Markov süreci olarak ikiye ayrılır (Marshall ve Sterritt, 2005).

$\{X_t\}$, sürekli zamanlı bir stokastik süreç ile gösterilsin. Bu doğrultuda $\{X_t\}$, sürekli reel değişken t ile indislenmiş rastgele değişkenlerden oluşan sonsuz bir küme olmaktadır. Genelde t indisi, zaman indisi olarak ele alındığında X_{t_1} rastgele değişkeni t_1 zamanındaki süreç durumudur ve X_{t_1} rastgele değişkeni $t_0 < t_1$ olmak koşuluyla, t_0 zamanındaki sürecin durumuna diğer bir ifadeyle X_{t_0} rastgele değişkenine bağlıdır. Daha önceki durumlardan bağımsız olmaktadır. X_{t_1} kesikli rastgele değişkenler olarak düşünülecektirler. Bu durumda incelenecek yapı kesikli durumlu sürekli zamanlı stokastik süreçlerdir.

$S = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_n\}$ durum uzayı ve $t_0 < t_1 < \dots < t_{n-1} < t_n$ koşulunu sağlayan her $t_0, t_1, \dots, t_{n-1}, t_n$ reel değerleri için,

$$P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_0} = x_0) = P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}) \quad (2.16)$$

bağıntısı doğrulanıyorsa süreç Markov özelliğine sahiptir denilebilir. Genel bir ifade ile sürekli zamanlı bir Markov süreci olacaktır.

Dikkat edildiğinde sürecin gelecek durumu sadece şu ana bağlıdır. Tüm geçmiş durumlardan bağımsızdır. $P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1})$ olasılığı, kesikli zamanlı Markov Zincirinde de olduğu gibi geçiş olasılığıdır. Fakat tek bir fark bulunmaktadır t zaman

indisi tamsayı olma zorunluluğu yoktur. Başka bir ifadeyle t_n zamanındaki durumu x_n 'e bağlıyken , t_{n-1} zamanındaki durumu x_{n-1} 'e bağlı olmaktadır (Can, 2006).



BÖLÜM III

SAKLI MARKOV MODELLERİ

3.1. Saklı Markov Modeli

Saklı Markov Modeli, 1970'li yıllarda Baum ve Eagon(1967), Petrie(1969) ve Baum(1972) tarafından geliştirilmiştir. Saklı Markov Modeli 1940'lı yıllarda çalışılmış olmasına rağmen teori yeterince geliştirilemediği için uygulama çalışması yapılamamıştır. Saklı Markov Modelinin önemli çalışma alanları vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Öz, 2009, s.35):

- Ses, görüntü, spam tanıma
- Finans
- DNA
- Ağ Güvenliği
- Genomik sekans hizalama

Markov analizinde rastgele değişken, örnek uzayındaki her olayı reel sayılara çeviren bir fonksiyon olarak tanımlanabilir (Can, 2009, s. 7).

Stokastik süreç ise sabit bir olasılık uzayı üzerinde tanımlı gerçek değerli tesadüfi değişkenlerin bir koleksiyonu olmaktadır (Dupacova vd., 2002, s. 231) ve t zaman parametresi olmak üzere $(X_t, t \in T)$ şeklinde gösterilmektedir.

İndeks kümesindeki n sayıda zaman noktasının herhangi bir $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ kümesi için X_{t_n} 'nin $X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_{n-1}}$ 'in verilen değerlerine göre koşullu olasılık dağılımı sadece $X_{t_{n-1}}$ 'in değerine bağlı ise $(X_t, t \in T)$ stokastik sürecine Markov süreci denilir (Cinemre, 2003, s. 485). $S = \{x_1, x_2, \dots\}$ durum uzayı ve $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ için bir Markov süreci aşağıdaki eşitlikle açıklanır ve bu eşitliğe *Markovyen Varsayım* denir.

$$P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_1} = x_1) = P(X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}) \quad (3.1)$$

Markovyen varsayımı, sürecin bir sonraki adımdaki durum geçmişten tamamıyla bağımsız olmaktadır ve sadece mevcut duruma bağlı olmaktadır.

Markov Zincirlerinde bütün durumlar ve bütün t ' ler için aşağıda ifade edilen koşullu olasılığın varlığı kabul edilmektedir:

$$P(X_{t+1} = j | X_t = i) = p_{ij}, \quad i, j \in S = \{0, 1, 2, \dots\} \quad (3.2)$$

p_{ij} olasılıklarına tek adım geçiş olasılıkları denilmektedir (Tijms, 2003, s. 83). Bu doğrultuda t anında i durumunda olan sürecin $t+1$ anında j durumunda olma olasılığı p_{ij} ile gösterilecektir. p_{ij} için aşağıdaki eşitlikler geçerli olmaktadır:

$$0 \leq p_{ij} \leq 1, \quad i, j \geq 0 \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} p_{ij} = 1, \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.4)$$

Yukarıdaki gibi tanımlanan p_{ij} geçiş olasılıklarının meydana getirdiği matris Markov Zincirinin geçiş olasılıkları matrisi olmaktadır (Chung ve Walsh, 2005, s. 291) ve $P = [p_{ij}]$ ile gösterilir. Herhangi bir P matrisi, yukarıda verilen eşitlik (3.3) ve eşitlik (3.4) koşullarını sağladığında *stokastik matris* olarak adlandırılır (Stirzaker, 2003, s. 400).

Markov Zincirleri, Markovyen Varsayımı sağlayan ve bununla birlikte geçiş olasılıkları zamanla değişim olmayan stokastik süreçler olarak bilinir.

Sistemdeki durum uzayı $S = \{1, 2, \dots, N\}$ ve sistemin başlangıcında i durumunda bulunma olasılığı aşağıdaki biçimde gösterilmektedir:

$$P(X_0 = i) = \pi_i(0) = \pi_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.5)$$

Saklı Markov Modeli, Markov Zincirine eş ama Markov Zincirinden daha genel ve daha esnek yapısıdır. Ek olarak Markov Zincirinin modellenemeyediği 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, s. 409).

Saklı Markov Modelinde durumlar doğrudan gözlenmemektedir. Bunun yerine, her bir durumdan meydana gelen gözlem çıktıları oluşturulur (Steeb, 2005, s. 472). Gözlem çıktılarının bir araya gelmesi ile gözlem dizisi oluşur. SM Modelinde gözlem dizisinin altında yatan durumların bilinmemesi durumu modelde “Saklı” anlamını ortaya çıkartır.

Bir SM Modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

1) Durumlar N ile gösterilir. Genellikle durumlar kendi içlerinde bir durumdan diğer durumlara geçilecek şekilde bağlantılı olmaktadır. Diğer bir deyişle durumlar ergodik bir yapıda olmaktadır. $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$ durumlar kümesini ve q_t, t anındaki durumudur.

2) Her bir duruma ait gözlem sayısı M ile gösterilmektedir. Gözlemler kesikli bir kümedir.

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$ ile gözlem kümesi gösterilmektedir.

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

3) Durum geçiş olasılık dağılımı $A = \{a_{ij}\}$ ’dir. $1 \leq i, j \leq N$ için a_{ij} ’ler negatif olmayan sayılardır ve A , $N \times N$ boyutunda bir matristir, matrisin her satırındaki değerlerin toplamı ayrı ayrı 1’e eşit olmaktadır.

Bu doğrultuda gösterilen durum geçiş olasılıkları, zaman içerisinde değişim göstermez ve bu olasılıklar gözlemlerden bağımsız olmaktadır (Bhar ve Hamori, 2004, s. 17).

4) Gözlem olasılık dağılımı $B = \{b_j(k)\}$ ’dir. Bu ifade, t anında j durumunda iken v_k gözleminin olasılığını vermektedir. $1 \leq j \leq N$, $1 \leq k \leq M$ için $b_j(k)$ ’lar negatif olmayan sayıları ifade etmektedir. B , $N \times M$ boyutunda bir matristir ve her satırındaki değerlerin toplamı ayrı ayrı 1’e eşit olmaktadır.

5) Başlangıç durum dağılımı $\pi = \{\pi_i\}$ olarak gösterilmektedir. Başlangıç anında sistemin S_i durumunda olma olasılığı olup aşağıdaki gibidir (Bicego ve Murino, 2004, s. 281-286).

$$\pi_i = P[q_1 = S_i], \quad 1 \leq i \leq N \quad (3.6)$$

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

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

SM modeli de aynı Markov modelinde olduğu gibi kesikli ve sürekli olarak ikiye ayrılır (Xue ve Govindaraju, 2006, s. 458-462). SM Modelindeki gözlemler kesikli ise kesikli Saklı Markov Modeli değil ise sürekli SM Modeli denir.

3.2. Saklı Markov Modelinin Varsayımları

Saklı Markov Modelinin teorisinde, matematiksel ve hesap yapılacak işlemlerde bize yardımcı olması bakımından aşağıdaki varsayımlar bize kolaylık sağlamaktadır.

3.2.1. Markovyen Varsayım

SM Modelinin tanımında olduğu gibi geçiş olasılıkları aşağıda verildiği gibi gösterilmiştir.

$$a_{ij} = P[q_{t+1} = S_j | q_t = S_i], \quad 1 \leq i, j \leq N \quad (3.7)$$

Daha öncede bahsedildiği gibi burda da gelecek durum sadece şimdiki duruma bağlı olup, geçmişten bağımsızdır. Bu doğrultuda model birinci derece SM Modeli olur.

Gelecek durum geçmişteki k duruma bağlıysa bu durum sadece bazı modellerde geçerli olmaktadır, böylece model k derece SM Modeli olur. Geçiş olasılıkları ise aşağıdaki gibidir:

$$a_{i_1, i_2, i_3, \dots, i_k, j} = P[q_{t+1} = S_j | q_t = S_{i_1}, q_{t-1} = S_{i_2}, \dots, q_{t-k+1} = S_{i_k}] \quad 1 \leq i_1, i_2, \dots, i_k, j \leq N \quad (3.8)$$

Yüksek dereceli SM Modelleri yapısı karmaşıktır. Bundan dolayı birinci derece Saklı Markov Modelleri çok popülerdir. Fakat son zamanlarda araştırmacılar yüksek dereceli SM Modellerinin kullanımı için uygulamalar yapılmaktadır (Öz, 2009, s. 42).

3.2.2. Durağanlık varsayımı

Geçişlerin olduğu durum geçiş olasılıklarının var olan durumdan bağımsız olduğu düşünülür. Matematiksel biçimi aşağıdaki gibidir (Öz ve Yılmaz, 2016).

$$P[q_{t+1} = S_j | q_t = S_i] = P[q_{t+1} = S_j | q_{t-2} = S_i] \quad \forall t_1 \text{ ve } t_2 \text{ için}, \quad (3.9)$$

3.2.3. Gözlem (Çıktı) Bağımsızlık Varsayımı

Gözlem bağımsızlık varsayımı, mevcut gözlemin önceki gözlemlerden istatistiksel olarak bağımsız olma zorunluluğunu ifade eder. Bu varsayımda;

$$O = O_1 O_2 \dots O_T \quad (3.10)$$

gözlem serisi matematiksel olarak formüle edilir.

SM Modeli ve λ için varsayım doğrultusunda aşağıdaki tanımlama yapılmaktadır.

$$P(O | q_1, q_2, \dots, q_T, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(O_t | q_t, \lambda) \quad (3.11)$$

Bu varsayımı diğer iki varsayımdan ayıran, bu varsayımın geçerliliğinin sınırlılığıdır. Bazı durumlarda bu varsayım çok yeterli olmayabilir. Bu doğrultuda SM Modellerinin kuvvetli zayıflığı ortaya çıkmaktadır (Öz ve Yılmaz, 2016).

3.3. Saklı Markov Modelinin Üç Temel Problemi

SM Modelinin uygulama çalışmalarında kullanılabilmek için üç temel problemin çözülmesi gerekir. Bu problemler, gözlem olasılığının bulunması, saklı durumların

tahmin edilmesi, modelde yer alan parametrelerin yeniden tahmininden oluşmaktadır. Bu problemlerin içeriği aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

1. Problem: Bir Saklı Markov Modelinde verilen $\lambda = (A, B, \pi)$ parametreleri ve $O = O_1 O_2 \dots O_T$ gözlem dizisi için, $P(O|\lambda)$ gözlem dizisi olasılığının etkili bir şekilde nasıl hesaplanacağını gösterir.

