



T.C.  
GAZI ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DOKTORA  
TEZİ

SAĞLIK HARCAMALARI ÜZERİNE  
EKONOMETRİK YAKLAŞIMLAR

ERDEM BAŞER

EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

MART 2017



**SAĞLIK HARCAMALARI ÜZERİNE EKONOMETRİK YAKLAŞIMLAR**

**Erdem BAŞER**



**DOKTORA TEZİ  
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**MART 2017**

Erdem BAŞER tarafından hazırlanan SAĞLIK HARCAMALARI ÜZERİNE EKONOMETRİK YAKLAŞIMLAR adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile Gazi Üniversitesi Ekonometri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Seher Nur SÜLKÜ

Ekonometri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



**Başkan :** Prof. Dr. Aydın ÜNSAL

Ekonometri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



**Üye :** Prof. Dr. Nezir KÖSE

Ekonometri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

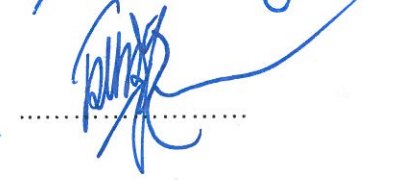
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



**Üye :** Doç. Dr. A. Talha YALTA

Ekonomi Anabilim Dalı, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



**Üye :** Doç. Dr. Ceylan TALU YOZGATLIGİL

İstatistik Anabilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~



TezSavunmaTarihi: 20 / 03 / 2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.



Prof. Dr. Mehmet Akif ÖZER  
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi 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 herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Erdem BAŞER

20 / 03 / 2017

SAĞLIK HARCAMALARI ÜZERİNE EKONOMETRİK YAKLAŞIMLAR  
(Doktora Tezi)

Erdem BAŞER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Mart 2017

ÖZET

Bu tez çalışmasında, 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri arasında tedavi ve kontrol gruplarına ayrılan kronik Hepatit C (HCV) tanısı almış hastaların yapmış olduğu sağlık harcamaları arasındaki farkın gerçek değerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. HCV tanısı almış hastalar Sosyal Güvenlik Kurumu veritabanından ICD-10 kodları kullanılarak elde edilmiştir. Tedavi grubu hastaları için tedaviye başlanılan ilk reçete tarihi indeks tarihi olarak atanmış olup tedavi almayan kontrol grubu hastaları için rassal bir tarih indeks tarihi olarak belirlenmiştir. İlk olarak, iki karşılaştırma grubunun geçmiş dönem temel özelliklerini dengeleyen Eğilim Skoru Eşleştirme (PSM) yöntemi kaliper eşleşme ile uygulanmış ve eşleşme sonrasında gruplar arası sağlık harcamaları karşılaştırılmıştır. Sağlık harcamaları arasındaki fark daha sonra, gamma dağılım ailesinde logaritmik bağ fonksiyonlu Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller (GLM) yöntemi ile analiz edilmiştir. Son olarak ise, Enstrümantal Değişken (IV) yöntemi kullanılmıştır. Uygulanan üç risk uyumlu model sonucunda tedavi ve kontrol grupları arasındaki sağlık harcamaları farklılıkları PSM yöntemiyle 23,086.49 TL., GLM yöntemiyle 22,524.25 TL. ve IV yöntemi ile 20,136.94 TL. olarak tahmin edilmiştir. Retrospektif çalışmalarda IV yöntemi, doğru enstrüman ile hem gözlenebilen hem de gözlenemeyen yanlılıkları kontrol edebildiğinden, tedavi ve kontrol gruplarına ayrılan HCV tanısı almış hastaların yapmış olduğu sağlık harcamaları arasındaki farkın gerçek değerinin IV yöntemi ile elde edildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışmada anlatılan yöntemler ve uygulamalar başka tanı ve tedavi çeşitlerinde oluşacak sağlık harcamalarının değerlendirilmesinde de kullanılabileceğinden konu ile ilgili araştırmacılar için önemli bir yol gösterici niteliğindedir.

BilimKodu : 1106

AnahtarKelimeler : Kronik Hepatit C Virüsü (HCV), Eğilim Skoru Eşleştirme (PSM), Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller (GLM), Enstrümantal Değişken (IV)

SayfaAdedi : 175

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Seher Nur SÜLKÜ

# ECONOMETRICS APPROACHES ON HEALTH EXPENDITURES

(Ph. D. Thesis)

Erdem BAŞER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES

March 2017

## ABSTRACT

In this dissertation, the primary objective was to estimate the real value of the difference of the health care expenditure between treated and untreated patients with chronic hepatitis C virus (HCV) infection during 01 January 2009 – 31 December 2011. Patients with HCV infection were identified from the Social Security Institution database using ICD-10 codes. The first prescription date was designated as the index date for treated cohort, and the index date was randomly selected for untreated cohort. Firstly, Propensity score matching (PSM) with caliper matching was employed to balance baseline characteristics in the comparison groups. After matching, treated and untreated patients health care costs were compared. Secondly, differences in health care costs was assessed using the gamma-distributed Generalized Linear Model (GLM), with log-link function. Lastly, the Instrumental Variable (IV) method yielded an estimate of average health care cost differences. After PSM, the comparison of health care cost of treated and untreated patients resulted 23,086.49 TL. In case of GLM and IV approach, results realized as 22,524.25 TL. and 20,136.94 TL., respectively. Since IV approach could control both observable bias and unobservable bias in retrospective studies, it was concluded that the real value estimation of the difference of the health care expenditure between treated and untreated patients with HCV infection obtained from IV approach. Since the econometric methods and implementing procedures indicated in this thesis can be used for assessing other diagnosis and treatment expenditures, this study will be an important guide for researchers regarding this issue.

BilimKodu : 1106

AnahtarKelimeler : Chronic Hepatitis C Virus (HCV), Propensity Score Matching (PSM), Generalized Linear Model (GLM), Instrumental Variable (IV)

SayfaAdedi : 175

Tez Danışmanı : Assoc. Prof. Seher Nur SÜLKÜ

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında değerli katkı ve eleştirileriyle bana yol gösteren ve beni her zaman çalışmaya teşvik eden tez danışmanım Doç.Dr. Seher Nur SÜLKÜ'ye, önemli yorum ve yönlendirmeleri için jüri üyelerim Prof.Dr. Aydın ÜNSAL, Prof.Dr. Nezir KÖSE, Doç.Dr. A. Talha YALTA, Doç.Dr. Ceylan TALU YOZGATLIGİL'e teşekkür ederim.

Sadece akademik anlamda değil hayatın her alanında bana destek olan ve daima yolumu aydınlatan değerli ağabeyim Prof.Dr. Onur BAŞER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın önemini, onurunu ve erdemini bana hiç unutturmayan, her koşulda benim yanımda olan sevgili babam Salih BAŞER ve sevgili annem Nuran Saime BAŞER'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince bana gösterdiği sabırdan ve hiçbir konuda benden yardımını esirgemeyen sevgili eşim Şefika BAŞER'e teşekkür ederim.

Uslu durarak bana çalışma fırsatı tanıyan sevgili kızım İzgi Nilsu BAŞER ve sevgili oğlum Ozan Kerem BAŞER'e teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
KISALTMALAR .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. SAĞLIK HİZMETLERİNE GENEL BAKIŞ, SAĞLIK EKONOMİSİ, DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SAĞLIK HARCAMALARI .....	5
2.1. Sağlık ve Sağlık Hizmetleri .....	5
2.1.1. Sağlıkın genel tanımı .....	5
2.1.2. Sağlık hizmetleri ve türleri .....	7
2.1.2.1. Koruyucu sağlık hizmetleri .....	8
2.1.2.1.1. Kişiyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri .....	9
2.1.2.1.2. Çevreyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri .....	9
2.1.2.2. Tedavi edici sağlık hizmetleri .....	10
2.1.2.2.1. Birinci basamak tedavi hizmetleri .....	10
2.1.2.2.2. İkinci basamak tedavi hizmetleri .....	11
2.1.2.2.3. Üçüncü basamak tedavi hizmetleri .....	11
2.1.2.3. Rehabilite edici sağlık hizmetleri .....	12
2.2. Sağlık Finansmanı ve Ekonomisi .....	13
2.2.1. Sağlık finansmanı .....	13
2.2.1.1. Doğrudan finansman yöntemleri .....	14
2.2.1.2. Dolaylı finansman yöntemleri .....	15

	<b>Sayfa</b>
2.2.1.3. Sağlık finansman modelleri .....	15
2.2.1.4. Türkiye’de sağlık sisteminin finansman yapısı .....	16
2.2.2. Sağlık ekonomisi .....	18
2.3. Dünyada ve Türkiye’de Sağlık Harcamaları .....	20
2.3.1. Dünyada sağlık harcamaları .....	21
2.3.2. Temel sağlık göstergeleri .....	25
2.3.3. Sağlık durumu belirleyicileri .....	29
<b>3. SAĞLIK EKONOMİSİNDE EKONOMETRİK YÖNTEMLER .....</b>	<b>33</b>
3.1. Sağlık Araştırma Yöntemleri.....	33
3.1.1. Gözlemsel araştırmalar .....	34
3.1.2. Deneysel araştırmalar .....	41
3.2. Eğilim Skoru Eşleştirme .....	45
3.2.1. Eğilim skoru eşleştirme analizi .....	47
3.2.1.1. Eğilim skoru ve varsayımları .....	48
3.2.1.2. Eğilim skoru tahmini.....	50
3.2.2. En yakın komşu eşleştirme .....	53
3.2.3. Kaliper eşleştirme.....	55
3.2.4. Tabakalı eşleştirme .....	57
3.2.5. Kernel eşleştirme .....	59
3.2.6. Mahalanobis eşleştirme .....	60
3.2.7. Farkların farkı yöntemi .....	61
3.3. Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller .....	65
3.3.1. Üstel aile .....	66
3.3.1.1. Üstel aile dağılımlarının özellikleri.....	67
3.3.1.2. Poisson dağılım .....	69
3.3.1.3. Binom dağılım .....	70

	<b>Sayfa</b>
3.3.1.4. Normal dağılım.....	71
3.3.1.5. Gamma dağılım .....	72
3.3.2. Bağ fonksiyonu.....	73
3.3.3. Tahmin edici.....	76
3.4. Enstrümantal Değişken Yöntemi .....	81
3.4.1. Sıradan en küçük kareler yönteminin yanlılığı ve tutarsızlığı .....	81
3.4.2. Enstrümantal değişken modeli .....	88
3.4.3. Zayıf enstrüman .....	93
3.4.4. İki aşamalı en küçük kareler yöntemi .....	96
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	101
5. SAĞLIK VERİSİNİN EKONOMETRİK YÖNTEMLER İLE İNCELENMESİ .....	109
5.1. Veri seti hakkında genel bilgiler.....	109
5.2. Sağlık verisi üzerine ekonometri yöntemlerinin uygulanması .....	110
5.2.1. Hepatit C .....	111
5.2.2. Çalışma dönemi, belirleme dönemi ve indeks tarihi .....	111
5.2.3. Aşındırma işlemi ve dahili - harici kriterler .....	114
5.2.4. Analiz değişkenleri ve tanımlayıcı istatistik tabloları .....	116
5.2.5. Eğilim skoru eşleştirme yöntemi uygulaması .....	127
5.2.6. Genelleştirilmiş doğrusal modeli uygulaması .....	139
5.2.7. Enstrümantal değişken modeli uygulaması .....	145
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	151
KAYNAKLAR.....	155
EKLER.....	171
EK-1. Elixhauser İndeks Tanıları ve ICD-10 Kodları.....	172
ÖZGEÇMİŞ .....	175