Bu problem değerlendirme problemi olarak adlandırılır. Verilen model ile gözlemler dizisi için model tarafından gözlem dizisinin üretilme olasılığının nasıl hesaplanacağı ile ilgili bir durumdur. Bunun yanı sıra bu problem verilen bir model ile verilen bir gözlem dizisinin ne kadar eşleştiği problemi olarak da görülebilmektedir (Öz, 2009, s. 44).

2. Problem: Verilen gözlem dizisi $O = O_1 O_2 \dots O_T$ ve λ modeli için, bu gözlemleri en doğru şekilde açıklayan $Q = q_1 q_2 q_3 \dots q_T$ durum dizisinin nasıl belirleneceğidir.

İkinci problem, modelin saklı durumunun ortaya çıkması diğer bir deyişle doğru durum dizisinin bulunmasıdır. Modelde yer alan durumların sayısına bağlı olarak durum dizileri belirlenmektedir. İkinci problem bu diziler arasından en uygun olanını belirlemektir. Bu problemin çözümünde Viterbi Algoritması kullanılmaktadır.

Bir dinamik programlama uygulaması olan Viterbi Algoritmasında, verilen bir gözlem dizisi için durum diyagramındaki en uygun geçiş olasılıkları dizisi bulunmaktadır (Lou, 1995).

3. Problem: $P(O|\lambda)$ olasılığını maksimum yapabilmek için $\lambda = (A, B, \pi)$ model parametrelerinin nasıl değiştirileceğidir.

Bu problem, verilen bir gözlem dizisinin nasıl elde edildiğini en iyi şekilde tanımlayabilmek için model parametrelerini optimize etmektedir. Gözlem dizisi model parametrelerini yeniden belirlemede kullanıldığından bu işleme “Eğitim” adı verilmektedir. Literatürde genellikle bu problem “Eğitim Problemi” olarak yer almaktadır.

Eğitim aşamasında Saklı Markov Modelinin parametrelerinin (A, B, π) tahmini için temelde, iteratif bir süreç olan Baum-Welch Algoritması kullanılmaktadır (Karlsson, 2004).

3.4. Saklı Markov Modelinin Üç Temel Problemi İçin Çözümler

3.4.1. Problem'in Çözümü

Verilen bir λ modeli için $O = O_1 O_2 \dots O_T$ gözlem dizisinin olasılığı $P(O|\lambda)$ 'nin hesaplanması burada gözden geçirilmiştir. Bu hesaplama için en basit yöntem T uzunluğundaki bütün olası durumları numara verilmesidir. q_1 ilk durumu gösterirken sabit durum dizisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$Q = q_1 q_2 q_3 \dots q_T \quad (3.12)$$

denkleminin O gözlem dizisi olasılığı

$$P(O|Q, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(O_t | q_t, \lambda) \quad (3.13)$$

şeklinde yazılmaktadır. Gözlemlerin istatistiksel bakımdan birbirinden bağımsız olduğu varsayıldığında olasılık aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir:

$$P(O|Q, \lambda) = b_{q_1}(O_1) b_{q_2}(O_2) \dots b_{q_T}(O_T) \quad (3.14)$$

Yukarıda gösterildiği gibi bir Q durum dizisinin olasılığı aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$P(Q|\lambda) = \pi_{q_1} a_{q_1 q_2} a_{q_2 q_3} \dots a_{q_{T-1} q_T} \quad (3.15)$$

O ve Q dizilerinin aynı anda gerçekleşme olasılığı, O ve Q 'nun birleşik olasılığı ile ifade edilmektedir.

$$P(O, Q|\lambda) = P(O|Q, \lambda) = P(Q|\lambda) \quad (3.16)$$

Modeldeki O olasılığı, bu birleşik olasılığın mümkün olan bütün q durum dizileri için toplam alınarak elde edilmektedir.

$$P(O|\lambda) = \sum_{tüm Q} P(O|Q, \lambda) P(Q|\lambda) \quad (3.17)$$

$$P(O|\lambda) = \sum_{q_1, q_2, \dots, q_T} \pi_{q_1} b_{q_1}(O_1) a_{q_1 q_2} b_{q_2}(O_2) a_{q_2 q_3} \dots b_{q_T}(O_T) a_{q_{T-1} q_T} \quad (3.18)$$

Yukarıdaki denklemin açıklaması şu şekildedir:

Sistem $t = 1$, başlangıç anında π_{q_1} olasılığı ile q_1 durumunda ve bu durumda $b_{q_1}(O_1)$ olasılığı ile O_1 gözlemini üretmektedir. t anından $t+1$ anına geçildiğinde ($t = 2$), q_1 durumundan q_2 durumuna $a_{q_1 q_2}$ olasılığı ile geçerek q_2 durumunda $b_{q_2}(O_2)$ olasılığı ile O_2 gözlemi elde edilmektedir. Süreç T anında q_{T-1} durumundan q_T durumuna $a_{q_{T-1} q_T}$ olasılığı ile geçerek $b_{q_T}(O_T)$ olasılığı ile O_T gözlemi elde edilene kadar devam etmektedir.

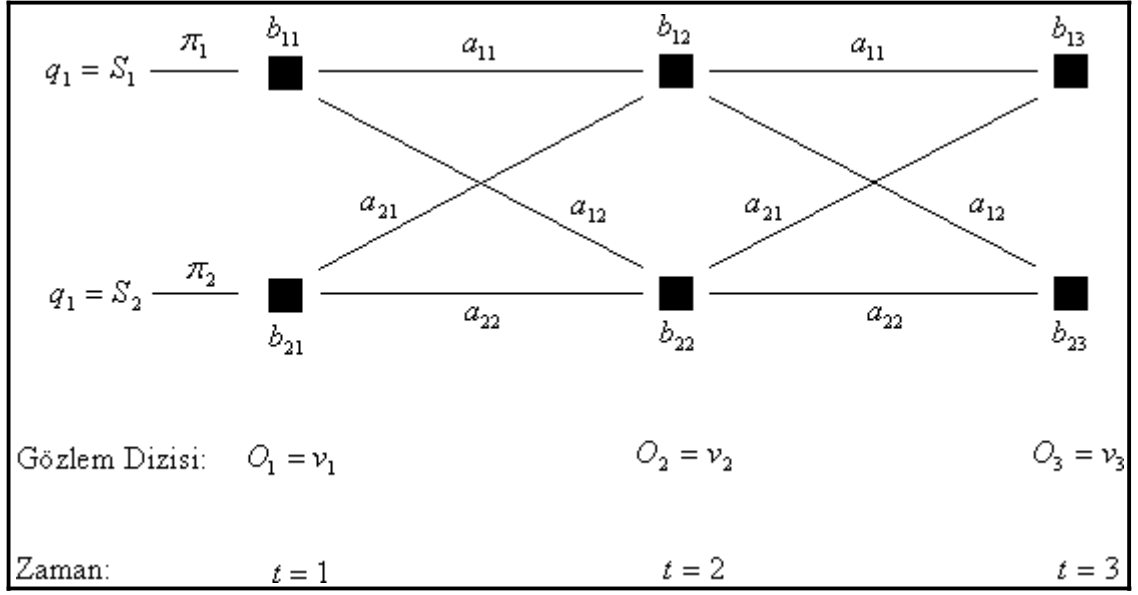
$O = O_1 O_2 \dots O_T$ gözlem dizisinde N sayıda durum olduğu için N^T adet farklı durum dizileri $Q = q_1 q_2 q_3 \dots q_T$ olabilmektedir. $P(O|\lambda)$, nın direkt tanımı doğrultusunda hesaplanabilmesi için $(2T-1)N^T$ sayıda çarpma $N^T - 1$ sayıda toplama işlemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Örnek verecek olunursa bir Saklı Markov Modelinde $N = 2$ durum $S = \{S_1, S_2\}$ ve her bir duruma ait $M = 3$ farklı gözlem $V = \{v_1, v_2, v_3\}$ olduğunu varsayalım. λ parametreleri başka bir deyişle başlangıç durum olasılıkları, durum geçiş olasılıkları ve gözlem olasılıkları aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$\pi = [q_1 = S_1 = \pi_1, q_1 = S_2 = \pi_2], \quad \pi_1 + \pi_2 = 1$$

$$A = \begin{matrix} & S_1 & S_2 \\ S_1 & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \end{bmatrix} \\ S_2 & \begin{bmatrix} a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad B = \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 \\ S_1 & \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \end{bmatrix} \\ S_2 & \begin{bmatrix} b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Verilen olasılıklar altında $O = \{O_1 O_2 O_3\}$ gözlem dizisinin olasılığın hesaplanma işlemleri aşağıdaki şekildedir:



Şekil 1: İki Durumlu ve üç gözlemlili saklı Markov modeli gösterimi

$P(O|\lambda)$ ifadesini hesaplamak için bütün olası durum dizileri ve her bir dizinin hesaplanış şekli aşağıda verildiği gibidir:

Tablo1

İki Durumlu ve Üç Gözlemlili Saklı Markov Modeli İçin Tüm Olası Durum Dizileri ve Hesaplama İşlemleri

<i>Olası Durum Dizisi</i>	<i>Hesaplama</i>
$\{S_1, S_1, S_1\}$	$\pi_1 \cdot b_{11} \cdot a_{11} \cdot b_{12} \cdot a_{11} \cdot b_{13}$
$\{S_1, S_1, S_2\}$	$\pi_1 \cdot b_{11} \cdot a_{11} \cdot b_{12} \cdot a_{12} \cdot b_{23}$
$\{S_1, S_2, S_1\}$	$\pi_1 \cdot b_{11} \cdot a_{12} \cdot b_{22} \cdot a_{21} \cdot b_{13}$
$\{S_1, S_2, S_2\}$	$\pi_1 \cdot b_{11} \cdot a_{12} \cdot b_{22} \cdot a_{22} \cdot b_{23}$
$\{S_2, S_1, S_1\}$	$\pi_2 \cdot b_{21} \cdot a_{21} \cdot b_{12} \cdot a_{11} \cdot b_{13}$
$\{S_2, S_1, S_2\}$	$\pi_2 \cdot b_{21} \cdot a_{21} \cdot b_{12} \cdot a_{12} \cdot b_{23}$
$\{S_2, S_2, S_1\}$	$\pi_2 \cdot b_{21} \cdot a_{22} \cdot b_{22} \cdot a_{21} \cdot b_{13}$
$\{S_2, S_2, S_2\}$	$\pi_2 \cdot b_{21} \cdot a_{22} \cdot b_{22} \cdot a_{22} \cdot b_{23}$

Hesaplamaya dikkat edecek olursak mümkün olan tüm farklı olası durum dizileri sayısı $N^T = 2^3 = 8$, her bir olası durum dizisi için $(2T - 1) = 5$ adet çarpma işlemi ve toplam olasılık için tüm farklı olası durum dizilerinin olasılıklarının toplamı yani $(N^T - 1) = 7$ adet toplama işlemi gerekmektedir.

Olası durum dizilerinde çarpma ve toplama işlemlerinin fazla olması denklemin hesaplanmasını karmaşık bir hale getirmektedir. Bu sebeple $P(O|\lambda)$ 'nin hesaplanmasında İleri-Yön (Forward) Algoritması ve Geri-Yön (Backward) Algoritması kullanılmaktadır (Öz, 2009, s. 45-49).

3.4.1.1. İleri-Yön ve Geri-Yön Algoritmaları

İleri Yön Algoritması: İleri-Yön Algoritmasında kullanacağımız İleri Yön değişkeni $\alpha_t(i)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$\alpha_t(i) = P(O_1 O_2 \dots O_t, q_t = S_i | \lambda) \quad (3.19)$$

Verilen λ modeli için $\alpha_t(i)$ İleri-Yön değişkeni, t anında S durumundaki sistemin $O_1 O_2 \dots O_t$ kısmi gözlem dizisinin olasılığını vermektedir $\alpha_t(i)$ değişkeni aşağıda da gösterildiği gibi tümevarımsal bir method ile çözülmektedir (Rabiner ve Juang 1993, s. 335):

1) Başlangıç: İlk değerin verilmesi

$$\alpha_t(i) = P(O_1, q_1 = S_i | \lambda) = \pi_i b_i(O_1), \quad t = 1 \quad 1 \leq i \leq N \quad (3.20)$$

2) Yineleme

$$\alpha_{t+1}(j) = \left[\sum_{i=1}^N a_{ij} \alpha_t(i) \right] b_j(O_{t+1}), \quad 1 \leq t \leq T-1 \quad 1 \leq j \leq N \quad (3.21)$$

3) Sonlandırma

$$P(O | \lambda) = \sum_{i=1}^N P(O, q_t = S_i | \lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_T(i) \quad (3.22)$$

3.4.1.2. Geri-Yön Algoritması

Elimizde olan λ modeli için t anında S_i durumunda iken sistemin $t+1$ anından itibaren son ana kadar olan kısmi gözlem dizilerinin olasılığı, Geri-Yön değişkeni ile tanımlanır. Geri-Yön Algoritmasının adımları aşağıda verilmiştir (Becchetti ve Ricatti, 2004, s. 179):

1. Başlangıç

$$\beta_t(i) = 1, \quad 1 \leq i \leq N \quad (3.23)$$

2. Yineleme

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(O_{t-1}) \beta_{t+1}(j), \quad t = T-1, T-2, \dots, 1 \quad 1 \leq i \leq N \quad (3.24)$$

2. Problem ve Çözüm Algoritması: Bu problem $O = O_1 O_2 \dots O_T$ biçiminde verilen bir gözlem dizisi ve λ modeli için, bu gözlemleri en uygun şekilde açıklayan $Q = q_1 q_2 q_3 \dots q_T$ saklı durum dizisinin nasıl seçileceği ile ilgili olmaktadır.

Bu problem, $O = O_1 O_2 \dots O_T$ gözlem dizisinin oluşumunda ortaya çıkmış olan saklı durumların bulunması işlemini yapmaktadır. Bu problemin çözümünde Viterbi Algoritması kullanılmaktadır (Öz, 2009).

3.4.1.3. Viterbi Algoritması

$O = \{O_1 O_2 \dots O_T\}$ gözlem dizisinin en iyi saklı durum dizisi $Q = \{q_1 q_2 q_3 \dots q_T\}$ yi bulabilmek için

$$\delta_t(i) = \max_{q_1, q_2, q_3, \dots, q_{t-1}} P[q_1 q_2 q_3 \dots q_T = i, O_1 O_2 \dots O_t | \lambda] \quad (3.25)$$

ifadesi tanımlanmaktadır. $\delta_t(i)$, t anında S_i durumunda olan sürecin t anına kadar izlenen yol boyunca en yüksek olasılığı göstermektedir. $\delta_{t+1}(j)$ ifadesi ise $\delta_t(i)$ değişkenine tümevarım yönteminin uygulanması ile elde edilmektedir.

$$\delta_{t+1}(j) = \left[\max_i \delta_t(i) a_{ij} \right] b_j(O_{t+1}) \quad (3.26)$$

Gerçek durum dizisine erişmek için $\delta_{t+1}(j)$ ifadesini maksimum yapan bağımsız değişkenin izlenmesi gerekmektedir. Bu işlem $\psi_t(j)$ ile gösterilmektedir.

Viterbi algoritmasının adımları aşağıda verilmiştir (1-4):

1. Başlangıç

$$\delta_1(i) = \pi_i b_i(O_1), \quad 1 \leq i \leq N \quad (3.27)$$

$$\psi_1(i) = 0$$

2. Yineleme

$$\begin{aligned} \delta_t(j) &= \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] b_j(O_t), \quad 2 \leq t \leq T, \quad 1 \leq j \leq N \\ \psi_t(j) &= \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}], \quad 2 \leq t \leq T, \quad 1 \leq j \leq N \end{aligned} \quad (3.28)$$

3. Sonlandırma

$$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)]$$

$$q_T^* = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (3.29)$$

4.Yol Durum Dizisi Geri İzleme:

$$q_T^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*), \quad t = T-1, T-2, \dots, 1 \quad (3.30)$$

3. Problem ve Çözüm Algoritması: Bu problem λ modeli için verilen herhangi bir gözlem ya da gözlem dizisinin gelecekte ortaya çıkma olasılığının maksimum olması için model parametrelerinin optimize edilmesi ile ilgilenmektedir Saklı Markov Modelinin parametrelerinin (A, B, π) tahmini için temel olarak, iteratif bir yöntem olan Baum-Welch Algoritması kullanılmaktadır (Karlsson, 2004).

3.4.1.4. Baum-Welch Algoritması

Saklı Markov Modelinin eğitimi olarak adlandırılan Baum Welch Algoritması İleri-Yön ve Geri-Yön değişkenlerine ait olasılıklar kullanılarak oluşturulmaktadır (Vaseghi, 2007, s. 364).

λ modeli ve herhangi bir gözlem dizisi için t anında S_i durumunda ve $t+1$ anında S_j durumunda olma olasılığı $\zeta_t(i, j)$ değişkeni ile gösterilmektedir.

$$\zeta_t(i, j) = P(q_t = S_i, q_{t+1} = S_j | O, \lambda) \quad (3.31)$$

$\zeta_t(i, j)$ değişkeni, İleri-Geri Yön değişkenlerinin tanımları kullanılarak aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir:

$$\zeta_t(i, j) = \frac{a_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{P(O|\lambda)} = \frac{a_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)} \quad (3.32)$$

ifadesi bir olasılık ölçütü olmasından dolayı $a_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)$ ifadesi $P(O|\lambda)$ değerine bölünerek elde edilmiştir.

Verilen bir gözlem dizisi ve model için t anında S_t durumunda bulunma olasılığı $\gamma_t(i)$ ile gösterildiğinde $\gamma_t(i)$ ile $\xi_t(i, j)$ arasında aşağıda verilen bağıntı yazılabilmektedir:

$$\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \xi_t(i, j) \quad (3.33)$$

Yukarıda verilen formüller kullanılarak Saklı Markov Modeli parametrelerinin yeniden tahmini için bir yöntem tanımlanabilmektedir. Yeni parametreler (A, B, π) ile gösterilirken, bu parametrelerin tahmini ile ilgili formüller (3.34) ifadesinde verilmiştir:

$$\bar{\pi}_i = \gamma_1(i), \bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i, j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)}, \bar{b}_j(k) = \frac{\sum_{t=1}^T \gamma_t(j)}{\sum_{t=1}^T \gamma_t(j)} \quad (3.34)$$

BÖLÜM IV

HİSSE SENETLERİ PİYASASI

4.1. Giriş

Piyasa, alıcı ve satıcıların karşılaştıkları ve dolaşımın meydana geldiği yer olarak tanımlanmaktadır.

Piyasalar genel olarak iki başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; para piyasası ve sermaye piyasasıdır. Kısa vadeli fonların karşılaştığı piyasa türü, para piyasasıdır. Para, döviz, altın, poliçe, bono, çek gibi bir yıla kadar vadeli senetler para piyasası araçlarıdır. Uzun ve orta vadeli fon akışının karşılaştığı piyasa türü, sermaye piyasasıdır. Menkul kıymetler ve diğer sermaye piyasası araçlarından oluşmaktadır.

Sermaye piyasası *birincil* ve *ikincil* piyasa olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hisse senedi ve tahvil gibi menkul değerleri ihraç eden şirketler ile alıcıların doğrudan karşılaştıkları piyasalara *birincil piyasa* denir. Menkul kıymetlerin paraya çevrilmesini sağlayan piyasaya *ikincil piyasa* denir. Bu piyasayı tanımlamada iyi bir örnek Borsa İstanbul'dur (Öz, 2009, s. 75)

4.1.1. Hisse Senetleri

Hisse senedi satın alanla ihraç eden kuruluş ile ortaklık oluşturan 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. Anonim ortaklıklar ile sermayesi paylara bölünmüş komandit ortaklıklarda paylar bu finansal varlıklarla temsil edilmektedirler. Fakat finansal pazarlarda kolayca dolaşım olanağı bulabilen hisse senetleri anonim ortaklıkların pay senetleridir. Bu sebeple genelde hisse senetleri, anonim ortaklıkların pay senedi olarak anlaşılır (Doğukanlı ve Canbaş, 2012, s. 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, s. 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 (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası, 1997).

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. Hisse senetleri ihraç eden şirketler, yeni ortaklar bularak şirketlerine özkaynak sağlamaktadır. Özkaynak aracılığıyla elde edilen finansmanın maksimum yararı, şirketin finansman riski ile ilgili olmasıdır. Özkaynak yolu ile sağlanan sermayeye şirketin ödemesi gereken sabit bir faiz ya da yükümlülük olmaması, anaparaların geri ödenme zorunluluğu bulunmaması nedeni ile şirkete bir risk yüklemesi olmayacaktır. Bunun üzerine borçlanma yolu ile sağlanan kaynaklar işletmelerin finansman riskini artışına neden olacaktır. Diğer yandan bugün tüm ülkeler hisse senedi yolu ile uluslararası sermayeyi ülkelerine çekmek amacıyla çabalamaktadırlar. Çoğu gelişmekte olan ülke sermaye pazarlarında istikrarı sağlayarak her yıl milyarlarca dolar tutarında ülkelere döviz girişi sağlayarak katkıda bulunmaktadır. Bu piyasaların ekonomiye diğer yararları şöyledir (Karan, 2001, s. 304-305):

- Hisse senetleri, halk kitlelerinin küçük birikimlerini büyük işletmeler içinde toplayarak kalkınma için gerekli olan sermaye birikimini sağlamaktadır.
- Hisse senetleri, üretim araçlarının ve iktisadi işletmelerin mülkiyetini geniş halk kitlelerine aktarmak koşuluyla, iktisadi refahı geniş bir alana yaymaktadırlar. Bu sayede daha dengeli bir gelir dağılımı yaratmaya çalışırlar. Hisse senetleri, ekonomik karar verirken halkı az çok söz sahibi yaparak demokrasinin iktisadi tarafını tamamlamaktadırlar. Hisse senetleri, halkın tasarruflarına artı bir gelir yaratırken bunu faiz yoluyla yapmak yerine enflasyon ile değer kazanan ve buna dayanıklı bir yatırım ile sağlamaktadır (Öz, 2009).

4.2. Hisse Senedi Fiyatlarına Etki Eden Faktörler

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 egzojen (içsel) ve endojen (dışsal) olmak üzere ikiye ayrılır. Endojen faktörler firma içi faktörler olurken, egzojen faktörler firma dışından kaynaklanan faktörlerdir (Kültür, 1998).

4.2.1. Endojen Faktörler

Endojen faktörler, firmanın yapısından kaynaklanan faktörlerdir. Bunlar firma içi faktörler olup, kâr durumu ve mali yapı değişiklikleridir.

4.2.2.1. Mali Yapı Değişiklikleri

Hisse senedi çıkaran şirketin mali yapısı, hisse senedi fiyatı üzerinde etki göstermektedir. Bir şirketin hisse senedine yatırım yapabilmek için o şirketi ve çalışmalarını çözümlemek adına belli faktörleri incelemek gerekir. Bu faktörler aşağıdaki gibidir (Kültür, 1998):

- Şirketin ünvanı, mazisi ve şöhreti
- Sermayesi, ihtiyatları
- Personel sayısı, işçi-işveren ilişkileri
- Yöneticilerin ehliyeti ve yetenekleri
- Üretim konusu, kapasitesi ve cirosu, ihracat olanakları
- Faydalandığı teşvik tedbirleri
- Kredi olanakları
- Yeni yatırım projeleri, sermaye artırımını olasılığı ve olanakları
- Yeniden değerlendirme fonu
- Rakiplerine nazaran piyasadaki durumu
- Maliyetleri ve kârlılık durumu
- Hammadde tedarik olanakları, yerli malzemeye çalışma veya dışa bağımlılık durumu, mevcut stokları
- Kâr dağıtma politikası

Yukarıda maddeler halinde verilen durumlar göz önüne alınarak, şirketin faaliyetlerindeki gelişmeleri ve umut verici bir geleceğe sahip olup olmadığını anlamak açısından fikir sağlamaya yardımcı olacaktır. Fakat sadece mevcut durum değil geçmiş bilgilerinde önemli olduğu gözden kaçmamalıdır (Öz, 2009).