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sağlık sistemleri modelleri .....	15
Çizelge 2.2. Coğrafi bölgelere göre Dünya'da kişi başına sağlık harcamaları ..	24
Çizelge 3.1. Vaka-kontrol araştırma tablosu .....	38
Çizelge 3.2. Kohort araştırma tablosu .....	40
Çizelge 3.3. Tabakalı eşleştirme .....	58
Çizelge 3.4. Farkların farkı tahmini .....	62
Çizelge 3.5. Dağılımlar ve bağ fonksiyonları .....	76
Çizelge 4.1. Aşınma tablosu .....	102
Çizelge 5.1. Analiz değişkenleri .....	117
Çizelge 5.2. 2x2 Gözlenen değerler tablosu .....	122
Çizelge 5.3. 2x2 Beklenen değerler tablosu .....	122
Çizelge 5.4. Tanımlayıcı istatistik tablosu .....	125
Çizelge 5.5. Ham veri ortalama sağlık harcaması farkı .....	127
Çizelge 5.6. Lojistik regresyon sonuçları .....	129
Çizelge 5.7. 2x2 McNemar tablosu .....	132
Çizelge 5.8. PSM yöntemi kaliper eşleşmesi -I- .....	133
Çizelge 5.9. PSM yöntemi ortalama sağlık harcama farkı -I- .....	135
Çizelge 5.10. PSM yöntemi kaliper eşleşmesi -II- .....	136
Çizelge 5.11. PSM yöntemi ortalama sağlık harcama farkı -II- .....	137
Çizelge 5.12. PSM yöntemi kaliper eşleşmesi -III- .....	138
Çizelge 5.13. PSM yöntemi ortalama sağlık harcama farkı -III- .....	139
Çizelge 5.14. Düzeltilmiş Park testi ve Pregibon bağ testi sonuçları .....	140
Çizelge 5.15. GLM sonuçları -I- .....	141
Çizelge 5.16. Bölümlere ayrılmış eğilim skorları .....	142
Çizelge 5.17. GLM sonuçları -II- .....	144

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 5.18. IV yöntemi enstrüman testi .....	147
Çizelge 5.19. GE Oran dağılımı.....	148
Çizelge 5.20. IV yöntemi sonuçları .....	150
Çizelge 6.1. Tedavi ve kontrol grupları arası sağlık harcamaları farkları .....	152



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Sağlık hizmetleri üçgeni .....	13
Şekil 2.2. Yüksek – orta gelir seviyesindeki ülkelerin 2013 yılında yapmış oldukları toplam sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payları .....	22
Şekil 2.3. OECD ülkelerinin 2013 yılında yapmış oldukları toplam sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payları .....	23
Şekil 2.4. Türkiye’de doğuşta beklenen yaşam süresi 2005-2013 .....	26
Şekil 2.5. Dünya’da doğuşta beklenen yaşam süresi 2005-2013 .....	27
Şekil 2.6. Türkiye’de 1.000 bebek başına ölüm oranları 2005-2013 .....	28
Şekil 2.7. Dünya’da 1.000 bebek başına ölüm oranları 2013 .....	28
Şekil 2.8. Türkiye’de kadın başına doğum oranları 2005-2013 .....	29
Şekil 2.9. Dünya’da kadın başına doğum oranları 2013 .....	30
Şekil 2.10. Türkiye’de eğitim düzeyi oranları 2005-2013 (25-64 yaş aralığı) ....	31
Şekil 2.11. Dünya’da eğitim düzeyi oranları 2013 (25-64 yaş aralığı) .....	32
Şekil 3.1. Kesitsel araştırmalar .....	36
Şekil 3.2. Vaka-kontrol araştırmaları .....	37
Şekil 3.3. Kohort araştırmaları .....	40
Şekil 3.4. Toplum taramaları .....	44
Şekil 3.5. En yakın komşu eşleştirme .....	53
Şekil 3.6. Kaliper eşleşme .....	56
Şekil 3.7. Yarıçap eşleşme .....	57
Şekil 3.8. Farkları farkı etkisi - I - .....	63
Şekil 3.9. Farkları farkı etkisi - II - .....	64
Şekil 3.10. Enstrümantal değişken - I - .....	82
Şekil 3.11. Enstrümantal değişken - II - .....	87
Şekil 3.12. Enstrümantal değişken - III - .....	89

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.1. Çalışma dönemi, belirleme dönemi ve indeks tarihi.....	112
Şekil 5.2. Altı aylık geri ve bir yıllık ileri takip dönemi.....	113
Şekil 5.3. Aşındırma işlemi ve dahili - harici kriterler.....	115
Şekil 5.4. On bölüme ayrılmış (PS1-PS10) eğilim skorları dağılımı .....	143
Şekil 5.5. IV ilişki şeması .....	145



## KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>AIDS</b>	Edinilmiş Bağışıklık Eksikliği Sendromu
<b>ATE</b>	Ortalama Tedavi Etkisi
<b>ATT</b>	Tedavi Grubu için Ortalama Tedavi Etkisi
<b>BDT</b>	Bilişsel Davranışçı Tedavi
<b>CCI</b>	Charlson Eşhastalık İndeksi
<b>ES</b>	Emekli Sandığı
<b>GLM</b>	Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller
<b>GSS</b>	Genel Sağlık Sigortası
<b>GSYİH</b>	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
<b>HCV</b>	Kronik Hepatit C Virüsü
<b>HIV</b>	İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü
<b>ICD-10</b>	Uluslararası Hastalık Sınıflaması, 10. versiyon
<b>IV</b>	Enstürmantal Değişken
<b>NHS</b>	Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Hizmeti
<b>OECD</b>	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
<b>OLS</b>	Sıradan En Küçük Kareler
<b>PSM</b>	Eğilim Skoru Eşleştirmesi
<b>RCT</b>	Rassal Kontrol Denemeleri
<b>ROC</b>	Alıcı İşlem Karakteristikleri
<b>SDP</b>	Sağlıkta Dönüşüm Programı
<b>SGK</b>	Sosyal Güvenlik Kurumu
<b>SSK</b>	Sosyal Sigortalar Kurumu
<b>SUT</b>	Sağlık Uygulama Tebliği
<b>SUTVA</b>	Tedavide Kararlılık Varsayımı
<b>TÜİK</b>	Türkiye İstatistik Kurumu
<b>WHO</b>	Dünya Sağlık Örgütü
<b>2SLS</b>	İki Aşamalı En Küçük Kareler Yöntemi





## 1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde son yıllarda sağlık hizmetlerine ulaşımın kolaylaşmasını sağlayan sağlık teknolojilerindeki yeni ve devamlı gelişmeler, sağlık hizmetlerine olan talebi sürekli çoğaltmakta ve bunların sonucunda oluşan sağlık harcamalarında büyük artışlar gözlenmektedir [1]. Sağlık harcamalarındaki söz konusu artış, hasta bireylere tedaviyi uygun ve eşit seviyede ulaştırmaya çalışan politika yapıcılarını güç durumda bırakmaktadır [2,3]. Bu nedenle hasta bireyleri sağlığına kavuşturmak amacıyla yapılan sağlık harcamalarının bilimsel yöntemlere başvurularak tahmin edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla öncelikle sağlık harcamalarını etkileyen faktörler belirlenmeli sonrasında istatistiki yöntemler ve ekonometrik modeller ile etkiler değerlendirilmeli ve nihayetinde politika belirleyici elde edilen bulgular ışığında hareket etmelidir. Böylelikle politika yapıcı ekonometrik yöntemler sonucunda bulduğu tedavi etkisi ve harcama farklılıkları üzerinden kaynakların ne yönde değerlendirilmesi gerektiği konusunda doğru kararlar verebilecektir.

Sağlık harcamaları verisi üzerine ekonometrik yöntemler uygulanırken veri kalitesi, yapısı, uygulanan yöntemin çalışma prensipleri iyi bilinmeli ve dikkatle analiz gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde elde edilen bulgular ve varılacak sonuçlar yanlış olacak ve politika yapıcının yanlış bir politika izlemesine neden olabilecektir. Sağlık harcaması üzerine yapılan çalışmaların temel sorunu mevcut verilerin büyük bir bölümünün rassal biçimde elde edilememesidir [4]. Bu nedenle var olan karışık etkenlerden ötürü tahmin edici etki yanlılık gösterebilir. Sözü edilen yanlılık gözlenebilen ve gözlenemeyen yanlılık olmak üzere iki çeşitte incelenmektedir [5]. Literatürde bu yanlılıkları kontrol edebilecek üç adet risk uyumlu ekonometrik model kullanılmaktadır. Bunlardan ilki çoklu analiz yöntemlerinden genelleştirilmiş doğrusal modellerdir [6]. İkinci olarak ise eğilim skoru eşleştirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu iki yöntemin ortak özelliği ikisinde gözlenebilen yanlılığı kontrol etmek amacıyla kullanılmasıdır [7]. Üçüncü olarak entrümantal değişken yöntemi son dönem çalışmalarında uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır [8]. Bu yöntemin diğer iki yöntemle karşı üstünlüğü sadece gözlenebilen yanlılığı değil aynı zamanda gözlenemeyen yanlılığı da kontrol etmesinden kaynaklanmaktadır [9]. Ancak entrümantal değişken yönteminin en önemli unsuru doğru enstrümanın

bulunmasıdır. Eğer kullanılan enstrüman zayıf ise elde edilecek sonuçlar basit regresyon modelinden dahi daha kötü sonuçlar verebilmektedir [10]. Sağlık harcamalarını değerlendirirken, literatürde risk uyumlu ekonometrik modelleri kullanan çok sınırlı sayıda uluslararası çalışma bulunmaktadır. Türkiye'deki sağlık harcamaları ise bu ileri yöntemlerle hiç incelenmemiştir. Böylelikle gelişmekte olan bu yeni literatür, tezin ortaya koyduğu bu önemli katkılar ile yeni çalışmalarını teşvik ederek literatürün gelişmesine öncü olacaktır.

Bu tez çalışmasında 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri arasında tedavi ve kontrol gruplarına ayrılan kronik Hepatit C virüsü (HCV) tanısı almış hastaların yapmış olduğu sağlık harcamaları arasındaki farklılığının, yukarıda değinilen üç farklı risk uyumlu ekonometrik model üzerinden karşılaştırılarak gerçek değerinin bulunması amaçlanmıştır. Çalışmada Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından hazırlanan hasta kimlik bilgilerinin en üst seviyede şifrelendiği veri seti kullanılmıştır.

Bu tezde uygulanan ekonometrik modellerin bulgularının incelenmesi sonucunda tedavi ve kontrol gruplarındaki HCV hastaları arasındaki gerçek sağlık harcaması farklılığı tahmin edilmiştir. Çalışmada, veri yapısındaki yanlılık kontrol edilmeden ulaşılan bulgularla yanlılık kontrollerinin yapıldığı modellerden elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, veri yapısındaki yanlılık kontrol edilmediğinde tedavi alan ve tedavi almayan HCV hastalarının yapmış olduğu sağlık harcaması farklılığı 24,313.87 TL. olarak bulunmuştur; fakat yanlılık kontrol edildiğinde bu farkın 20,136.94 TL.'ye düştüğü görülmüştür. Dolayısıyla yanlılık HCV tedavisi için yapılan sağlık harcamalarının hasta başına 4,176.93 TL. (=24,313.87 TL. - 20,136.94 TL.) daha fazla görülmesine sebep olmuştur. Çalışmadaki örnek büyüklüğü göz önüne alındığında yanlılıktan kaynaklı fazlalık yaklaşık olarak 105 Milyon TL.'ye ulaşmaktadır. Çalışmanın ortaya koyduğu üzere sağlık verisindeki yanlılık sağlık harcamalarının yüksek sapmalarda hesaplanmasına ve yanıltıcı sonuçlara ulaşmaya sebep olmaktadır.

Bu tez ile ülkemizde HCV hastalığının tedavisi için yapılması gereken sağlık harcamaları verideki yanlılığı da kontrol ederek gerçek anlamda ilk defa ortaya çıkartılmıştır. Dolayısıyla hem literatürdeki konuyla ilgili önemli bir boşluk doldurulmuş hem de karar verici mekanizmanın elde edilen sonuçlar ışığında

politika belirlemesine yardımcı olunmuştur. Yapılan bu çalışmanın öncülüğünde belirlenecek politikalar ülkemiz sağlık bütçesini direkt etkileyeceği gibi HCV hastalarının tedaviye başlatılıp başlatılmayacağı gibi çok hayati bir konuya da yön verecektir.

Bu tezde HCV hastalığı için sağlık harcamaları incelenmiştir ancak tez içinde ayrıntıları ile anlatılan ekonometrik yöntemlerin tez konusu dışındaki diğer tanı ve tedavilere de uygulanabilir olması tezin yarattığı faydayı bir kat daha arttırmaktadır.