Sermaye arttırımı ve rüçhan hakkı kullanımı, hisse senedi fiyatlarına etki etmektedir. Rüçhan hakkı, her pay sahibinin aksine bir hüküm yoksa kendisinden sonra gelen pay sahiplerine belirli bir süre dahilinde başvurmaları halinde öncelik tanınmasıdır. Bu doğrultuda sermaye arttırımı ve rüçhan hakkı kullanımı fiyatlarda yükseltici bir etkiye neden olmaktadır (Tuncer, 1987).

Şirketler, her yıl elde ettikleri kârın bir kısmını ortaklarına dağıtırken diğer kısmını şirket için finans kaynağı olarak değerlendirmesine *kâr payı(temettü) geliri* denir (Canbaş ve Doğukanlı, 2012, s. 35).

Hisse senedinin asıl fiyatını hisse senedinden elde edilen kazanç belirler. Bu kazanç ise sermaye kazancına ve temettü gelirine bağlıdır. Bu yüzdendir ki geçmişte dağıttığı ve gelecekte dağıtacağı temettü beklentileri, hisse senedi fiyatında oynamalara neden olacaktır. Bir şirketin yüksek oranda temettü dağıtma beklentisinde olması şirketteki hisse senedi fiyatlarını yükseltecektir (Yet, 1987).

4.2.2.2. Tahmini Şirket Kazancı

Tahmini kazanç oluşumu, hisse senedi fiyat teorisini uygulamada büyük önem arz etmektedir. Beklentileri belirlerken iki yol izlenmektedir.

Geleceği belirlerken, geçmiş bilgilerden yola çıkarak yapılan tahminlemede *adaptif beklentiler yaklaşımı* kullanılır. Bu doğrultuda gelecek, geçmişteki tecrübelerden yararlanılarak elde edilmektedir. Yani kişi geçmiş dönemde bir kere hata yapabilir daha sonra tekrar aynı hataya düşmez ve geleceğini de bu doğrultuda şekillendirir.

Beklentileri belirlerken kullanılan diğer bir yol ise gelecek, geçmişe bakılmadan da tahmin edilebilir. Birey elindeki mevcut tüm bilgileri kullanarak bugün için değerlendirmeler yapar Bu durumda mevcut ve benzer tarih aralıkları dikkate alınmaktadır (Kültür, 1998).

4.2.2. Egzojen Faktörler

Hisse senedini etkileyen dışsal faktörler, firma dışından kaynaklanan faktörler olup aşağıdaki gibidir (Kültür, 1998):

- 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
- Diğer Faktörler olarak verilebilir.

4.2.2.1. Kurumlar Vergisi Oranında Değişiklikler

Kurumlar vergisi, şirketlerin toplam net kazançları üzerinden alınmaktadır. Şirketlerin edindikleri kazançlar da kurumlar vergisine bağlıdır. Kurumlar vergisi oranı yükseldiğinde şirketlerin kazancında bir azalma meydana gelecektir. Bu durum şirketin dağıtacağı temettü (kâr payı) üzerinde de bir etki bırakacaktır. Şirket kazancındaki azalış, temettüleri de azaltacaktır (Kültür, 1998).

4.2.2.2. Hükümet Harcamalarındaki Değişiklikler

Hükümet harcamalarında bir değişiklik, hisse senedi fiyatında artış ve azalışa neden olacaktır.

Hükümet harcamalarındaki artış çarpan mekanizması vasıtasıyla reel gelirde artışa yol açmaktadır. Burada çarpan kavramı, harcamalarda meydana gelen değişimlerin hasıla üzerinde ne kadar etki yaratacağını hesaplamaya dayanmaktadır. Reel gelirde meydana gelen artış kullanılabilir geliri arttıracaktır. Bu durum toplam harcamalardaki artışa neden olup değişim talebini de etkileyecektir. Toplam harcamalardaki bir artış tüm mal ve hizmetlere olan talebi arttıracaktır. Bu ürünler eş zamanda menkul kıymetler piyasalarında faaliyet gösteren firmaların da ürünleridir, bu da daha yüksek satış hacmi ve daha çok kâr demektir. Yatırımcılar ise kârı artan şirketin daha yüksek temettü demek olduğu beklentisi ile karı artan şirketin hisse senedine yöneleceklerdir (Öz, 2009, s. 111).

4.2.2.3. Gayri Safi Milli Hasıla'daki Değişiklikler

Gayri Safi Milli Hasıla, bir ülkede bir takvim yılı içinde milli kaynaklarla üretilmiş olan nihai mal ve hizmetlerin bütünüdür. GSMH'de ortaya çıkan değişikliğin, hisse senedi fiyatları üzerine olan etkisi, hükümet harcamalarındaki değişikliğin hisse senedi fiyatlarına etkisine benzetilmektedir (Öz, 2009, s. 112).

4.2.2.4 Fiyatlar Genel Seviyesindeki Değişiklikler

Fiyatlar genel seviyesindeki değişim, menkul kıymetlerin fiyatlarını etkileyen önemli faktörlerdendir.

Fiyatlar genel seviyesinde meydana gelen sürekli ve birikimli artışlar *enflasyon* olarak tanımlanmaktadır. Enflasyonun süresi ve şiddeti hisse senedi fiyatları üzerinde farklı etkilere neden olmaktadır. Fiyatlar genel seviyesinde küçük bir artış, hisse senedi fiyatları üzerinde olumlu bir etki yaratacaktır. Enflasyona ulaşamayacak bir fiyat artışı mal ve hizmetler ile menkul kıymetlere yapılacak yatırımlar için elverişli bir ortam sağlamaktadır. Enflasyonun yüksek olmaması şirket satışlarında artış meydana getiririr. Böylece şirket hacmi artacak veya stoklardan satış yapacaklardır. Kazancın artması temettü payında yükselme sağlar. Sonuç olarak; hem hisse senetlerinin değeri ve piyasa fiyatı artacak hem de yatırımcılar enflasyondan kötü etkilenmeden kâr sağlayacaklardır (Brealey, 1984, s. 72-73).

Başka bir durum ise; fiyatlar genel seviyesindeki hızlı artış ve bu artışın uzun süre devamlılığıdır. Bu şartlar yukarıda anlatılan durumları tersine çevirecektir. Yüksek enflasyon, yatırımları azaltır ve şirketlerin satışlarını düşürür. Bu durumu üretimdeki azalma takip etmeye başlar. Sonuç olarak, şirketlerin kazançlarını düşürecek, daha az kazanç elde etmeye başlayacak ve sonrasında bir şirketin ortaklarına dağıtması beklenen temettü miktarını da azaltacaktır.

4.2.2.5. Döviz Kurundaki Değişiklikler

Döviz piyasaları ve hisse senedi piyasaları birbirlerine alternatif piyasalar olarak düşünülmektedir. Rakip mallar, bir malın yerine kolayca ikame edilen mallara denilmektedir. Bu durumda hisse senedi ve döviz, rakip mallardır. Bunların fiyatı arttıkça asıl malın talebi artar; buna karşılık "ikame malının" fiyatı düştükçe alıcıların daha çok o malın piyasasına kayması nedeniyle asıl malın talebi azalır.

Bir ekonomide döviz piyasalarında ortaya çıkan sürekli artış yatırımcıların dikkatini çekecektir. Döviz piyasasında meydana gelen bu hareketlenme yatırımcıları hisse senetlerini likit hale getirip dövizle yöneltecektir. Rakip mal tanımına göre, döviz fiyatındaki yükselme hisse senedi talebini azaltacaktır. Bunun sonucunda hisse senedi değeri kaybedecek, döviz kurundaki yükselme fiyatlarda düşüşe neden olacaktır.

Döviz fiyatlarındaki düşme ya da durgunluk yukarıdaki durumu tersine çevirecektir. Hisse senedi piyasasına yatırımlar yükselecek ve hisse senetlerine olan talep artışı fiyatların yükselmesini sağlayacaktır (Öz, 2009, s. 115).

4.2.2.6. Para arzındaki değişiklikler

Türkiye’de para arzı en dar tanımıyla ekonomideki nakitler ve bankalardaki mevduatlardan oluşmaktadır.

Merkez Bankası açısından para arzı, Merkez bankası otoriteleri tarafından krediyi de içine alan en geniş biçimde tanımlanmaktadır. Kredinin içeriği sadece ticari bankaların açmış olduğu krediler değil, aynı zamanda tüm mali kuruluşların açtığı krediler de girmektedir.

Para arzındaki meydana gelen değişiklikler faiz oranında oynamalara neden olmaktadır. Bu durum, ikincil piyasadaki menkul kıymetlerin piyasa değerlerini ve elde bulunan servetin piyasa değerini etkilemektedir.

Para arzında görülen bir değişiklik faiz oranlarında değişime yol açmaktadır. Firmaların ve hane halkının ellerinde var olandan daha fazla para tutmaları onları, hisse senedi/tahvil alma yoluna itecektir. Çünkü tuttuğu parayı azaltmak ve bu aktörleri arttırarak parasal bir dengeye ulaşabileceklerdir. Fakat tek bir firma ya da hane halkının yaptığını herkes birden yapamayacaktır. Belli bir andaki toplam tahvil miktarı sabittir bu nedenle herkes birden tahvil miktarını arttıramayacaktır. Herkes sermaye piyasasına girip istemediği paralarıyla tahvil veya hisse senedi almaya çalışırsa bu durum mevcut tahvillerin ve hisse senetlerinin fiyatını yükseltecek faiz oranını ise düşürecektir.

Buna ek olarak para arzındaki değişiklikler belirli koşullar çerçevesinde hisse senedi fiyatlarını şirket kazançları aracılığıyla da etkileyebilmektedir (Öz, 2009, s. 117-119).

4.2.2.7. Faiz Oranlarındaki Değişiklikler

Faiz oranlarındaki değişiklikler, hisse senedi fiyatlarının oluşmasında büyük önem taşımaktadır. Hisse senedi fiyatları, piyasa faiz oranlarındaki değişimlerden ters yönde etkilenmektedir. Faiz oranı, para arzı ve fiyatlar genel seviyesinde meydana gelen değişikliklerden direkt etkilenmektedir. Para piyasasında meydana gelen değişimler ve

bu değişmelere bağlı olarak değişiklik gösteren faiz oranı, hisse senedi fiyatı üzerinde büyük etkiye sahip olmasıyla sonuçlanır. Para arzında herhangi bir nedenle meydana gelen bir artış, para piyasası aracılığıyla faiz oranının azalmasına neden olacaktır. Faiz oranı ile hisse senedi fiyatları arasında oluşan negatif ilişkiden dolayı, faiz oranının düşmesi hisse senedinin fiyatının yükselmesiyle sonuçlanacaktır. Sonuçta, para arzındaki yükselmeler belirli şartlar altında faiz oranını düşürürken, hisse senedi fiyatlarını yükselme eğilimi gösterecektir. Ekonomide para arzında artış olabileceği gibi azalma da olabilecektir. Böyle bir durumda, faiz oranları da yükselme eğilimi gösterecek. Yükselen faiz oranları, hisse senedi fiyatlarının düşmesine neden olacaktır.

Fiyatlar genel seviyesi artışları da faiz oranlarına doğrudan etki ederek egzojen faktör olarak kabul edilen bu faktörün değişmesine neden olacaktır. Enflasyon dönemlerinde faiz oranlarında da yükselme meydana gelecektir.

Faizlerin yüksek olması aynı zamanda hisse senedine olan talebin azalmasına neden olacaktır. Çünkü yüksek faizler, hisse senedine yatırım yapmak yerine alternatif yatırımlarda bulunmaya yöneltecektir.

Faiz oranları görüldüğü üzere hisse senedi fiyatları üzerine doğrudan etkisi olan bir faktördür. Faiz oranları yükseldiğinde hisse senedi fiyatları düşecek, faiz oranları düştüğünde ise hisse senedi fiyatları yükselme eğilimi gösterecektir. Bu doğrultuda yatırımcıların faiz oranlarının durumunu takip etmeleri ve buna göre yatırım yapmaları beklenmektedir.

Hisse senetlerinin hepsinin aynı anda fiyatını etkileyen en önemli değişken gerçek faiz oranıdır. Ekonominin hareketli olduğu dönemlerde şirketlerin kârı artar ve hisselerine talep artar, borsa fiyatları çok yükselecektir. Faizlerin ne yönde hareket edeceğini bilen bir birey, hisse senetlerinin ne yöne gideceğini de bilecektir (Öz, 2009, s. 119-120).

4.2.2.8. Diğer Faktörler

Hisse senedini etkileyen siyasi, politik, psikolojik ve toplumsal gelişmeler finans piyasaları üzerinde etkilidir. Meydana gelen gelişmeler, finans araçlarını farklı şekillerde etkilemişlerdir. Bu gelişmeler, hisse senedi fiyatları üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkili olabilmektedirler (Öz, 2009, s. 120).



BÖLÜM V

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

5.1. Literatür

Charitou ve Panagiotides (1999) çalışmalarında, UK'daki temel analizlerin hisse senedi fiyatlarına yansımayan öz kaynak değerlerini belirlemiş ve artık dönüşleri tahmin edip edemeyeceğini ampirik olarak incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında finansal bilgilerin gelecek bir yıllık kazancı ve nakit akış değişimlerini öngörmektedir, gelecek kazançlar ile nakit akışlar hisse senetlerine tamamen bağlı değildir. Aynı zamanda kazanç bazlı bir ticaret stratejisi, nakit akış bazlı bir ticaret stratejisine göre daha çok artık dönüş kazanmaktadır. Bu çalışma UK'daki belirli bir halka arz edilmiş firmaların artık dönüş kazançlarında, gelecek kazançlarda ve nakit akış tahminlerinde yararlı ampirik kanıtlar sunmaktadır.

Bicego ve Murino (2004) çalışmalarında düzlemsel şekillerin sınıflandırılması için Saklı Markov Modeli davranışları araştırmışlardır. Model seçme konusuna özellikle dikkat edilerek, kıvrım katsayıları tarafından temsil edilen her bir şekil için bir Saklı Markov Modeli eğitilmiştir. Test objeleri, eğitilmiş her Saklı Markov Modeli için beslenmiştir ve her obje hangi sınıfın modeline en çok benzerlik gösterdi ise o sınıfa dahil edilerek sınıflandırılmıştır. Üç farklı veri setinde yapılan testler göstermiştir ki önerilen sistem döndürme, tıkama, makaslama ve gürültü azaltması sonrasında objelerin, orijinallerinin değiştirilmiş aşamaları olduklarını tanımlayabilmektedir. Özünde olan kıvrım hassasiyetine rağmen sistem tüm bu değişimlere karşı dirençli olduğunu göstermiştir.

Tektaş ve Karataş (2004) çalışmalarında işletme problemlerinde yapay sinir ağlarının uygulanabilirliğini görmek amacıyla hisse senedi tahminlemesi yapılmışlardır. Birinci aşamada haftalık ve günlük verilere yapay sinir ağları yöntemi uygulanmıştır. Günlük veriler daha iyi sonuçlar vermiştir. İkinci aşamada yapay sinir ağları ve basit doğrusal regresyon modeli uygulanmıştır. Yapay sinir ağları 'nın daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

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 yapılu bir modelleme sunmaktadır. Farklı özellik setleri farklı belirgin sembollerle ilişkilendirilerek modelleme

detayları için çeşit ve esneklik sağlanmaktadır. Deneylerle desteklendiği üzere, belirgin sembollere sürekli özelliklerin eklenmesi belirgin bir şekilde tanımlama hassasiyetini arttırmaktadır. Aynı zamanda bu tanımlayıcıyı geliştirmek üzere çözüm yolları aranmaya başlanmıştır.

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 ele alınmıştır. Saklı Markov Modeli'nde ana amaç gözlem oluşum sürecine odaklanmayı sağlayan, özünde veriye dayanan modeller olmuştur. Zaman serisi analiz modelinin amacı karar modellerine dâhil edilmek üzere senaryolar oluşturmaktır. Karar sürecine dahil edildiğinde Saklı Markov Modeli bazlı senaryo oluşum modellerinin avantajlarının belirlenmesi için daha çok araştırma gerekse de elde edilen tek-değerli zaman serilerinin ön sonuçları hem genellenmiş otoregresif durumlus GARCH modeli hem de basit sürekli Saklı Markov Modeli bazlı modellerle kıyaslandığında umut vadecici bulunmuştur.

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 tahminlemeler yapılmıştır. Saklı Markov Modeli kullanılarak yapılan tahminlemede başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca Saklı Markov Modelinin iyi bir tahmin edici olduğu görülmüştür.

Ou ve Wang (2009) çalışmalarında 2000-2006 yılları arası günlük verilerden yararlanarak Hong Kong borsası endeks hareketlerini farklı veri madenciliği tekniğiyle tahmin etmeye çalışmıştır. Sonuçların başarılı olduğu gözlenmiştir.

Öz (2009) çalışmasında İMKB'de işlem gören hisse senedi değişim oranlarını, hisse senedini etkileyen egzojen faktörler yardımıyla tahmini üzerine bir uygulama gerçekleştirmiştir. Saklı Markov Modeli kullanılarak yapılan tahminlerde istenilen sonuçlar elde edilmiştir.

Ayodele ve arkadaşları (2012) çalışmalarında yapay sinir ağlarının uygulanmasında, hisse senedi tahmini için teknik analiz değişkenlerinin kullanılmasını tercih etmektedirler. Mevcut tekniği iyileştirmek için hisse senedi piyasasındaki göstergelere teknik ve temel analiz değişkenleri kullanılmış ve gelecekteki hisse senedi fiyatını tahmin etmeyi birleştiren hibrid bir yaklaşım üzerine çalışılmışlardır. Yalnızca teknik analiz değişkenlerinin kullanımında iyileşme görülmüştür. Hibridize yaklaşım ile elde edilen tahminler ise karar vericiler tarafından yeterli bulunmuştur.

D'Amico ve Petroni (2012) çalışmalarında ticareti yapılan hisselerin yüksek frekans fiyat dinamiklerini yarı-Markov yaklaşımı ile dönüş modeli kullanarak incelemişlerdir. Daha detaylı olarak gün içerisindeki dönüşlerin belirgin bir zaman homojen yarı-Markov süreci ile tanımlandığını ve gece dönüşlerinin Markov zinciri ile modellendiğini varsayarak ilk geçiş zaman dağılımı ve uçuculuk otokorelasyon fonksiyonu denklemleri türetilmiştir. Teorik sonuçlar gerçek verilerden elde edilen ampirik bulgularla karşılaştırılmıştır. Yarı-Markov hipotezi aynı zamanda parametrik olmayan hipotez testi ile de test edilmiştir. Bu çalışmada yüksek frekans hisse dönüşlerini modellemesi için bir yarı-Markov süreci uygulanmıştır. Monte Carlo simülasyonları ile yarı-Markov modelinin gerçek veri üzerinde görülen basit Markov modeli sonucundan çok daha iyi sonuç üretebildiği görülmüştür. Yarı-Markov ortamının borsa modellemesinde tercih edilmesi önerilmektedir.

Büyüktatlı, İşbilir ve Çetin (2013) çalışmalarında TAEK'in 1998-2009 yılları arasında yatırım programı başlangıç ödenekleri ile kurumun harcamalarının gerçekleşme yüzdelerini kullanmışlardır. Markov analizi yaklaşımı ile 2011 yılı yatırım programı gerçekleşme yüzdeliği tahmin edilmeye çalışılmıştır. Markov zincirinin işletmeler için yol gösterici niteliğinde olduğu anlaşılmıştır.

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) çalışmalarında 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. Markov zincirleri yönteminin kullanılmasının finans alanına ciddi katkılar sağlayacağı düşünülmüştür.

Özdemir ve Demireli (2014) çalışmalarında Markov zincirleri ile BİST teknoloji endeksinde işlem gören hisse senedi fiyatlarını 02.05.2012-30.04.2013 dönemi arasında günlük fiyatları kullanarak hisse senedinin uzun dönemli beklenen getirilerini hesaplamışlardır.

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.

Bayrakdaroğlu ve Mirgen (2016) çalışmalarında marka değerinin firmaların hisse senedi getirilerine olan etkisini belirlemek üzerine yapılmıştır. 2010-2014 yılları arasında BİST'te işlem gören 44 firmaya ait Brand Finance 'dan elde edilen marka ve BİST'ten alınan yıllık hisse senedi getirilerine panel regresyon analizi yapılmıştır. Marka değeri ve hisse senedi getirileri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür.

Kıral ve Mavruk (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 BIST 100 günlük verilerini bulanıklaştırıp sınıflandırmış ve bu durumlar arası geçişleri kullanarak geçiş olasılıkları matrisini oluşturmuşlardır. Bulanık durumlu Markov Zincirini oluşturup endeksin kapanış getirilerini tahmin etmişlerdir. Klasik Markov Modeli ile kıyaslandığında yatırımcılara daha yüksek bir tahmin doğruluğu sağladığını göstermişlerdir.

BÖLÜM VI

UYGULAMA

Döviz kuru, faiz oranı ve para arzı gibi egzogen faktörler kullanılarak BIST 100 endeksi 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. 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.

Endojen ve egzogen faktörler, hisse senedi üzerinde etkili olan faktörlerdir. Endojen faktörler, firma bünyesinden kaynaklanan faktörlerdir. Egzogen faktörler ise dış kaynaklı faktörlerdir.

Tablo 2

Endojen ve Egzogen Faktörler Arası Farklar

EGZOJEN FAKTÖRLER	ENDOJEN FAKTÖRLER
- Hisse senedi üzerinde daha belirleyici bir role sahip olmaları - Veri elde etme açısından elverişli olmaları - Yayınlanma aralıklarının aylık, haftalık, günlük ve dakikalık olabilmeleri	- Her şirketin kendi bünyesinde oluşacak değişikliklere ulaşmanın kolay olmaması - Verilerin elde edilmesinin zor olması - Verilerin elde edilse dahi yayınlanma tarihlerinin uzun aralıklarda olması

Yukarıdaki tabloda belirtildiği nedenlerden dolayı çalışmamızda belirli egzogen faktörler baz alınmış, endojen faktörlere yer verilmemiştir. Egzogen 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.

Dolar kuru, faiz oranı ve para arzı uygulamada yer alan egzogen faktörlerdir. Bu faktörlerin hisse senedi üzerine etkisini kısaca tekrar incelendiğimizde:

Döviz kurunda meydana gelen bir değişiklik hisse senedi fiyatında da değişikliğe neden olacaktır. Çünkü döviz ve hisse senedi birbiri yerine kullanılan yatırım araçlarıdır. Döviz fiyatında bir yükselme hisse senedine olan talebi azaltacaktır. Bunun sonucunda hisse senedi değer kaybedecektir. Döviz fiyatında meydana gelen düşüş ise bu durumu tersine çevirecektir. Döviz fiyatı düşerken hisse senedine olan talep artacak ve bu durum hisse senedi fiyatını yükseltecektir.

Faiz oranı hisse senedi fiyatını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Faiz oranında meydana gelen bir değişiklik hisse senedi fiyatında doğrudan bir etki yaratmaktadır. Bu doğrultuda faiz oranında yaşanan bir artış hisse senedi fiyatında bir azalmaya neden olacaktır.

Hisse senedini etkileyen bir diğer faktör ise para arzıdır. Para arzında meydana gelen bir artış toplam harcamaları, mal ve hizmetlere olan talebi, şirketlerin kazancını, hisse senetlerine olan talebi arttıracaktır. Bu durumda hisse senedi değer kazanacak ve fiyatı yükselecektir. Ayrıca para arzında meydana gelen artış toplam harcamaları arttırarak hisse senedi fiyatlarını yükseltecek, fiyatlar ise faiz oranını etkileyerek artış sağlayacaktır.