Bu tez şu şekilde organize edilmiştir: Çalışmanın ikinci bölümünde sağlık hizmetlerine genel bakış, sağlık finansmanı ve ekonomisi ile Dünya’da ve Türkiye’de sağlık harcamaları hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde tezin ana çatısını oluşturan geliştirilmiş doğrusal modeller, eğilim skoru eşleştirme ve enstrümantal değişken ekonometrik yöntemlerinin kuramsal açıklamaları yapılmıştır. Yine aynı bölümde eğilim skoru eşleştirme analizinin daha iyi anlaşılabilmesi için sağlık araştırma yöntemleri ve literatürde kullanılan eşleştirme yöntemleri konusunda bilgi verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde tez konusu ile ilgili bilimsel araştırmaların incelendiği ve değerlendirildiği literatür araştırması yapılmıştır.

Çalışmanın uygulama bölümü olan beşinci bölümde ise tedavi ve kontrol gruplarına ayrılan HCV tanısı almış hastaların yaptığı sağlık harcamaları üçüncü bölümde kuramsal açıklamalarının verildiği ekonometrik modeller çerçevesinde incelenmiş ve harcama farklılıkları tahminleri yapılmıştır. Aynı zamanda bu bölümde retrospektif verinin analize hazırlanma süreci ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Sonuç ve öneriler bölümünde ise analizler ile elde edilen bulgular neticesinde ekonomik değerlendirmeler yapılmış ve konu ile ilgili önerilerde bulunulup çalışmaya son verilmiştir.



## **2. SAĞLIK HİZMETLERİNE GENEL BAKIŞ, SAĞLIK EKONOMİSİ, DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SAĞLIK HARCAMALARI**

Bu bölümde, tez çalışmasının temelini oluşturan sağlık ile ilgili konular ve kavramlar ele alınmıştır. Öncelikle sağlık hizmetleri genel bir bakış çerçevesinde incelenmiş, ardından sağlık finansmanı ve ekonomisi kavramları açıklanmıştır. Bölümün sonunda ise dünyada ve Türkiye’de gerçekleşen sağlık harcamaları konusunda bilgi verilmiştir.

### **2.1. Sağlık ve Sağlık Hizmetleri**

#### **2.1.1. Sağlığın genel tanımı**

Sağlık kavramı göreceli bir kavram olduğundan çeşitli tanımları yapabilmek mümkündür. En genel ve basit anlamıyla sağlık, hastalığın olmayışı olarak tanımlanabilir. Ancak Birleşmiş Milletler’e bağlı olan ve toplum sağlığıyla ilgili uluslararası çalışmalar yapan Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlığı “sadece hastalıklardan ve mikroplardan korunma değil, bir bütün olarak fiziki, ruhi ve sosyal açıdan iyi olma hali” olarak tanımlamaktadır. Böylelikle, yapılan bu tanım ile sağlık kavramı birçok farklı boyutta ele alınmış olmaktadır [11].

Sağlık kavramını temel insan haklarından biri olarak ele alan Ottawa Sözleşmesi, huzur, yeterli ekonomik kaynak, gıda ve barınma, istikrarlı bir ekosistem ve sürdürülebilir kaynak kullanımını içeren bazı ön şartları vurgulamaktadır. Bu ön şartların kabul edilmesi, sosyal ve ekonomik koşullar, fiziksel çevre, bireysel yaşam tarzları ve sağlık arasındaki kaçınılmaz bağlantıları öne çıkarmaktadır. Bu bağlantılar, sağlığın teşviki ve geliştirilmesi tanımının merkezindeki bütüncül sağlık anlayışı için temel sunar. WHO, sağlığı temel insan haklarından biri olarak görmektedir. Buna göre tüm insanların temel sağlık kaynaklarına erişimi olmalıdır. Kapsamlı bir sağlık anlayışına göre, sosyal ve ekonomik koşulları ve fiziksel çevreyi yöneten tüm sistem ve yapılar, faaliyetlerinin birey ve toplum sağlığı ve refahı üzerindeki etkisine ilişkin sonuçları dikkate almalıdır [12].

Bir başka açıdan da sağlığın tanımı öznel sağlık ve nesnel sağlık olmak üzere ikiye ayrılarak yapılabilmektedir. Öznel sağlık, bireyin kendini fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan nasıl hissettiği ile ilgiliyken, nesnel sağlık bireyin bir doktor muayenesi ile tetkik ve tahlil sonuçlarına göre hasta olup olmadığının değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. Sonuç olarak bir kişinin sağlıklı sayılabilmesi için hem öznel olarak kendini sağlıklı hissetmesi hem de nesnel olarak sağlıklı olması gerekmektedir [13].

Sağlık kavramı üzerine yeni tanımlar getiren Bircher, Sarrachi ve Parsons'ın çalışmalarına baktığımızda Bircher sağlığı özellikle yaş, kùltür ve kişisel sorumluluk ile ilişkilendirmiş ve kişinin yaşamın gereksinimlerini karşılayabildiği bir iyilik hali olarak tanımlamıştır. Sarrachi'nin çalışmalarında ise sağlık WHO tanımlamasına paralellik göstermesine karşı Sarrich sağlığı temel ve evrensel bir hak olarak ele almıştır. Parsons'a göre ise sağlık bireyin işlevsel olma yeteneğidir. Toplumsal yaşam içerisinde her bireyin belirli rol ve sorumlulukları vardır. Birey bu rol ve sorumlulukları yerine getirebiliyorsa sağlıklıdır [14,15,16].

Biyolojik anlamıyla ise sağlık yaşayan bir organizmada, organizmanın dengede olduğu bir durum olarak tanımlanabilir. Bu dengeli durumda organizmaya giren ve organizmadan çıkan madde ve enerji miktarı (organizmanın normal büyüme sürecinde kullanılan madde göz ardı edildiğinde) yaklaşık olarak eşittir ve organizmanın hayatta kalma beklentisi vardır. Başka bir ifade ile biyolojik açıdan sağlık, bir canlının kendi hücresel çekirdeğinde şifreli bütünlüğünü ve kararlılığını korumak yolunda oluşmuş maddesel örgütlenişin bir bozukluk olmaksızın çalışması ve aynı canlının daha üst düzeyde bir örgütlenişini başarabilmesi süreci olarak tanımlanabilmektedir [17].

Çeşitli tanımlamalarda da görüldüğu gibi sağlık kavramı iyi olma durumuyla ilişkilidir. Ancak Dunn, sağlık ile iyilik arasında bir farklılık olması gerektiğini savunmaktadır. Sağlıklı olmak bireyin çevresine uyumunun pasif bir durumuyken, iyi olma durumu bireyin potansiyelini tam olarak kullanmasına yönelik dinamik bir gelişimi göstermektedir. İyilik hali kişinin doğası ve onun çevresi değiştikçe değişen bir durumdur [18-21].

### 2.1.2. Sağlık hizmetleri ve türleri

Sağlık hizmetleri, 12.01.1961 tarihli ve 10705 sayılı Sağlık Hizmetlerinin Sosyalleştirilmesi Hakkında Kanun'un 2 maddesinde "İnsan sağlığına zarar veren çeşitli faktörlerin yok edilmesi ve toplumun bu faktörlerin tesirinden korunması, hastaların tedavi edilmesi, bedeni ve ruhi kabiliyet ve melekeleri azalmış olanların işe alıştırılması (Rehabilitasyon) için yapılan tıbbi faaliyetler" olarak tanımlanmıştır. Ayrıca sağlık hizmetleri bireylerin sağlığının korunması, teşhis, tedavi ve bakım için kişisel ya da kurumsal olarak kamu veya özel şahısların vermiş olduğu hizmetler biçiminde de tanımlanabilir [22].

Sağlık hizmetleri, sağlık sorunları ile ihtiyaç ve beklentilerin ülkeden ülkeye hatta bölgeden bölgeye farklılık gösterebilmesi nedeniyle en zor planlanan ve uygulanabilen hizmetlerin başında gelmektedir. Sağlık hizmetlerine ulaşılabilirliği ve bu hizmetlerden eşit yararlanmayı sağlayarak dengeli bir sağlık hizmeti sunmak, kişilerin yaşam kalitesini ve hayat standardını yükseltmektedir. Sağlık hizmetleri, temel özellikleri bakımından kamu otoritesinin planlama ve denetim alanı içinde yer almaktadır [23].

Bireylerin sağlıklı olmalarının sağlanması ve bunun devam ettirilmesi tüm dünya ülkelerinin toplumsal hedefleri arasında olduğundan sağlığın toplumsal boyutunun önemini de unutmamak gerekir. Sağlık bir ülkenin temel çalışması ve odak noktasını oluşturduğundan, tüm sağlık sisteminin ve aynı zamanda ülkenin topyekün sosyal ve ekonomik kalkınmasının ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Sağlıklı bireylere sahip olmak, toplumsal barışın, huzurun ve ekonomik kalkınmanın da temel esaslarıdır. Aksi takdirde sağlıksız bireyler, işgücü kaybı nedeniyle gelir artışını engelleyip toplumsal harcamaları artıracığından ekonomik anlamda olumsuz etkiler yaratırlar [24]. Bu yüzden sağlık hizmetleri, devlet tarafından kamu ekonomisi alanı içerisinde planlanmaktadır.

Ülkemizde sağlık hizmetleri Sağlık Bakanlığı, üniversiteler ve özel sağlık kuruluşları tarafından verilmektedir.<sup>1</sup> Böylece sağlık alanında çok sektörlü bir hizmet

<sup>1</sup>Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu, 2015 yılı Genel Sağlık İstatistiklerine bakıldığında ülkemizde 874 Sağlık Bakanlığı, 70 üniversite ve 560 özel sağlık kuruluşu hizmet vermektedir. Yatak sayıları incelendiğinde ise

sunum yapılanmasının mevcut olduğu söylenebilir. Bu yapılanma, kamu ya da özel ayrımı yapmaksızın mevcut sağlık kaynaklarının ve kapasitenin akılcı ve verimli kullanılmasını gerektirmektedir [25].

Sağlık hizmetleri, toplumların gelişmişlik seviyelerine paralel olarak gelişme göstermektedir. Bunun yanında toplumların sağlık ve dolayısı ile hastalık konusuna bakışlarında kültürel algılamaları ve sosyal aşamaları doğrultusunda değişim göstermektedir. Söz konusu farklılıklar sağlık hizmetlerinin kapsamını ve çeşitliliğini de etkilemektedir. Bu bağlamda sağlık hizmetleri temelde, “koruyucu”, “tedavi edici” ve “rehabilitate edici” olmak üzere üçe ayrılmaktadır [26].

### **2.1.2.1. Koruyucu sağlık hizmetleri**

Koruyucu sağlık hizmetleri hastalık daha ortaya çıkmadan önce alınan her türlü önlem ve mücadeleyi içerir. Koruyucu sağlık hizmetlerinin tüketimi sonucu ortaya çıkan fayda, onu tüketen dışında toplumun diğer üyelerine de fayda sağlar. Dolayısıyla sosyal faydası özel faydasından yüksek bir sağlık hizmetidir [27]. Hastalıkları engellemek ve tedavi etmek için verilen bu hizmetler, eğitilmiş sağlık personeli tarafından yürütülür. Sağlık eğitimi, yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanması, aile planlaması, bulaşıcı hastalıkların kontrolü, periyodik muayeneler, toplum içi araştırmalar ve istatistiksel çalışmalar, yaşlı bakımı, erken teşhis ve tedavi çalışmaları bu grupta yer alır [28-30].

Aynı zamanda, koruyucu sağlık hizmetleri koruyucu hekimlik sistemine dayanmakta olup, WHO tanımına göre koruyucu hekimlik: “Bedensel ve ruhsal sakatlıkların oluşumunu ve gelişimini, toplumun organize edilmiş çabalarıyla önlemenin yanı sıra, bireylerin ve bunların ailelerinin sağlığından sorumlu olan iyi bir hekim tarafından bağışıklama, sağlık eğitimi ve benzeri çabalarla herkes tarafından, bir bütün olarak toplum sağlığını daha iyiye götürmek için tüm olanaklar kullanarak yapılan hekimliktir” [26].