Para arzı son olarak ise para piyasası aracılığıyla etkinlik gösterecektir. Para arzındaki artış doğrudan faiz oranını etkileyip, düşürecektir. Bu durum hisse senedi fiyatında artışa neden olacaktır.

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 dahil 144 aylık değer kullanılmıştır. Aylık değişim oranları, değerlerin bir önceki ay değerlerine oran olarak hesaplanması ile elde edilir. 143 ayın değerleri kullanılarak bu değerler hesaplanmıştır. Başlangıç oranı 2006 yılı Ocak ayıdır ve son oran 2017 yılı Kasım ayı için hesaplanmıştır.

Dolar kurları için 2005 Aralık ayından 2017 Kasım ayı dahil 144 aylık değerden oluşmaktadır. BIST 100 endeksine uygulanan değişim aralığı dolar kurları içinde aynı şekilde uygulanmıştır. Aylık değişim oranları, değerlerin bir önceki ay değerlerine

oranlarak hesaplanması ile elde edilir. Toplam 143 aylık değişim oran değeri elde edilmiştir.

Bir diğer egzojen faktörlerden olan faiz oranları verileri 2005 Aralık ayından 2017 Kasım ayı dahil 144 aylık değerden oluşmaktadır. Aylık değişim oranları değerlerin bir önceki ay değerlerine oranlarak hesaplanmıştır. Toplam 143 aylık değişim oran değeri bulunmaktadır.

Modelde yer alan ve hisse senedi fiyatına etki eden son egzojen faktör ise para arzıdır. Merkez Bankası tarafından para arzı genelde M1, M2, M3 ifadeleri ile 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 oranlarak hesaplanmıştır. Toplam 143 aylık değişim oran değeri bulunmaktadır.

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

Dolar kurlarında değişim oranları hesaplandıktan sonra bu değerleri gruplandırmak için artma ve azalma ortalamaları baz alınmıştır. 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.

Tablo 3

Dolar Kuru Durum Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi

Değişim Oran Aralığı (<i>D.O.</i>)	Gösterge
$0 \leq D.O. < 0,031$	PD1
$D.O. \geq 0,031$	PD2
$-0,02 < D.O. < 0$	ND1
$D.O. \leq -0,02$	ND2

Faiz oranlarında değişim oranları hesaplandıktan sonra bu değerleri gruplandırma, artma ve azalma ortalamaları baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Artma değerleri ortalaması 0,034 bulunmaktadır. Sıfır 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 NP2 ile ifade edilmiştir.

Tablo 4

Faiz Oranı Durum Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi

Değişim Oran Aralığı (<i>D.O.</i>)	Gösterge
$0 \leq D.O. < 0,036$	PF1
$D.O. \geq 0,036$	PF2
$-0,034 < D.O. < 0$	NF1
$D.O. \leq -0,034$	NF2

Para arzının değişim oranları hesaplandıktan sonra bu değerleri gruplandırma; artma ve azalma ortalamaları baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Artma değerleri ortalaması 0,034 bulunmaktadır. Sıfır 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.

Tablo 5

Para Arzı Durum Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi

Değişim Oran Aralığı ($D.O$)	Gösterge
$0 \leq D.O. < 0,034$	PP1
$D.O. \geq 0,034$	PP2
$-0,02 < D.O. < 0$	NP1
$D.O. \leq -0,02$	NP2

Uygulamada kullanılan egzojen 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. Aşağıdaki tablo olarak durumlar özetlenmiştir.

Tablo 6

Alt Durumların Karşılıklı Meydana Gelmesi ile Oluşan Durumlar

ND2	NF2	NP2	Oluşmamış
ND2	NF2	NP1	Oluşmamış
ND2	NF2	PP1	D1
ND2	NF2	PP2	Oluşmamış
ND2	NF1	NP2	D2
ND2	NF1	NP1	D3
ND2	NF1	PP1	D4
ND2	NF1	PP2	Oluşmamış
ND2	PF1	NP2	D5
ND2	PF1	NP1	Oluşmamış
ND2	PF1	PP1	D6
ND2	PF1	PP2	D7
ND2	PF2	NP2	D8
ND2	PF2	NP1	D9
ND2	PF2	PP1	Oluşmamış
ND2	PF2	PP2	Oluşmamış
ND1	NF2	NP2	D10
ND1	NF2	NP1	D11
ND1	NF2	PP1	D12
ND1	NF2	PP2	Oluşmamış
ND1	NF1	NP2	D13
ND1	NF1	NP1	Oluşmamış
ND1	NF1	PP1	D14
ND1	NF1	PP2	D15
ND1	PF1	NP2	D16
ND1	PF1	NP1	D17
ND1	PF1	PP1	D18
ND1	PF1	PP2	D19
ND1	PF2	NP2	D20
ND1	PF2	NP1	D21
ND1	PF2	PP1	Oluşmamış
ND1	PF2	PP2	D22
PD1	NF2	NP2	D23
PD1	NF2	NP1	D24
PD1	NF2	PP1	D25
PD1	NF2	PP2	D26
PD1	NF1	NP2	D27
PD1	NF1	NP1	D28
PD1	NF1	PP1	D29
PD1	NF1	PP2	D30

(Tablo 6 devamı)

PD1	PF1	NP2	Oluşmamış
PD1	PF1	NP1	D31
PD1	PF1	PP1	D32
PD1	PF1	PP2	D33
PD1	PF2	NP2	Oluşmamış
PD1	PF2	NP1	D34
PD1	PF2	PP1	D35
PD1	PF2	PP2	D36
PD2	NF2	NP2	D37
PD2	NF2	NP1	Oluşmamış
PD2	NF2	PP1	D38
PD2	NF2	PP2	D39
PD2	NF1	NP2	Oluşmamış
PD2	NF1	NP1	Oluşmamış
PD2	NF1	PP1	D40
PD2	NF1	PP2	D41
PD2	PF1	NP2	D42
PD2	PF1	NP1	D43
PD2	PF1	PP1	D44
PD2	PF1	PP2	D45
PD2	PF2	NP2	D46
PD2	PF2	NP1	D47
PD2	PF2	PP1	D48
PD2	PF2	PP2	D49

2005 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 49×49 boyutunda bir matris elde edilmiştir.

Saklı Markov Modeli'nde her bir duruma ait gözlem ve gözlem olasılıkları bulunmaktadır. Gözlem değerleri geçiş olasılık matrisindeki durumlara göre oluşmaktadır ve Borsa İstanbul 100 endeksi değişim oranları gözlemlere karşılık gelmektedir. Döviz kuru, faiz oranı ve para arzında yapıldığı gibi Borsa İstanbul değişim oranları da artma ve azalma ortalamalarına göre dört alt gruba ayrılmıştır. Ortalama değerlere göre yapılan sınıflandırma aşağıdaki gibidir:

Tablo 7

BIST 100 Endeksi Gözlem Dizisi İçin Tanımlama Göstergesi

Değişim Oran Aralığı (D.O)	Gösterge
$0 \leq D.O. < 0,05$	G1
$D.O. \geq 0,05$	G2
$-0,05 < D.O. < 0$	G3
$D.O. \leq -0,05$	G4

Artma değerleri ortalaması 0,05 bulunmaktadır. Sıfır 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.

2006 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 49×4 boyutlu bir matristir.

Başlangıç durum olasılıkları model parametrelerinden biridir ve bu olasılık her bir durumun eşit bir şekilde meydana gelmesinden dolayı bütün durumlar için olasılıklar eşit olarak alınmıştır. Çünkü modelde bulunan durumların 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 Modelinin algoritmaları MatlabR2017a yazılım programı içerisinde bulunan Saklı Markov Modeli algoritması kullanılarak uygulama gerçekleştirilmiştir.

6.1. 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 8'de verilmiştir.

Tablo 8

2017 Yılı Aralık Ayı için Tahmin Edilen Gözlem Olasılıkları

Gözlem	Gözlem Olasılığı (%)
G1	57,50
G2	22,50
G3	10,00
G4	10,00

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 algoritması 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.

Tablo 9

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 olarak elde edilmiştir. Ek1’de verildiği üzere 2017 yılı Aralık ayı için D35 durumu gözlenmektedir. Bu doğrultuda yapılan tahminin çok etkili olmadığı sonucuna varılabilir ama alt durumlara bakıldığında G1 gözlemine ait tahmin edilen D26 durumunun alt durumları PD1, NF2, PP2 olup gerçek verilerin alt durumları PD1, PF2, PP1 olmaktadır. Tahmin edilen alt durumlar doğrultusunda dolar kurunda ortalama artma oranından daha küçük bir artma beklenirken, ortalama artma oranından daha küçük bir artma meydana gelmiştir. Faiz oranında ortalama azalma oranından daha küçük bir artma beklenirken, ortalama artma oranından daha büyük bir artma meydana gelmiştir. Para arzında ise ortalama artma oranından daha büyük bir artma beklenirken, ortalama artma oranından daha küçük bir artma meydana gelmiştir. Viterbi algoritması ile elde edilen bu sonuçlara baktığımızda tam değerleri bulamamak da yaklaşık sonuçlar elde edildiği söylenebilmektedir.

6.2. 2017 Yılı Aralık Ayı Tahmininin Baum-Welch Algoritması İle Kontrolü

2017 yılı Aralık ayına ilişkin İleri-geri yön ve Viterbi algoritması yardımıyla gözlemlenme olasılığı ve bu gözlemlere ait saklı durumlar belirlenmiştir. Bu analizlerde kullanılan zamanda herhangi bir gözlemin oluşma olasılığını maksimum yaparak model parametreleri yeniden düzenlenebilir.

2017 yılı Aralık ayı için yapılacak bu işlem Baum-Welch Algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Baum-Welch Algoritması kullanılarak, bir gözlemin oluşma olasılığı maksimum yaparak model parametrelerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. Model

parametreleri tahmini sonucu, yeni parametreler kullanılarak parametre düzenlemesinin yapıldığı gözlem olasılığı %100 olarak elde edilmiştir.

6.3. 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. Modelde yer alan her bir değişken için artma ve azalma ortalamalarına göre alt gruplar 2017 Aralık ayı tahmini için yapılan gruplandırma gibi yapılmış olup aşağıdaki gibidir:

Tablo 10

2016 Ekim Ayı Tüm Durum ve Gözlem Dizisi için Tanımlama Göstergeleri

BIST Değişim Oranı (D.O)	Döviz Kuru Değişim Oranı (D.O)	Faiz Oranı Değişim Oranı (D.O)	Para Arzı Değişim Oranı (D.O)
$0 \leq D.O. < 0,052$ (G1)	$0 \leq D.O. < 0,029$ (PD1)	$0 \leq D.O. < 0,034$ (PF1)	$0 \leq D.O. < 0,034$ (PP1)
$D.O. \geq 0,052$ (G2)	$D.O. \geq 0,029$ (PD2)	$D.O. \geq 0,034$ (PF2)	$D.O. \geq 0,034$ (PP2)
$-0,051 < D.O. < 0$ (G3)	$-0,019 < D.O. < 0$ (ND1)	$-0,038 < D.O. < 0$ (NF1)	$-0,026 < D.O. < 0$ (NP1)
$D.O. \leq -0,051$ (G4)	$D.O. \leq -0,019$ (ND2)	$D.O. \leq -0,038$ (NF2)	$D.O. \leq -0,026$ (NP2)

Tablo11

2013 Temmuz Ayı Tüim Durum ve Gözlem Dizisi için Tanımlama Göstergeleri

BIST Oranı (D.O)	Değişim Oranı (D.O)	Döviz Kuru Değişim Oranı (D.O)	Faiz Oranı Değişim Oranı (D.O)	Para Değişim Oranı (D.O)	Arzı Oranı
$0 \leq D.O. < 0,06$ (G1)		$0 \leq D.O. < 0,031$ (PD1)	$0 \leq D.O. < 0,028$ (PF1)	$0 \leq D.O. < 0,036$ (PP1)	
$D.O. \geq 0,06$ (G2)		$D.O. \geq 0,031$ (PD2)	$D.O. \geq 0,028$ (PF2)	$D.O. \geq 0,036$ (PP2)	
$-0,06 < D.O. < 0$ (G3)		$-0,02 < D.O. < 0$ (ND1)	$-0,039 < D.O. < 0$ (NF1)	$-0,034 < D.O. < 0$ (NP1)	
$D.O. \leq -0,06$ (G4)		$D.O. \leq -0,02$ (ND2)	$D.O. \leq -0,039$ (NF2)	$D.O. \leq -0,034$ (NP2)	

Tablo 12

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

Aylar	Saklı modeli ile $\hat{R}_t$	Markov	Viterbi algoritması ile elde edilen saklı durum Tahmini	Gerçek Değer (R_t)	Gerçek Karşılık Saklı Durum	Değere Gelen
2016 Ekim	G1 ($0 \leq D.Y < 0,052$)	G1	D36 (PD2, NF2, NP1)	G1 (0,0096)	D40 (PD2, NF1, PP1)	
2013 Temmuz	G2 ($D.Y \geq 0,06$)	G2	D24 (PD1, NF2, PP2)	G3 (-0,026)	D33 (PD1, PF1, PP2)	

2013 Temmuz ayı için ileri-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 değerler söz konusudur.

2016 Ekim ayı için ileri-geri yön algoritması ile elde edilen en büyük gözlem değeri G1'dir ve G1'yi en iyi açıklayan saklı durum ise D36 (PD2, NF2, NP1) bulunmuştur. 2016 yılı Ekim ayı gerçek değerlerine bakıldığında ise gözlem değeri G1 ve saklı durumu D40 (PD2, NF1, PP1)'tır. Bu durum sonucunda ileri-geri yön algoritması

ile elde edilen sonuçlar birbiriyle uyum göstermektedir. Saklı durum değerlerine bakıldığında ise bire bir örtüşmese de yaklaşık değerler söz konusudur.



BÖLÜM VII

SONUÇ

BIST 100 endeksi değişim oranı, bazı egzojen faktörler kullanılarak geleceğe yönelik bir tahminleme ile gerçekleştirilmiştir. Bu tahminleme Saklı Markov Modeli kullanılarak yapılmıştır.

BIST 100 endeksi değişim oranını etkileyen egzojen faktörler; döviz kuru, faiz oranı ve para arzıdır. Modelde bulunan egzojen faktörlerin her biri için değişim oranları hesaplanmış ve her biri kendi içinde artma ve azalma ortalamalarına göre alt gruplara ayrılmıştır. Her bir grup kendi arasında dört gruba ayrılmıştır. Her bir grubun alt durumlarının aynı anda oluşması sonucunda “*durumlar*” meydana gelmiştir.

BIST 100 endeksi değişim oranları ise gözlem olarak kabul edilip gözlem kümesini oluşturmuştur. 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 oranları ise gözlem değerleri olarak ele alınmıştır.

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.

Baum-Welch Algoritması kullanılarak, bir gözlemin oluşma olasılığı maksimum yaparak model parametrelerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. 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 edilmiştir.

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 örtüşmese de yakın sonuçlar gözlemlenmiştir.



KAYNAKÇA

- Adebiyi, A. A., Ayo, C. K., Adebiyi, M. O., & Otokiti, S. O. (2012). Stock price prediction using neural network with hybridized market indicators. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3(1), 1-9.
- Becchetti, C., & Ricotti, K. P. (2004). *Speech recognition: Theory and C++ Implementation (With CD)*. John Wiley & Sons.
- Bhar, R., Hamori, S. (2004). *Hidden markov models applications to financial economics*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- 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.
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2013). *Time series: theory and methods*. Springer Science & Business Media.
- Büyüktatlı, F., İşbilir, S., & Çetin, E. İ. (2013). Markov analizi ile yıllık ödeneklere bağlı bir tahmin uygulaması. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1).
- Can, C. E., Ergün, G., & Gökçeoğlu, C. (2013). Bilecik çevresinde deprem tehlikesinin saklı markov modeli ile tahmini. <http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/pdf/TDMSK100.pdf> (Erişim Tarihi: 11.09.2017)
- Can, T. (2006). *Sektörler arası ilişkilerin markov zincirleri ile analizi ve tahmini: Türkiye örneği*. İstanbul: Derin Yayınları.
- Can, T., & Öz, E. (2009). Marka tercihlerine ve tercih nedenlerine gizli markov modelinin uygulanması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2).
- Can, T., & 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., & Doğukanlı, H. (2012). Finansal pazarlar. *Baskı, Karahan Kitabevi, Adana*.
- Cerit, C., & Yüksel, M. (1993). Olasılık. Üçüncü Baskı, İstanbul: Beta Yayınevi.
- Chan, N. H. (2003). Time Series: Applications to Finance. *IIE Transactions*, 35(12), 1143-1145.
- Charitou, A., & Panagiotides, G. (1999). Financial analysis, future earnings and cash flows, and the prediction of stock returns: Evidence for the UK. *Accounting and Business Research*, 29(4), 281-298.

- Chung, K. L., & Walsh, J. B. (2005). *Markov processes, Brownian motion, and time symmetry* (Vol. 249). Springer Science & Business Media.
- Cinemre, N. (2003). *Yöneylem araştırması*. İstanbul: Evrim Yayınevi.
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2013). *Time series: theory and methods*. Springer Science & Business Media, s.9.
- D'Amico, G., & Petroni, F. (2012). A semi-Markov model for price returns. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(20), 4867-4876.
- Dupacova, Jitka, Hurt, J., Stepan, J. (2002). *Stochastic modeling in economics and finance*. Kluwer Academic Publishers, United States Of America.
- Öz, E. (2009). İstanbul Menkul Kıymetler Borsası üzerine Saklı Markov Modeli ile tahminleme. *Ekonomik Yaklaşım*, 20(72), 59-85.
- Öz, E. (2009). *İstanbul menkul kıymetler borsası üzerine saklı markov modeli ile bir tahminleme*. Marmara Üniversitesi. İstanbul.
- Ewens, W. J., & Grant, G. R. (2006). *Statistical methods in bioinformatics: an introduction*. Springer Science & Business Media.
- Gnedenko, B., & Ushakov, I. A. (1995). *Probabilistic reliability engineering*. John Wiley & Sons.
- Halaç, O. (1991). *Kantitatif karar verme teknikleri (Yöneylem Araştırması)*. İstanbul: Evrim Dağıtım.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis* (Vol. 2). Princeton: Princeton University press.
- Hurt, J., & Stepan, J. (2002). *Stochastic modeling in economics and finance* (Vol. 75). Springer Science & Business Media.
- İlarslan, K. (2014). Hisse Senedi Fiyat Hareketlerinin Tahmin Edilmesinde Markov Zincirlerinin Kullanılması: İMKB 10 Bankacılık Endeksi İşletmeleri Üzerine Ampirik Bir Çalışma/The use of Markov Chains for the Prediction of Stock Price Movements: An Empirical Study on the ISE 10 Banking Index Firms. *Journal of Yaşar University*, 9(35), 6158-6198.
- Karan, M. B. (2011). *Yatırım analizi ve portföy yönetimi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Karlsson, M. (2004). Hidden Markov Models. http://www.math.chalmers.se/~olleh/Markov_Karlsson.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.
- Kloeden, P. E., & Platen E. (1995). Numerical Solution of Stochastic Differential Equations, Second Corrected Printing, United States of America: Springer-Verlag, s.5.
- Kültür, A., Ç. “Borsa endeksini etkileyen ynsurlar”, Aralık – 1998, <http://www.angelfire.com/ca/Soytari> Kral/SEMINER.html#_Toc439402716, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi, (20 Aralık 2017).
- Lawrence, C. Evans, (2001). An introduction to stochastic differential equations lecture notes, Version 1.2., California.
- Lou, H. L. (1995). Implementing the Viterbi algorithm. *IEEE Signal processing magazine*, 12(5), 42-52.
- Marshall, A. H., & Sterritt, R. (2005, August). Clustering gene expression data using continuous Markov models. In *Computational Systems Bioinformatics Conference, 2005. Workshops and Poster Abstracts. IEEE* (pp. 314-321). IEEE.
- Mavruk, C., & 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., & Toscani, D. (2007). Hidden Markov models for scenario generation. *IMA Journal of Management Mathematics*, 19(4), 379-401.
- Niesler, T. R. (1997). *Category-based statistical language models*. Doctoral dissertation, University of Cambridge.
- Yet, N. (1987). Borsalarda hisse senedi fiyatları neden değişiyor?. *Para ve Sermaye Piyasası Dergisi*, 9(102), 10.
- Ou, P., & Wang, H. (2009). Prediction of stock market index movement by ten data mining techniques. *Modern Applied Science*, 3(12), 28.
- Özcan, G. (2015). Saklı Markov Modelleri ve uygulamaları. *Akademik Bilişim*, 15, 1-10.
- Öztürk, A. (2011). *Yöneylem araştırması*. İstanbul: Ekin Kitabevi.
- Rabiner, L. R., & Juang, B. H. (1993). Fundamentals of speech recognition, United States of America-New Jersey: Prentice Hall International Inc., Prentice Hall Signal Processing Series
- Brealey, R. (1984). An introduction to risk and return from common stocks (Second Edition). *Massachusetts Institute of Technology*, 72-73.

- Sayılğan, G. (2004). *Hisse senetleri piyasası endeksleri kuram uygulama bir model önerisi*. Ankara: Turhan Kitabevi Yayınları.
- Schliep, A., Georgi, B., Rungsarityotin, W., Costa, I., & Schonhuth, A. (2004). The general hidden markov model library: Analyzing systems with unobservable states. *Proceedings of the Heinz-billing-price, 2004*, 121-135.
- Tuncer, S. (1987). Hisse senedi fiyatlarını etkileyen faktörler. *Para ve Sermaye Piyasası Dergisi*, 9(102), 16.
- Steeb, W. H., Hardy, Y., & Stoop R. (2005). *The Nonlinear Workbook, 3rd Edition*, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005, s.472.
- Steele, J. M. (2001). *Stochastic calculus and financial applications*. New York: Springer-Verlag.
- Stirzaker, D. (2003). *Elementary probability*. Cambridge University Press.
- Tijms, H. C. (2003). *A first course in stochastic models*. John Wiley and sons.
- Vaseghi, S. V. (2007). *Multimedia signal processing: theory and applications in speech, music and communications*. John Wiley & Sons.
- Xue, H., & 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.
- Yılmaz, N. T., & Can, T. (2016). The Analysis of Foreign Direct Investment with Hidden Markov Model: Evidence from Turkey. *International Journal of Economic Perspectives*, 10(2).

EKLER

Ek 1: Uygulamada Kullanılan Veriler.