Koruyucu sağlık hizmetleri, hastalıkları tedavi etmekten çok daha az maliyetlidir. Özellikle ülkenin gelişmişlik seviyesine bağlı olarak bu hizmetlerin etkinliği de artmaktadır ve hükümetlerce bu hizmetlere geniş bütçeler ayrılır [31]. Koruyucu sağlık hizmetleri kişiye ve çevreye yönelik olmak üzere iki grupta incelenmekte olup, bunlar sırasıyla bölüm 2.1.2.1.1 ve 2.1.2.1.2' de sunulmaktadır.

Ayrıca ülkemiz de koruyucu sağlık hizmetlerine önem verilerek sağlık reformları ile "aile hekimliği" sistemine geçilmiştir. Aile hekimliği sistemi, bireylerin ve aile fertlerinin ikamet yerlerinin yakınlarında ya da kolaylıkla ulaşabilecekleri bir yerde bulunan, ilk başvuracakları, kişiye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri ile birinci basamak teşhis, tedavi ve rehabilite edici sağlık hizmetlerini, yaş, cinsiyet ve hastalık ayrımı yapmaksızın, her kişiye kapsamlı ve devamlı olarak sağlamayı amaçlayan bir sistemdir [32].

#### **2.1.2.1.1. Kişiyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri**

Kişileri dolayısı ile de toplumu hastalık etkenlerine karşı dirençli ve güçlü kılmayı, hastalanmaları halinde ise, en erken dönemde tanı konularak, uygun tedavi ile hasarsız veya en az hasarla iyileşmelerini sağlayan hizmetler bu grup altında toplanır [33,34]. Kişiyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetlerinin temel amacı bireyin sağlığını korumasının kendi sorumluluğu olduğunu anlatmaktır. Çünkü kişinin en iyi sağlık danışmanı kişinin kendisinden başkası değildir. Bu başlık altında sıralanabilecek başlıca hizmetler; erken tanı ve uygun tedavi, aşılama, ilaçla koruma, beslenmenin iyileştirilmesi, sağlık eğitimiolarak verilebilir. Bu grupta bulunan hizmetler özellikle sağlık sektörü ve sağlık personeline yürütülen hizmetlerdir [35].

#### **2.1.2.1.2. Çevreyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri**

Kişilerin sağlıklı oluşunda kişisel faktörler kadar kişinin yaşadığı çevresel faktörlerinde kişinin bedensel, ruhsal ve sosyal durumları üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiler yaptığı bilinmektedir [36]. Bu çerçevede çevreyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri insanın çevresinde bulunan ve onun sağlığını olumsuz etkileyen biyolojik, fizik, kimyasal ve sosyal etkenleri yok ederek veya kişileri etkilemesini

önleyerek çevreyi olumlu hale getirme çabası olarak tanımlanabilir. Çevre sağlığı hizmetleri kapsamında yürütülen başlıca hizmetler; su kaynaklarının sağlanması ve denetimi, katı ve sıvı atıkların zararsız hale getirilmesi, konut sağlığı, zararlı canlılarla mücadele, hava kirliliği ile savaş, radyasyonla ve gürültü ile savaş, endüstri sağlığı, besin kontrolü ve güvenliği olarak sıralanabilir. Bu hizmetler, bu konuda özel eğitim almış mühendis, kimyager, veteriner, biyolog, çevre sağlık teknisyeni gibi meslek üyeleri tarafından sağlanır [37].

### **2.1.2.2. Tedavi edici sağlık hizmetleri**

Tedavi edici yani iyileştirici sağlık hizmetleri bireylerin sağlık durumları bozulduktan sonra tekrar sağlıklı duruma dönmelerini sağlamak amacıyla sunulan muayene, tanı ve tedavi hizmetlerinden oluşmaktadır. Başka bir deyişle, hastalık veya hastalık belirtileri ortaya çıktıktan sonra, hastalığın tanı-teşhis-tedavi edilmesi sürecini kapsayan, hastalığa yakalanmış bireyleri sağlıklarına kavuşturan hizmetlerdir. Öte yandan tedavi edici hizmetler, tıbbi bakım hizmetleri biçiminde de adlandırılmakta olup esasen muayene ve tedaviden oluşmaktadır [37].

Kişiyeye yönelik olarak sunulan tedavi edici sağlık hizmetleri koruyucu sağlık hizmetlerinin bir üst kademesini oluşturur. Dolayısıyla çok daha fazla maliyet ve organizasyon gerektirir. Sağlık personeli ve sektörünce yürütülen bu hizmetlerin yönetim ve finansman gibi çok önemli boyutları da bulunmaktadır [38].

Tedavi edici sağlık hizmetleri, hizmetlerin organizasyonu açısından birinci basamak tedavi hizmetleri, ikinci basamak tedavi hizmetleri ve üçüncü basamak tedavi hizmetleri olmak üzere üç basamakta incelenir.

#### **2.1.2.2.1. Birinci basamak tedavi hizmetleri**

Sağlık hizmetleri içinde en yaygın olarak kullanılanıdır. En basit anlamıyla bireyin çeşitli nedenlerle başvurduğu ilk sağlık kurumu ve bu kurumda verilen sağlık hizmetleri olarak tanımlanabilir. Birinci basamak tedavi hizmetleri tedavisi yoğun ve tıbbi teknoloji gerektirmeyen hizmetler olduğundan ikinci ve üçüncü basamak tedavi hizmetlerine göre daha dar bir çerçevede ele alınırlar. Günümüzde pek çok ülke

bireylerin öncelikli olarak birinci basamak sağlık hizmetlerinden faydalanmalarını sağlamaya çalışmaktadır. Çünkü bireyin birinci basamak sağlık hizmetlerinde çalışan bir hekimin gerekli görmesi ile ikinci ve üçüncü basamak hizmetlerine sevkî kaynak israfı ve harcama yükünü azaltacağından sağlık sisteminin verimliliğini artırmaktadır [39-46].

Ülkemizde birinci basamak sağlık hizmetleri; kamu idareleri bünyesindeki kurum hekimlikleri, sağlık ocakları, verem savaş dispanseri, ana-çocuk sağlığı ve aile planlanması merkezi, sağlık merkezi ve toplum sağlığı merkezi, 112 acil sağlık hizmet birimleri, üniversitelerin mediko-sosyal birimleri ve belediyelere ait poliklinikler tarafından yürütülmektedir [47].

#### **2.1.2.2.2. İkinci basamak tedavi hizmetleri**

Birinci basamak tedavi hizmetleri ile tedavi edilemeyen hastaların hastanelere sevkî sonucu yapılan hizmetlerdir. Bu hizmetler hastanelerde görevli uzman hekim ve uzman sağlık personeli tarafından yürütülür. Genellikle hastaların hastanelerde yatış işlemi gerçekleştirildikten sonra yapılan tedavi ve bakımlarını içerir. Hizmetler küçük ve orta büyüklükteki il ve ilçe hastaneleri ile sağlık merkezleri tarafından verilir [48].

Ülkemizde ikinci basamak sağlık hizmetleri; eğitim ve araştırma hastanesi olmayan devlet hastaneleri, semt poliklinikleri, entegre ilçe devlet hastaneleri, Sağlık Bakanlığına bağlı ağız ve diş sağlığı merkezleri, Türk Silahlı Kuvvetlerinin eğitim ve araştırma hastanesi olmayan hastaneleri, belediyelere ait hastaneler ile kamu kurumlarına ait tıp merkezleri ve dal merkezleri, İstanbul Valiliği Darülaceze Müessesesi Müdürlüğü Hastanesi tarafından yürütülür [47].

#### **2.1.2.2.3. Üçüncü basamak tedavi hizmetleri**

Üçüncü basamak tedavi hizmetleri özel uzmanlık ve ileri teknoloji gerektiren uygulamaları içeren hizmetlerdir. Başka bir deyişle karmaşık ve ağır hastalıklara yönelik birinci ve ikinci basamak sağlık hizmeti veren kuruluşların tedavi sağlayamadığı durumlarda içerdiği uzmanlaşmış bilgi ve yüksek tıbbi teknolojiler ile

tedavi üreten hizmetlerdir. Ulaşılabilirlik düzeyi diğer basamak hizmetlerine göre daha zor ancak tedavi hizmetleri maliyetleri daha fazladır. Bu nedenle sağlık sisteminin verimliliği açısından üç basamağa ayrılan tedavi hizmetlerinin birbirleriyle eşgüdümlü çalışarak bütünlük sağlaması gerekmektedir [49].

Ülkemizde üçüncü basamak sağlık hizmetleri; Sağlık Bakanlığına bağlı eğitim ve araştırma hastaneleri ve özel dal eğitim ve araştırma hastaneleri ile bu hastanelere bağlı semt poliklinikleri, üniversite hastaneleri ile bu hastanelere bağlı sağlık uygulama ve araştırma merkezleri, enstitüler ve semt poliklinikleri, üniversitelerin dış hekimliği fakülteleri, Türk Silahlı Kuvvetlerine bağlı tıp fakültesi hastanesi ile eğitim ve araştırma hastaneleri tarafından yürütülür [47].

### **2.1.2.3. Rehabilitate edici sağlık hizmetleri**

Rehabilitate edici sağlık hizmetleri bireylerin kaza, savaş, felaketler gibi ani ortaya çıkan veya hastalık sonrası sakatlık ve güçsüzlük nedeniyle gelişen kalıcı bozukluklarının, özürlerinin, bedensel ve gelişimsel sakatlıklarının günlük hayatlarını etkilemesini engellemeye ve bu bireylerin yeniden topluma kazandırılmasını sağlamaya yönelik hizmetlerdir. Bunun yanı sıra doğuştan meydana gelen vücut organlarının etkili bir şekilde kullanılamaması durumunun ve ruh sağlığı bozukluklarının da tedavilerini kapsayan hizmetlerdir. Bu tip hizmetler yapısı gereği tıbbi rehabilitasyon ve sosyal rehabilitasyon olmak üzere iki bölümde incelenir [26].

#### **Tıbbi rehabilitasyon**

Tıbbi rehabilitasyon hizmetleri fiziksel sakatlıkların en aza indirilmesini amaçlayan hizmetlerdir. Ek olarak ruhen veya bedenen iş görebilme kabiliyetlerini tamamıyla veya bir kısmını kaybeden bireylerin bu kabiliyetlerini tekrar kazandırmak için yapılan hizmetleri de kapsar. Tıbbi rehabilitasyon çalışmalarına örnek olarak işitme cihazları, gözlükler, protez ve koltuk değnekleri verilebilir [50,51].

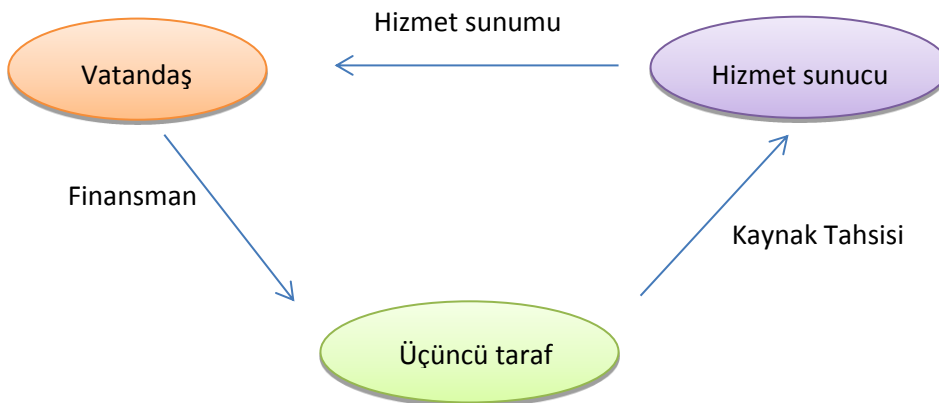
## Sosyal rehabilitasyon

Sosyal rehabilitasyon hizmetleri bireylere iş öğrenme yetisi kazandırıp bireylerin sosyal, kültürel ve ekonomik anlamda hayata katılmalarını sağlamayı amaç edinen hizmetler olduğu gibi bireylerin fiziksel rahatsızlıkları ve sakatlık durumlarına uyum sağlayabilmeleri konusunda bireylere destek veren hizmetleri de kapsar. Ayrıca engelli bireylerin kendi yaşamlarını düzenleyebilmeleri için bağımsızlıklarının desteklenmesi, engel derecesi ne düzeyde olur ise olsun bütün engelli bireyler için fiziksel çevrenin erişilebilir kılınmasına yönelik eylem programlarının geliştirilmesi, engelli bireylere karşı toplumdaki ön yargıların ve olumsuz tutumların yok edilmesi bu kapsamda uygulanan hizmetlerdir [52].

## 2.2. Sağlık Finansmanı ve Ekonomisi

### 2.2.1. Sağlık finansmanı

Sağlık hizmetlerinin finansmanı sağlık sektöründe finansal kaynakların uyum içerisinde harekete geçirilmesi ve kullanılması konularını içeren geniş ve kapsamlı bir kavramdır. Sade bir yaklaşım ile sağlık hizmetleri finansmanı sağlık hizmeti sunanlarla bu hizmeti finanse edenler arasındaki kaynak alış verişi sürecini ifade etmektedir. Ancak sağlık sistemlerindeki alış verişi diğer birçok sektördeki hizmeti alan ile hizmeti sunan arasında oluşan değiş tokuş gibi iki boyutlu gerçekleşmez. Hasta olmanın finansal riskine karşı koruma öneren kamu kuruluşları veya özel kuruluş olabilen üçüncü bir taraftan söz edilebilir [53-57].



Şekil 2.1. Sağlık hizmetleri üçgeni

Şekil 2.1’de basitleştirilmiş şekli ile görüldüğü gibi, vatandaşlar hizmet sunucudan sağlık hizmeti alırken finansal kaynaklarda vatandaş ve üçüncü taraftan (kamu kuruluşları, sigorta şirketleri vb.) sağlık hizmeti sunucusuna aktarılmaktadır.

Sağlık harcamalarının sadece ülkeler temelinde değil dünya genelinde ciddi artışlar göstermesi kamuyu, vatandaşların edinmek istedikleri sağlık hizmetlerini karşılayamamaları nedeniyle sağlığa ulaşımın engellerini ortadan kaldırmak amacıyla sağlık finansmanın düzenlenmesi arayışına sevk etmiştir. Bu bağlamda sağlık hizmetlerinin finansmanında başlıca iki yöntemden söz edilebilir: Doğrudan finansman yöntemleri ve dolaylı finansman yöntemleri. Bu yöntemler alt bölümlerde tanıtılmıştır [57].

#### **2.2.1.1.Doğrudan finansman yöntemleri**

Doğrudan finansman yönteminde, sağlık hizmetini satın alan başka bir deyişle bu hizmetten faydalanan kişi arada herhangi bir aracı kurum olmaksızın aldığı hizmetin bedelini doğrudan hizmeti sunan kuruma cepten öder. Bu yüzden cepten sağlık harcamaları ismini alır [58].

Doğrudan finansman mekanizmasının işleyişine bakıldığında, kamu ve özel kesim tarafından üretilen hizmet, bedeli ödenmek suretiyle tüketici tarafından satın alınmaktadır. Hastalık riskinin yol açtığı mali yükü tüketici kendisi karşılamakta olup, tüketiciler arasında risk paylaşımı yoktur. Bu bakımdan sosyal açıdan haksız ve adaletsiz bir ödeme yöntemidir. Çünkü yalnızca gelir düzeyi çok iyi olan insanlar sağlık hizmetlerini doğrudan karşılayabilirler. Sağlık hizmetlerine ulaşımın her insanın temel hakkı olması gerektiğinden günümüzde bu yöntem daha çok piyasa ekonomisinin yaygın olduğu ABD gibi ülkelerde ve toplumun tamamının sağlık güvencesi altına alınamadığı gelişmemiş ülkelerde karşımıza çıkmaktadır [59].

İyi yapılandırılmış sağlık sistemlerinde çoğunlukla cepten yapılan doğrudan ödemeler yerine üçüncü bir tarafın sisteme dahil olduğu dolaylı finansman yöntemi tercih edilmektedir [60].

### 2.2.1.2. Dolaylı finansman yöntemleri

Dolaylı finansman yönteminde, sağlık hizmetini sunan ile bu hizmeti satın alan taraflar arasında bir üçüncü taraf bulunmakta ve oluşan hizmet bedeli bu üçüncü taraf aracılığı ile ödenmektedir. Bu yöntemde, sağlık hizmet sunumu yapan kurumlarla talep eden bireyler arasında para ilişkisi kısmen veya tamamen ortadan kalkmaktadır. Dolayısıyla dolaylı finansman yönteminde sistem karmaşık olup üreticiler, tüketiciler ve araçlar (devlet ya da özel) arasında çoklu bir ilişki söz konusudur [58,61].

Dolaylı finansman yönteminde kaynaklar genel vergiler, özel vergiler, primler ve kullanıcı katkıları gibi gelirlerden oluşur [48]. Dolaylı finansmanın kullanıldığı sağlık modelleri Bölüm 2.2.1.3'te detaylı olarak incelenmiştir.

### 2.2.1.3. Sağlık finansman modelleri

Finansman kaynakları, karar verme mekanizmaları ve hizmet sunucularının örgütlemesi gibi konuları farklı ölçülerde ele alan üç temel modelden söz edilebilir.

Çizelge 2.1. Sağlık sistemleri modelleri [62]

	Bismark Modeli	Beveridge Modeli	Özel Sigorta
Karar vermemekanizması	Sigorta fonu ve hekim birlikleri	Devlet	Özel girişimcilik
Kaynaklar	Çalışanlar ve işverenler	Vergiler	Özel finansman
Sağlık hizmeti sunucuları	Kamu / Özel	Kamu	Özel

Bismarck modeli 1883 yılında Almanya'da Bismarck tarafından geliştirilmiş ve daha sonra birçok ülkede uygulanır hale gelmiştir. Bu model çıkış kaynağı nedeniyle Almanya sağlık sistemi ile özdeşleşmekle birlikte bugün başta Avusturya, Belçika, Fransa, Hollanda ve İsviçre olmak üzere hem gelişmiş hem de gelişmekte olan birçok ülkede uygulanmaktadır. Özellikle 1990 sonrası sağlık politikalarında Dünya Bankasının sağlık reformu ile ilgili girişimleri nedeniyle en çok başvurulan sağlık finansman yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Modelde işçiler zorunlu olarak

sigortalı olmakla birlikte primler sigorta kollarına göre işçi ve işveren arasında paylaşılmaktadır [63].

Beveridge modelinin ortaya çıkışı İkinci Dünya Savaşı sonrası Birleşik Krallık'ta gerçekleştiği için bu model genellikle Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Hizmeti (National Health Service-NHS) ile özdeşleşmiştir. Günümüzde, Danimarka, Finlandiya, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Norveç, Portekiz, Yunanistan gibi ülkelerde kullanılan modelin temel özelliği sağlık hizmetlerinin vergilere dayalı olarak finanse edilmesidir. Modelin diğer özellikleri sırasıyla devletin sağlık hizmetlerinin finansmanını bütçe aracılığı ile kontrol etmesi, tüm vatandaşların belirlenmiş katkı payları dışında sağlık hizmetlerine erişiminin ücretsiz olması, hekimlere verdikleri hizmetin karşılığının maaş ya da kişi başına ödeme yöntemi ile ödenmesi, kurumlar içinse merkezi idare tarafından belirlenen bütçelerin kullanılmasıdır [63].

Özel sağlık sigortasının ise ana kaynağı Amerika Birleşik Devletleri olup piyasa ekonomisinin kuralları geçerlidir. Sağlıkta adaletsizlik yarattığı gerekçesiyle çoğu ülke tarafından tercih edilmeyen bir finansman modelidir [63-65].

#### **2.2.1.4. Türkiye’de sağlık sisteminin finansman yapısı**

Türkiye’de sağlık sisteminin finansman yapısı karma özellik göstermektedir. Bir taraftan belirli bir kesim için sağlık sigortacılığı (Bismark Modeli) uygulanırken diğer taraftan kamu yardımı (Beveridge Modeli) modeli uygulanmakta olup ayrıca sistemin finansmanında özel harcamalar da pay almaktadır [66].

Türkiye’de özellikle 2000’li yılların öncesinde sağlık hizmetlerine ulaşmakta ciddi olarak sıkıntılar yaşanmış, insanların beklentileri tam anlamıyla karşılanamamış ve ilerleyen dönemlerde bazı sağlık sıkıntılarını baş gösterince sağlıkta dönüşüm bir zorunluluk haline gelmiştir [67]. Böylelikle, ülkemizde sağlıkta reform düşünceleri gelişmiş ve 2003 yılında “Sağlıkta Dönüşüm Programı” (SDP) uygulamaya konulmuştur [68].

SDP; sağlık hizmetlerinin etkili, verimli ve hakkaniyete uygun olarak organize edilmesi, finansmanının sağlanması ve sunulmasını amaçlamıştır. SDP’nin temel

ilkeleri ise; insan merkezilik, sürdürülebilirlik, sürekli kalite gelişimi, katılımcılık, uzlaşmacılık, gönüllülük, güçler ayrılığı, desantralizasyon ve hizmette rekabet olarak belirlenmiştir. Bu ilkeler çerçevesinde SDP'nin temel bileşenleri ise; planlayıcı ve denetleyici bir Sağlık Bakanlığı, herkesi tek çatı altında toplayan Genel Sağlık Sigortası, yaygın, erişimi kolay ve güler yüzlü sağlık hizmet sistemi olarak ortaya konulmuştur [69].

Sağlık hizmetlerinin sunumunun ve finansmanının ayrılmasını amaçlayan SDP ile kamuya ait üniversiteler, Türk Silahlı Kuvvetleri, Milli İstihbarat Teşkilatı, Cumhurbaşkanlığı gibi birkaç kuruma ait sağlık kurumları hariç tüm sağlık kurumları Sağlık Bakanlığı'na devredilmiştir. Bu şekilde sağlık hizmetlerinin sunumu tek elde toplanmıştır. 2006 yılına gelindiğinde ise 5502 sayılı Kanun ile aktüeryal denge, norm ve standart birliğini sağlamak için Sosyal Sigortalar Kurumu (SSK), Bağ-Kur ve Emekli Sandığı (ES) tek çatı altında Sosyal Güvenlik Kurumu'nda (SGK) toplanmıştır. Devamında ise Genel Sağlık Sigortası (GSS) sistemine 2008 yılında 5510 sayılı Kanun ile geçilmiştir [57].

GSS sisteminin en önemli hususlarından biri kapsadığı toplum kesimlerinin büyük ölçüde genişletilmiş olmasıdır. Sağlık sigortası sisteminin dışında kimsenin kalmaması sağlanmaya çalışılmıştır [70]. Dolayısıyla GSS ile amaç; tüm vatandaşlara eşit ve nitelikli sağlık hizmeti sunma, risk paylaşımı ve adalete dayalı sistem oluşturma, sağlık alanında finansal koruma sağlamadır. GSS kapsamında sağlık hizmetleri hem kamu hem de özel sektörden alınmaya başlanmış ve özel sağlık hizmet sunucularının sayısı artmıştır [57,68].

Son olarak günümüzde, Türkiye'de sağlık hizmetlerinin finansmanı SGK, merkezi yönetim bütçesi, özel sağlık sigorta kuruluşları ve cepten sağlanan kaynaklardan yapılmaktadır. Türkiye'de ikamet etmek şartı ile GSS zorunlu ve herkesi kapsamaktadır. GSS'nin gelirleri; sigorta primleri, devlet katkıları ve kullanıcı katkılarından oluşmaktadır. Sigorta primleri, gelir temelli olup gelirden belli oranda prim alınması şeklinde gerçekleşmektedir. Emeklilerden herhangi bir kesinti yapılmamakla birlikte yoksulların primleri sosyal yardımlar şeklinde devlet tarafından karşılanmaktadır. Kullanıcı katkıları GSS kapsamında yaygın olarak

kullanılmakta ve ve güncel katkı payları ve katkı paylarından muaf olma koşulları Sağlık Uygulama Tebliği'nde (SUT) yer almaktadır [57,68,71].

### 2.2.2. Sağlık ekonomisi

Ekonomi kökeni Yunanca'daki "oikia" (ev) ve "nomos" (kural) kelimelerine dayanır, "ev yönetimi" demektir. Çeşitli tanımlar ile ele alınmasına karşın sıklıkla kıt üretim faktörlerinin çeşitli mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılmak üzere nasıl seçileceğinin ve üretilen malların tüketim amacıyla toplumun bireyleri arasında nasıl dağıtılacağına incelenmesi olarak tanımlanır. Ekonomide amaç kıt kaynakların kullanılmasından en yüksek faydanın elde edilmesidir [72].

Sağlık ekonomisi, ekonomi biliminin oldukça genç bir alt dalıdır. Esas olarak 1960'larda ilgi çekmeye başladığı söylenebilir. 1970'lerde bu ilgi yaygınlaşmış ve sağlık ekonomisinin önemi giderek artmıştır [73].

Sağlık ekonomisi sağlıkla ilgili faaliyetlerin ekonomik yönü ile ilgilenmekte ve sağlık bilimine ekonomik teori ve tekniklerin uygulanmasından oluşmaktadır. Sağlık sektörüne ayrılmış olan tüm kaynakların (sağlık iş gücü, sermaye, tıbbi araç ve gereçler gibi üretim etmenlerinin) kişilere en yüksek seviyede fayda sağlanması amacıyla en etkili ve en verimli şekilde nasıl kullanılacağını araştırmaktadır [74,75].

İktisat bilimi ile ilgili kuram ve yöntemlerin sağlık hizmetleri ile ilgili tüm konulara uygulanması olarak tanımlanan sağlık ekonomisi, sağlık hizmetleri ile ilgili tüm faaliyetlerde uygulama alanı bulabilmektedir. Bu nedenle sağlık ekonomisinin ilgi alanlarına temel olarak; sağlığa ayrılan kaynakların tahsisi ve yönetilmesi, sağlık hizmeti sunucularının organizasyonu, sağlık hizmetlerinin finansmanı, sağlık alanındaki yasal düzenlemeler ve bunların ekonomik sonuçları, sağlık politikası kararları ve çıktıların değerlendirilmesi gibi konular girmektedir [76].

Aynı zamanda sağlık ekonomisi, sahip olunan kaynaklarla elde edilmesi mümkün olan en fazla sağlık getirisinin sağlanması amacıyla; alınması gereken kararların ve yapılması gereken seçimlerin neler olduğu konusunda yol gösteren bir bilim dalı olma özelliğini taşımaktadır. Sağlık ekonomisi bu uğraşısında

matematiksel modeller kullanır ve tıbbi kararların alınmasında yardımcı olarak senteze giderken biyoistatistik ve epidemiyolojinin verilerinden yararlanır [77].

Sağlık hizmeti sunumunda kullanılan kaynakların belirli dönemlerdeki miktarlarını, organizasyonunu, finansmanını, sağlık alanında kullanılmak üzere paylaştırılan kaynakların etkinliğini ve verimliliğini, bireysel ya da ulusal düzeydeki koruyucu, iyileştirici ve rehabilite edici sağlık hizmetlerini inceleyen sağlık ekonomisinin kavramları sırasıyla:

- Teknolojinin gelişmesi
- Tanı ve tedavi olanaklarının artması
- Ortalama yaşam süresinin uzaması
- Nüfus artışı
- Sağlık hizmetleri giderlerinin artması
- Sağlık bütçesine ayrılan payı giderek sınırlama eğilimleri
- Kronik kaynak sıkıntısı

şeklinde [78].

Sağlık hizmetleri alanı, diğer alanlardan daha fazla olarak devletin düzenleme müdahalelerine açık bir alan sayılmaktadır. Bunun nedeni kişilerin en öznel varlığı sayılan beden ve ruhlarına dair işlemler yapma yetkisini taşıyacak sorumlulukların üstlenilmesidir. Dünyada toplumun bütün kesimlerinin sağlık ve sağlık hizmeti beklentilerini sonuna kadar karşılamış bir ülke veya devlet hiç olmamıştır. İşte bu nedenle sağlık ekonomisi disiplini doğmuştur ve kıt kaynakların nereye ne kadar ayrılacağını bilimsel yöntemlerle çözmeye çalışmaktadır. Bu kıt kaynakların sağlık hizmeti alanı içinde en yoğun olarak harcandığı kalemler sırasıyla sağlık insan gücüne ödenen ücretler, sağlık teknolojisine ödenenler ve ilaç harcamaları olmaktadır [77].

Sağlık sektörünün ekonomik sistemi ise; arz – talep, optimal fiyat ve finansmandan oluşmuş olup özellikleri aşağıdaki başlıklar altında toplanabilmektedir:

- Sağlık hizmetlerinin talep esnekliği katıdır,
- Sağlık hizmetlerinin bir bölümü toplumsal özellik taşır,
- Sağlık hizmetlerine olan talep tesadüfidir,
- Sağlık hizmetlerinde kişinin talebini hekim belirler,
- Hasta almış olduğu sağlık hizmetlerinin kalitesini ve karakterini ölçme yeteneğine sahip değildir,
- Sağlık hizmetleri çoğu kez kar amaçlı olmayıp sosyal amaçlıdır [78,79].

### 2.3. Dünyada ve Türkiye’de Sağlık Harcamaları

Sağlık harcamaları genellikle sağlığın korunması ve geliştirilmesi adına yapılan harcamaları kapsamaktadır. Sağlık harcamalarının artması bireylerin yaşam süresini ve kalitesini olumlu etkilemektedir. Ayrıca sağlık sektörüne yapılan fiziki yatırımlar (makine teçhizat gibi) teknolojik ilerlemeyi desteklemekte, teknolojik ilerlemeler de büyümeyi uyarmakta, büyüme de sağlık harcamalarının tekrar artmasına yol açmaktadır [80].

Günümüzde gelişmiş ya da belirli bir refah seviyesine ulaşmış olan ülkeler, insan gücüne yapılan yatırım olması nedeni ile sağlık hizmetlerinin kalitesinin iyileştirilmesi için her yıl daha fazla kaynak tahsis etmektedirler. Ekonomik kalkınmanın da temel unsuru olan insan sağlığının korunup geliştirilmesi ve hastalıkların tedavi edilmesi için, gelişmiş ülkeler Gayri Safi Yurtiçi Hasıllarından (GSYİH) her geçen yıl daha fazla pay ayırmaktadırlar [81,82].

Bir ülkedeki toplam sağlık harcamalarını milli gelir, sağlık hizmetleri sunumu ve finansmanında kamu ve özel sektörün rolleri, nüfusun sosyo-ekonomik dinamikleri, sağlık hizmetlerinin göreceli fiyatı ve sağlık sisteminin kapasitesi (her 1,000 hastaya düşen sağlık personeli ve yatak sayısı, sağlık hizmetinde kullanılan teknoloji) gibi birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörler arasında gelir, özel bir öneme sahiptir. Literatür, sağlık harcamalarını en çok açıklayan etkenin gelir olduğu hususunda hemfikirdir. Sağlık harcamaları ile milli gelir arasındaki ilişkiyi bilmek, sağlık hizmetlerinin milli gelirdeki değişmelere göreli olarak nasıl tepki vereceğini tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır [68,83-85].

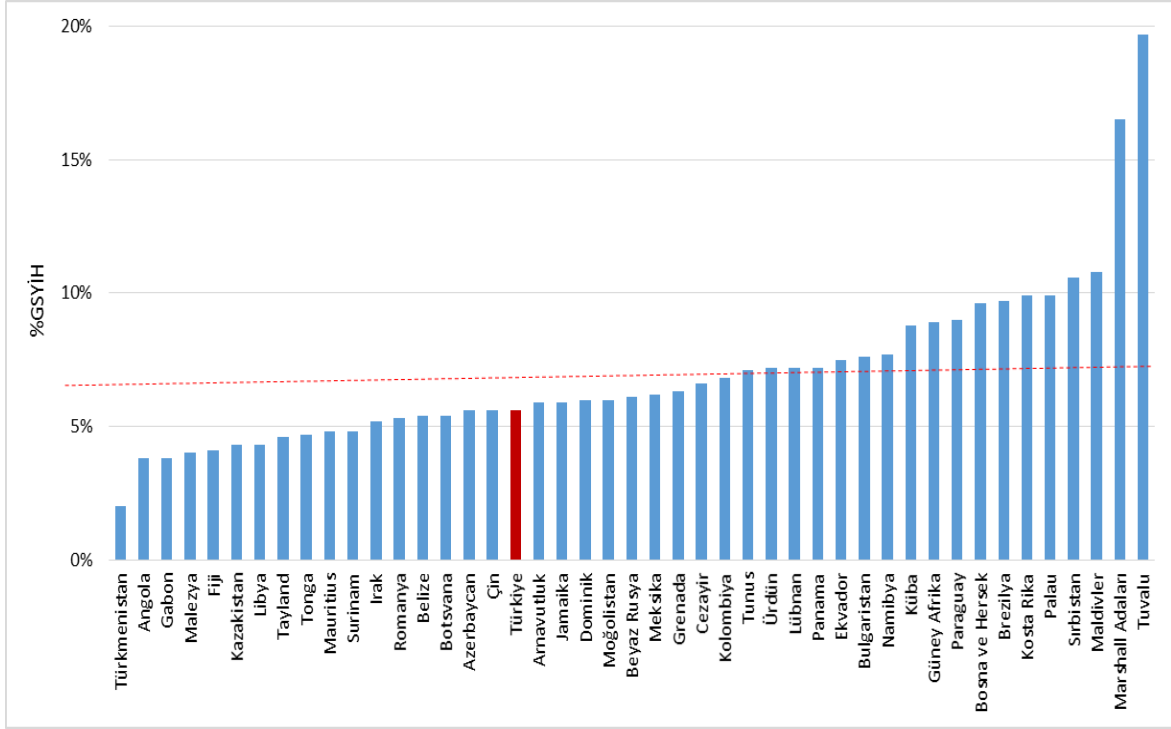
Çalışmanın bu bölümünde dünyada ve Türkiye’de yapılan sağlık harcamaları,büyüme ve gelir ilişkisi gibi çeşitleri açılardan değerlendirilecektir.

### **2.3.1. Dünyada sağlık harcamaları**

Dünya Bankası 2013 yılında ülkeleri gelir seviyesine göre sınıflandırma yoluna gitmiştir. Buna göre kişi başına düşen gelir hesaplamasında 1,046 USD. (Amerikan doları)’na kadar geliri olan ekonomiler düşük gelir seviyesinde, 1,046 USD. - 4,125 USD. arası geliri olan ekonomiler düşük – orta gelir seviyesinde, 4,125 USD.- 12,735 USD. arası geliri olan ekonomiler yüksek – orta gelir seviyesinde ve son olarak 12,735 USD. ve üstü olan ekonomiler yüksek gelir seviyesinde olan ekonomiler olarak sınıflandırılmıştır [68].

Türkiye’nin ise 2013 yılında Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından açıklanan kişi başına düşen yurt içi geliri 10,821 USD. olduğundan yapılan sınıflamada ekonomik seviyesi yüksek – orta gelir grubuna denk düşmektedir.

Dünya Bankası tarafından yüksek – orta gelir sınıfında bulunan 53 ülkenin Dünya Sağlık Örgütü tarafından 45’inin milli gelirleri içerisindeki toplam sağlık harcamalarının payı verisi elde edilebilmiştir.



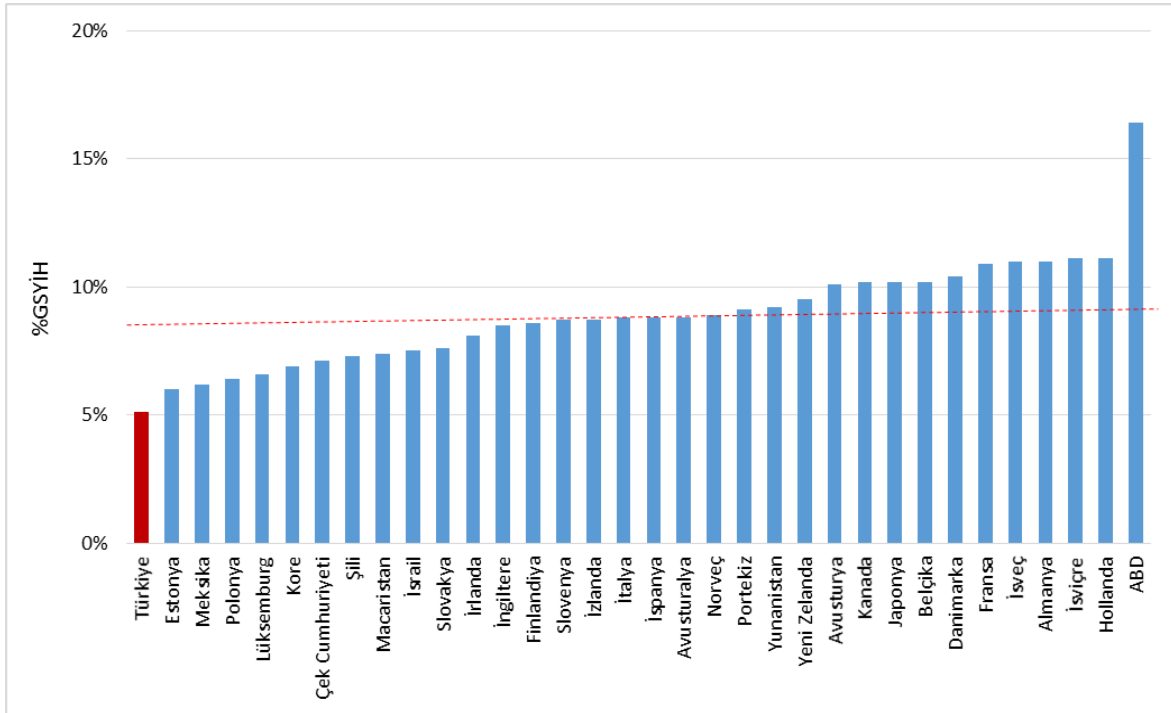
Şekil 2.2. Yüksek – orta gelir seviyesindeki ülkelerin 2013 yılında yapmış oldukları toplam sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payları

Kaynak :Dünya Sağlık Örgütü, Dünya Sağlık İstatistikleri, Web: <http://www.who.int/gho/en/Erişim:18 Şubat 2016>

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi Türkiye’nin 2013 yılında sağlık alanında yaptığı toplam harcama yurt içi gelirin yüzde 5.6’sı kadardır ve içinde bulunduğu yüksek – orta gelir sınıfının yurt içi gelir içerisindeki toplam sağlık harcamalarının pay ortalaması yüzde 7.0’dır. Azerbaycan ve Çin Türkiye ile aynı orana sahip olup grup içerisinde toplam sağlık harcamalarının yurt içi gelir içerisindeki payı en düşük olan üç ülke yüzde 2.0 ile Türkmenistan ve yüzde 3.8’lik oranlarıyla Angola ve Gabondur. Tuvalu ve Marshall Adaları ise grup içerisinde toplam sağlık harcamalarının yurt içi gelire oranının sırasıyla yüzde 19.7 ve yüzde 16.5 oranları ile en yüksek olduğu iki ülkedir.

İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) üyesi olan 34 ülkenin toplam sağlık harcamalarının yurt içi gelirleri içerisindeki paylarına bakıldığında Türkiye’nin 2013 yılında yaptığı toplam sağlık harcamalarının yurt içi gelire oranının diğer üye ülkeler içerisindeki en düşük oran olduğu görülmektedir (Şekil 2.3). Norveç’in gelirin yüzde 8.9’luk sağlık harcaması payı teşkilata üye ülkelerin ortalamasına denk düşmektedir. İngiltere yüzde 8.5’lik oranı ile ortalamanın altında kalmasına rağmen İngiltere gibi gelişmiş ekonomiye sahip Almanya ve Japonya sırasıyla yüzde

11.0 ve yüzde 10.2'lik paya sahiptir. İsveç ve Hollanda gelirlerinin yüzde 11.1'i ile sağlık harcamalarını karşılamışken ABD gelirinin yüzde 16.4'ü ile gerçekleştirdiği sağlık harcamaları üye ülkeler içerisindeki en yüksek orandır.



Şekil 2.3. OECD ülkelerinin 2013 yılında yapmış oldukları toplam sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payları

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Web: <http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>Erişim:18 Şubat 2016

Dünya Sağlık Örgütü'ne üye ülkeler buldukları kıtalara, kültürel ve demografik yakınlıklarına göre 6 bölgeye ayrılmıştır. Bu coğrafi dağılıma göre, ABD, Kanada gibi yurt içi gelirleri içinden yüksek sağlık harcamalarının yapıldığı ülkelerin bulunduğu Amerika Bölgesi küresel olarak kişi başı sağlık harcamalarının en yüksek yapıldığı bölgedir. 2013 yılında kişi başı sağlık harcamalarının 3,694 USD. olarak gerçekleştiği Amerika Bölgesinde, bu tutarın 1,816 USD.'ı kamu tarafından karşılanmıştır. Anılan yılda en düşük kişi başına sağlık harcamasının gerçekleştiği Güney Doğu Asya Bölgesi'nde, 29 USD.'ı kamu tarafından olmak üzere toplamda 71 USD. sağlık harcaması gerçekleşmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Coğrafi bölgelere göre dünyada kişi başına sağlık harcamaları

	Yıl	Kişi Başı Sağlık Harcamaları		Kişi Başı Sağlık Harcamalarında Kamu Payı	Kişi Başı Sağlık Harcamalarındaki Artış	
		Toplam	Kamu		Toplam	Kamu
Afrika Bölgesi	2013	109.0 \$	53.0 \$	48.6%	32.9%	35.9%
	2008	82.0 \$	39.0 \$	47.6%	82.2%	116.7%
	2003	45.0 \$	18.0 \$	40.0%	-	-
Amerika Bölgesi	2013	3,694.0 \$	1,816.0 \$	49.2%	17.8%	21.8%
	2008	3,135.0 \$	1,491.0 \$	47.6%	37.7%	45.0%
	2003	2,277.0 \$	1,028.0 \$	45.1%	-	-
Güney Akdeniz Bölgesi	2013	230.0 \$	122.0 \$	53.0%	36.9%	43.5%
	2008	168.0 \$	85.0 \$	50.6%	112.7%	102.4%
	2003	79.0 \$	42.0 \$	53.2%	-	-
Avrupa Bölgesi	2013	2,354.0 \$	1,753.0 \$	74.5%	1.6%	0.6%
	2008	2,318.0 \$	1,742.0 \$	75.2%	71.7%	72.0%
	2003	1,350.0 \$	1,013.0 \$	75.0%	-	-
Batı Pasifik Bölgesi	2013	711.0 \$	474.0 \$	66.7%	55.2%	51.4%
	2008	458.0 \$	313.0 \$	68.3%	51.7%	49.0%
	2003	302.0 \$	210.0 \$	69.5%	-	-
Güney Doğu Asya Bölgesi	2013	71.0 \$	29.0 \$	40.8%	47.9%	70.6%
	2008	48.0 \$	17.0 \$	35.4%	92.0%	112.5%
	2003	25.0 \$	8.0 \$	32.0%	-	-
Küresel	2013	1,040.0 \$	619.0 \$	59.5%	16.3%	15.7%
	2008	894.0 \$	535.0 \$	59.8%	49.0%	54.2%
	2003	600.0 \$	347.0 \$	57.8%	-	-
Türkiye	2013	584.0 \$	458.0 \$	78.4%	-7.2%	-0.2%
	2008	629.0 \$	459.0 \$	73.0%	158.8%	162.3%
	2003	243.0 \$	175.0 \$	72.0%	-	-

Kaynak: Dünya Sağlık Örgütü, Dünya Sağlık İstatistikleri, Web: <http://www.who.int/gho/en/>, Erişim:20 Şubat 2016

Toplam sağlık harcamalarındaki kamu payı açısından en yüksek oranlar Avrupa ve Batı Pasifik Bölgesi'nde görülmektedir. 2003, 2008 ve 2013 yılları olmak üzere beş yıllık aralıklar itibarıyla kişi başı sağlık harcamalarındaki artışlar incelendiğinde, tüm bölgelerin sağlık harcamalarında gözle görülür bir artış gözlemlenirken Avrupa Bölgesi'nin son dönemdeki artışı görece olarak daha az olmuştur. Anılan dönemler arasında tüm bölgelerde kamu eliyle yapılan sağlık

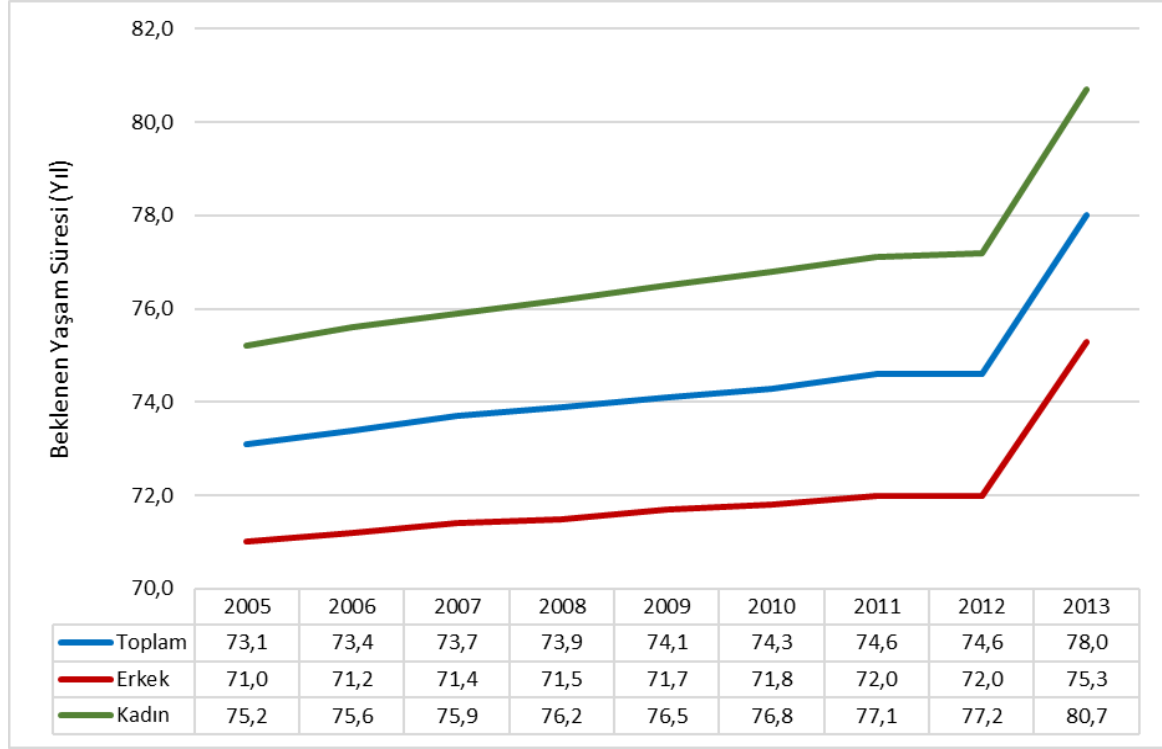
harcamalarının artış oranı azalırken Batı Pasifik Bölgesi'nde artmıştır. Son dönemde Güney Doğu Asya Bölgesi kamu harcamalarında yüzde 70.6 ile tüm bölgeler arasında en yüksek artışın yaşandığı bölge olurken Avrupa Bölgesi yüzde 0.6 ile artışın yaşandığı en düşük bölge olmuştur.

Küresel olarak yapılan sağlık harcamalarına baktığımızda ise 2008 yılında 894 USD. olan kişi başı toplam sağlık harcamaları yüzde 16.3 oranında artarak 2013 yılında 1,040 USD. olmuştur. Kişi başı kamu sağlık harcamaları da son beş yıllık dönemde yüzde 15.7 artarak 535 USD. seviyesinden 619 USD. seviyesine ulaşmıştır.

Ülkemizde kişi başı toplam sağlık harcamaları 2003 yılında 243 dolar iken 2008 yılında yüzde 159 oranında artış göstererek 629 USD. olmuştur. Ancak kur dalgalanmaları nedeniyle 2013 yılında kişi başı toplam sağlık harcamaları 584 dolar hesaplanmış ve 2008 yılına göre yüzde 7.2 oranında bir azalış söz konusu olmuştur. Çizelge Türk Lirası cinsinden değerlendirildiğinde ise 2008 yılında 813 TL. gerçekleşen kişi başı toplam sağlık harcamaları 2013 yılında 1,110 TL. seviyesinde gerçekleşmiş ve iki dönem arasındaki artış yüzde 36 oranında olmuştur. Kişi başı sağlık harcamalarında kamu payı incelendiğinde Avrupa bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de kişi başı toplam sağlık harcamalarının yaklaşık yüzde 75'i kamu tarafından gerçekleştirilmektedir.

### **2.3.2. Temel sağlık göstergeleri**

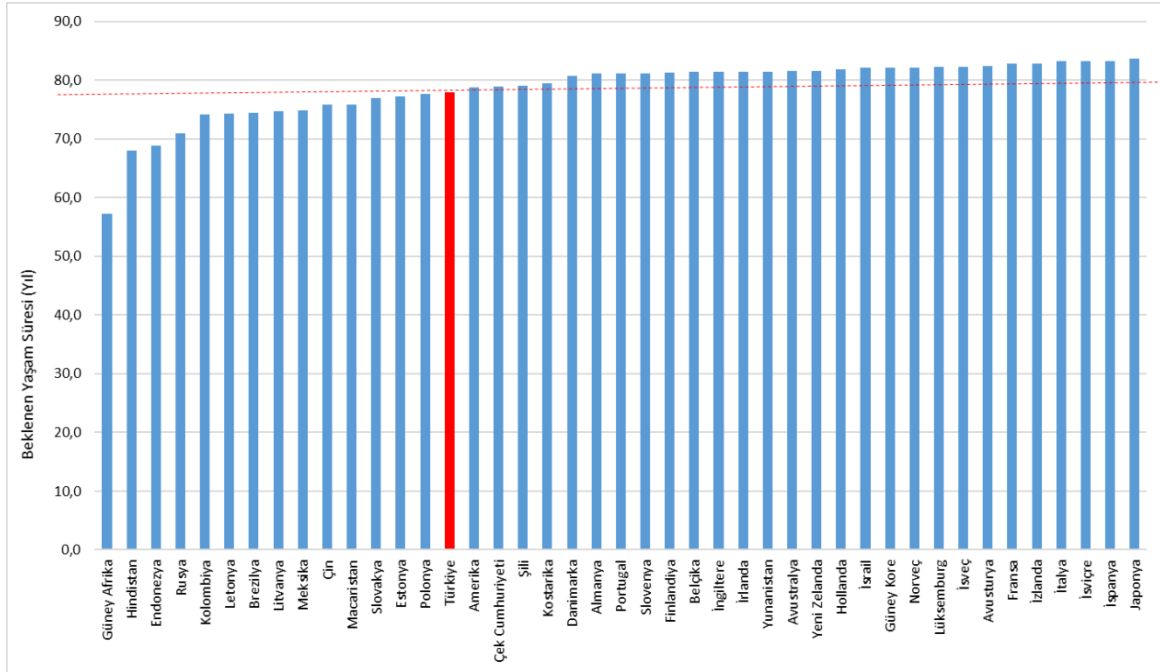
Sağlık harcamalarının sonuçları sağlık durumu göstergelerine bakılarak değerlendirildiğinden bu bölümde temel sağlık göstergeleri incelenecektir. Doğumda beklenen yaşam süresi ve bebek ölüm hızları olarak düşünülen iki temel sağlık göstergesi hem Türkiye hem de dünyadaki örnekleri ile bu bölümde değerlendirilecektir.



Şekil 2.4. Türkiye’de doğuşta beklenen yaşam süresi 2005-2013

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Yaşam Süresi, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 20 Mayıs 2016

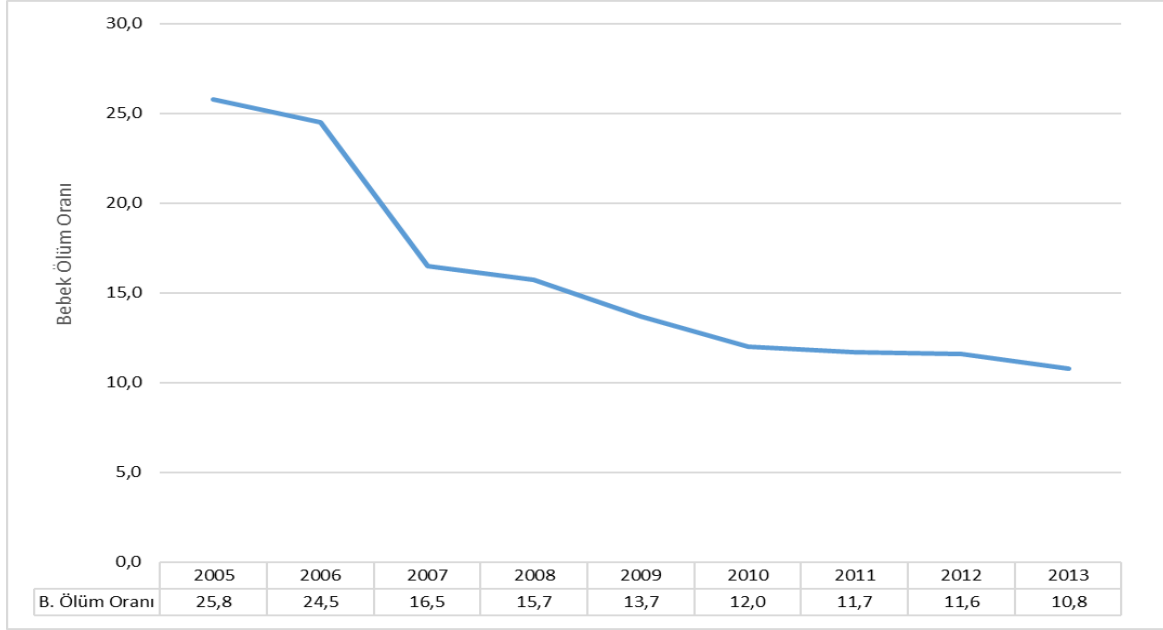
Türkiye’de doğuşta beklenen yaşam süresi cinsiyete ve toplama göre yıllar itibarıyla sürekli bir artış göstermektedir (Şekil 2.4). 2013 yılında diğer yıllara nazaran daha keskin bir yükseliş olmuşkadınlarda beklenen yaşam süresi 80.7 ve erkeklerde 75.3 olarak hesaplanmış, toplamda ise 78.0 olmuştur. Kadınların erkeklere göre daha yüksek doğuşta beklenen yaşam süresine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca kadınların 2005-2013 yılları arasında beklenen yaşam süresi yüzde 7.31 artarken erkeklerin yüzde 6.06 artmıştır. Toplamda ise 2005-2013 yılları arasındaki beklenen yaşam süresi artışı yüzde 6.70 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2.5. Dünyada doğuşta beklenen yaşam süresi 2005-2013

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Yaşam Süresi, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 20 Mayıs 2016.

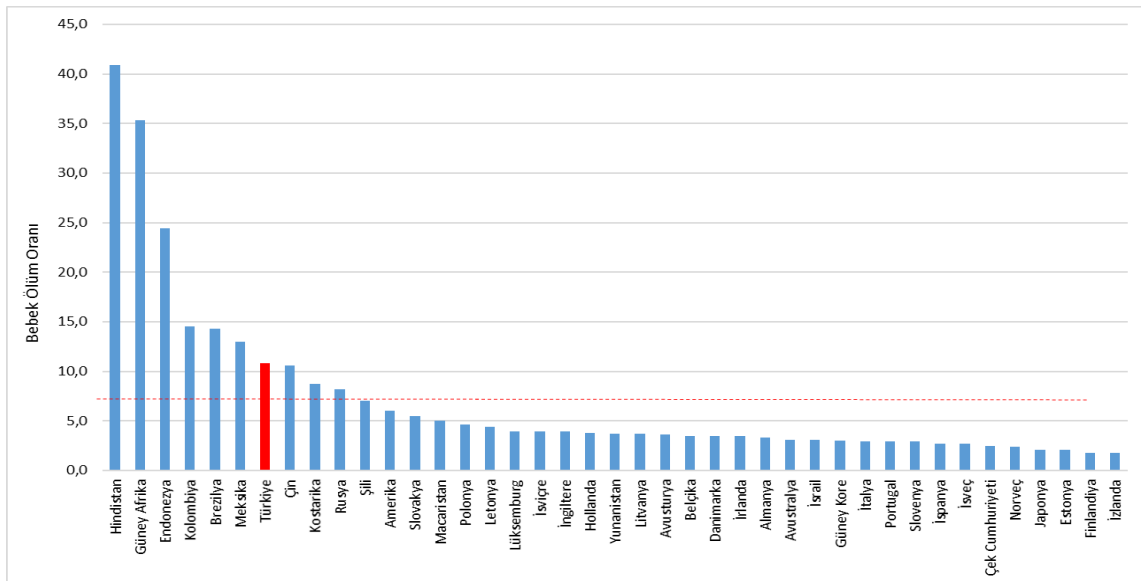
İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı verilerine göre 43 ülkenin doğuşta beklenen yaşam süreleri incelendiğinde toplamda en düşük yaşam süresinin Güney Afrika ülkesinde olduğu görülmektedir. Türkiye toplamda 78.0 yıl olan beklenen yaşam süresi ile örnekte bulunan 43 ülke içerisinde 15. sırada olup 78.7 yıl olan örnek ortalamasının çok az bir miktar altında bulunmaktadır. Dağılımda toplamda 80 yılın üzerinde beklenen yaşam süresi çoğunlukla Avrupa ülkeleri tarafından oluşmaktadır. Avrupa ülkeleri arasında 83.3 yıl ile İsviçre ve İspanya en yüksek beklenen yaşam süresine sahipken örnek genelinde ise bir Asya ülkesi olan Japonya 83.7 yıllık beklenen yaşam süresi ile en yüksek yaşam süresine sahiptir (Şekil 2.5).



Şekil 2.6. Türkiye’de 1,000 bebek başına ölüm oranları 2005-2013

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Bebek Ölümü, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 22 Mayıs 2016

Şekil 2.6’da Türkiye’de 2005-2013 yılları arası 1,000 bebek başına ölüm oranları sunulmuştur. Şekilden de görüleceği gibi Türkiye’de bebek ölüm hızı belirtilen dönemde yıllar itibarıyla düşüş göstermektedir. 2005 yılında 1,000 canlı doğum başına 25.8 seviyesindeyken 2013 yılında bu seviye 10.8’e kadar gerilemiştir. Dolayısıyla anılan dönemde bebek ölüm hızı yüzde 138.9 azalmıştır.



Şekil 2.7. Dünyada 1,000 bebek başına ölüm oranları 2013

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Bebek Ölümü, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 22 Mayıs 2016.

2013 yılı itibarıyla 1,000 bebek başına ölüm oranlarına bakıldığında bebek ölüm oranının en yüksek seviyede olduğu ülkenin Hindistan olduğu görülmektedir (Şekil 2.7). Türkiye halen örnek içerisinde 2013 yılında 7.1 olan bebek ölüm oranı ortalamasının üzerinde bulunmaktadır. Avrupa ülkeleri çoğunlukla 4.0 seviyesinin altında bulunurken bebek ölüm oranının en düşük düzeyde olduğu ülkeler 1.8 ile Finlandiya ve İzlanda'dır.

### 2.3.3. Sağlık durumu belirleyicileri

Temel sağlık göstergelerini, gelir ve sağlık harcamalarının yanı sıra; nüfusun demografik özellikleri, eğitim, beslenme durumu, doğurganlık, obezite, tütün, alkol tüketimi ve etkili koruyucu sağlık tedbirlerinin ne derece uygulandığı gibi çeşitli faktörler etkilemektedir [58]. Bu bölümde hem Türkiye hem de diğer ülke örnekleri ile doğurganlık ve eğitim faktörlerinin üzerinde durulacaktır.