		ABD Doları Alış Fiyatları		Mevduat Faiz Oranları		Para Arzı: M1			BIST 100 Endeksi	
		Değişim Oranı	Alt Durum	Değişim Oranı	Alt Durum	Değişim Oranı	Alt Durum		Değişim Oranı	
Yıl	Ay	(%)		(%)		(%)		DURUM	(%)	GÖZLEM
2006	1	-0,01321	ND1	-0,03268	NF1	-0,06541	NP2	D13	0,128647	G2
	2	-0,00585	ND1	-0,00715	NF1	0,04505	PP2	D15	0,044318	G1
	3	0,006489	PD1	-0,02029	NF1	-0,03481	NP2	D27	-0,03073	G3
	4	0,001651	PD1	-0,02405	NF1	0,034736	PP2	D30	-0,00708	G3
	5	0,062314	PD2	-0,01232	NF1	0,109054	PP2	D41	-0,06155	G4
	6	0,126604	PD2	0,117117	PF2	0,054897	PP2	D49	-0,15146	G4
	7	-0,02641	ND2	0,066377	PF2	-0,06095	NP2	D8	0,015242	G1
	8	-0,05713	ND2	0,001745	PF1	0,01812	PP1	D6	0,04655	G1
	9	0,006806	PD1	0,020325	PF1	0,008783	PP1	D32	0,014516	G1
	10	0,002785	PD1	0,006261	PF1	0,000462	PP1	D32	0,026955	G1
	11	-0,01708	ND1	0,012443	PF1	-0,02953	NP2	D16	0,011482	G1
	12	-0,01697	ND1	0,011173	PF1	0,090266	PP2	D19	0,002095	G1
2007	1	-0,00463	ND1	0,009945	PF1	-0,10477	NP2	D16	0,018704	G1
	2	-0,02082	ND2	-0,01313	NF1	-0,01329	NP1	D3	0,078741	G2
	3	0,00908	PD1	-0,00055	NF1	0,033016	PP1	D29	-0,02378	G3
	4	-0,03393	ND2	-0,00943	NF1	0,027072	PP1	D4	0,099579	G2
	5	-0,01728	ND1	-0,00504	NF1	0,01676	PP1	D14	-0,00956	G3
	6	-0,01251	ND1	-0,00169	NF1	0,057354	PP2	D15	0,001961	G1
	7	-0,02982	ND2	-0,01522	NF1	-0,00628	NP1	D3	0,130875	G2
	8	0,025321	PD1	0,003434	PF1	0,034702	PP2	D33	-0,05722	G4
	9	-0,03591	ND2	-0,00856	NF1	-0,0248	NP2	D2	0,054581	G2
	10	-0,05131	ND2	-0,01669	NF1	-0,0023	NP1	D3	0,095734	G2
	11	-0,0099	ND1	-0,01697	NF1	0,013236	PP1	D14	-0,03414	G3
	12	-0,00995	ND1	0,003571	PF1	0,053927	PP2	D19	0,017602	G1
2008	1	-0,00215	ND1	-0,03737	NF2	-0,06688	NP2	D10	-0,11999	G4
	2	0,015153	PD1	-0,01047	NF1	0,014232	PP1	D29	-0,08183	G4
	3	0,037204	PD2	0,007472	PF1	0,05736	PP2	D45	-0,07229	G4
	4	0,052207	PD2	-0,00124	NF1	0,032832	PP1	D40	0,018492	G1
	5	-0,03834	ND2	0,032178	PF1	-0,02485	NP2	D5	-0,01611	G3
	6	-0,01539	ND1	0,040767	PF2	0,041994	PP2	D22	-0,07765	G4

	7	-0,01454	ND1	0,009793	PF1	-0,00112	NP1	D17	-0,03947	G3
	8	-0,03082	ND2	0	PF1	-0,03034	NP2	D5	0,118754	G2
	9	0,048583	PD2	0,017684	PF1	0,110026	PP2	D45	-0,09876	G4
	10	0,198129	PD2	0,037556	PF2	-0,02994	NP2	D46	-0,24215	G4
	11	0,077776	PD2	0,016207	PF1	-0,0221	NP2	D42	-0,10292	G4
	12	-0,03088	ND2	-0,03509	NF1	0,002215	PP1	D4	0,019257	G1
2009	1	0,03265	PD2	-0,17851	NF2	-0,02481	NP2	D37	0,011912	G1
	2	0,03984	PD2	-0,14152	NF2	0,0633	PP2	D39	-0,0405	G3
	3	0,031577	PD2	-0,07969	NF2	0,008069	PP1	D38	-0,03402	G3
	4	-0,05889	ND2	-0,02547	NF1	0,014344	PP1	D4	0,181518	G2
	5	-0,03266	ND2	-0,03484	NF1	0,012713	PP1	D4	0,188196	G2
	6	-0,00772	ND1	0,011733	PF1	0,011782	PP1	D18	0,041099	G1
	7	-0,01694	ND1	-0,0446	NF2	0,01544	PP1	D12	0,087152	G2
	8	-0,02277	ND2	-0,09244	NF2	0,004734	PP1	D1	0,186936	G2
	9	0,00406	PD1	-0,09053	NF2	0,05619	PP2	D26	0,023198	G1
	10	-0,01555	ND1	-0,07579	NF2	-0,01063	NP1	D11	0,071292	G2
	11	0,012231	PD1	-0,0355	NF1	0,083885	PP2	D30	-0,05688	G4
	12	0,01317	PD1	0,05203	PF2	0,02269	PP1	D35	0,070881	G2
2010	1	-0,02214	ND2	-0,02654	NF1	-0,05502	NP2	D2	0,081818	G2
	2	0,026761	PD1	-0,03222	NF1	0,030107	PP1	D29	-0,04651	G3
	3	0,015113	PD1	0,03073	PF1	-0,00846	NP1	D31	0,034365	G1
	4	-0,02646	ND2	0,001242	PF1	0,035855	PP2	D7	0,089681	G2
	5	0,031544	PD2	0,023573	PF1	0,014572	PP1	D44	-0,05029	G4
	6	0,023118	PD1	0,024242	PF1	0,039105	PP2	D33	-0,00014	G3
	7	-0,02163	ND2	-0,03077	NF1	0,007756	PP1	D4	0,046268	G1
	8	-0,02258	ND2	-0,02564	NF1	0,025546	PP1	D4	0,018263	G1
	9	-0,00847	ND1	-0,00125	NF1	0,029354	PP1	D14	0,066905	G2
	10	-0,04732	ND2	-0,02635	NF1	0,0026	PP1	D4	0,088743	G2
	11	0,007803	PD1	0,007732	PF1	0,012841	PP1	D32	-0,00274	G3
	12	0,058495	PD2	-0,01662	NF1	0,098349	PP2	D41	-0,03734	G3
2011	1	0,026879	PD1	-0,09623	NF2	-0,05936	NP2	D23	0,010574	G1
	2	0,018671	PD1	-0,01583	NF1	0,022576	PP1	D29	-0,03569	G3
	3	-0,00516	ND1	0,00731	PF1	0,015648	PP1	D18	-0,02197	G3
	4	-0,0375	ND2	0,007257	PF1	0,025197	PP1	D6	0,082347	G2
	5	0,032025	PD2	-0,02738	NF1	0,017022	PP1	D40	-0,03637	G3
	6	0,019088	PD1	0,04	PF2	0,036528	PP2	D36	-0,04652	G3

	7	0,033062	PD2	0,042735	PF2	0,007161	PP1	D48	-0,00251	G3
	8	0,059223	PD2	0	PF1	0,061124	PP2	D45	-0,12553	G4
	9	0,02424	PD1	-0,02596	NF1	-0,03471	NP2	D27	0,049362	G1
	10	0,022704	PD1	0,025245	PF1	0,000671	PP1	D32	0,004232	G1
	11	-0,01275	ND1	0,120383	PF2	-0,02169	NP2	D20	-0,05985	G4
	12	0,030528	PD1	0,091575	PF2	0,039899	PP2	D36	-0,02612	G3
2012	1	-0,01071	ND1	-0,0302	NF1	-0,07566	NP2	D13	0,015832	G1
	2	-0,04777	ND2	-0,05536	NF2	5,40E-05	PP1	D1	0,125622	G2
	3	0,016107	PD1	0,04884	PF2	0,002014	PP1	D35	0,013122	G1
	4	0,000306	PD1	0,008149	PF1	0,028435	PP1	D32	-0,00297	G3
	5	0,009616	PD1	0,027714	PF1	-0,00428	NP1	D31	-0,06028	G4
	6	0,010638	PD1	0,007865	PF1	0,072946	PP2	D33	0,024595	G1
	7	-0,00616	ND1	-0,08361	NF2	-0,02717	NP2	D10	0,070109	G2
	8	-0,01055	ND1	-0,08151	NF2	0,025555	PP1	D12	0,041685	G1
	9	0,005482	PD1	-0,02252	NF1	0,058359	PP2	D30	0,033472	G1
	10	-0,00083	ND1	-0,06369	NF2	0,018789	PP1	D12	0,027819	G1
	11	-0,00484	ND1	-0,01737	NF1	-0,04734	NP2	D13	0,03267	G1
	12	-0,00356	ND1	-0,0162	NF1	0,174996	PP2	D15	0,073824	G2
2013	1	-0,00856	ND1	-0,05689	NF2	-0,05651	NP2	D10	0,068749	G2
	2	0,003439	PD1	-0,06032	NF2	0,000722	PP1	D25	-0,04692	G3
	3	0,021058	PD1	0,011824	PF1	0,053397	PP2	D33	0,056306	G2
	4	-0,00593	ND1	-0,05008	NF2	-0,00636	NP1	D11	0,018476	G1
	5	0,014643	PD1	-0,0703	NF2	0,056348	PP2	D26	0,06885	G2
	6	0,039354	PD2	0,122873	PF2	0,063403	PP2	D49	-0,15298	G4
	7	0,018988	PD1	0,094276	PF2	-0,00337	NP1	D34	-0,02569	G3
	8	0,012547	PD1	0,083077	PF2	0,045223	PP2	D36	-0,03679	G3
	9	0,031945	PD2	0,00142	PF1	0,022453	PP1	D44	0,017013	G1
	10	-0,0133	ND1	-0,04539	NF2	-0,00809	NP1	D11	0,0591	G2
	11	0,015792	PD1	0,034175	PF2	-0,00061	NP1	D34	-0,0303	G3
	12	0,017853	PD1	0,047414	PF2	0,056683	PP2	D36	-0,0525	G4
2014	1	0,077263	PD2	0,171468	PF2	-0,01132	NP1	D47	-0,06875	G4
	2	-0,00184	ND1	0,117096	PF2	-0,00549	NP1	D21	-0,03766	G3
	3	0,002276	PD1	0,054507	PF2	0,036034	PP2	D36	0,017799	G1
	4	-0,04073	ND2	-0,02485	NF1	-0,01746	NP1	D3	0,123331	G2
	5	-0,01723	ND1	-0,05708	NF2	-0,00509	NP1	D11	0,053401	G2
	6	0,011918	PD1	-0,05514	NF2	0,06136	PP2	D26	0,033291	G1

	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40
D1	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0
D5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,3
D7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D10	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D11	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0
D12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
D13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D15	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0
D18	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,2
D19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
D21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
D22	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
D26	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0	0	0
D28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D29	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
D31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
D32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
D33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
D35	0	0	0	0,2	0	0	0	0,4	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
D36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
D38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
D40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,2
D41	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
D45	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
D46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D47	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
D49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0

Ek 3: Gözlem Olasılıkları matrisi

	G1	G2	G3	G4
D1	0	1	0	0
D2	0	1	0	0
D3	0	1	0	0
D4	0,4	0,6	0	0
D5	0	0,5	0,5	0
D6	0,7	0,3	0	0
D7	0	1	0	0
D8	1	0	0	0
D9	0	1	0	0
D10	0	0,7	0	0,3
D11	0,3	0,8	0	0
D12	0,5	0,5	0	0
D13	0,7	0,3	0	0
D14	0,3	0,3	0,5	0
D15	0,5	0,3	0,3	0
D16	1	0	0	0
D17	0,3	0,3	0,3	0
D18	0,4	0,2	0,3	0
D19	1	0	0	0
D20	0	0	0	1
D21	0	0	1	0
D22	0,7	0	0	0,3
D23	1	0	0	1
D24	0	1	0	0
D25	0	0	1	0
D26	0,8	0,3	0	0
D27	0,3	0	0,7	0
D28	0,3	0	0,7	0
D29	0,2	0	0,6	0,2
D30	0,3	0	0,3	0,3
D31	0,3	0,3	0	0,3
D32	0,5	0	0,5	0
D33	0,4	0,2	0,2	0,2
D34	0	0	1	0
D35	0,4	0,2	0,2	0,2
D36	0,2	0	0,6	0,2
D37	1	0	0	0
D38	0	0	1	0
D39	0	0	1	0
D40	0,3	0	0,3	0,3
D41	0,3	0	0,3	0,3
D42	0	0	0	1
D43	0	0,5	0,5	0
D44	0,3	0	0,3	0,3
D45	0	0	0	1
D46	0	0	0	1
D47	0	0	0	1
D48	0,3	0	0,3	0,3
D49	0	0	0,3	0,7

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Cansu DAĞLIOĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri : 24.01.1990 - Adana
e-mail : cnsudaglioglu@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

2015-..... Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı
2015- 2018 Yüksek Lisans, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı
2010-2014 Lisans, Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Ekonometri Bölümü (Çift anadal)
2010-2014 Lisans, Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü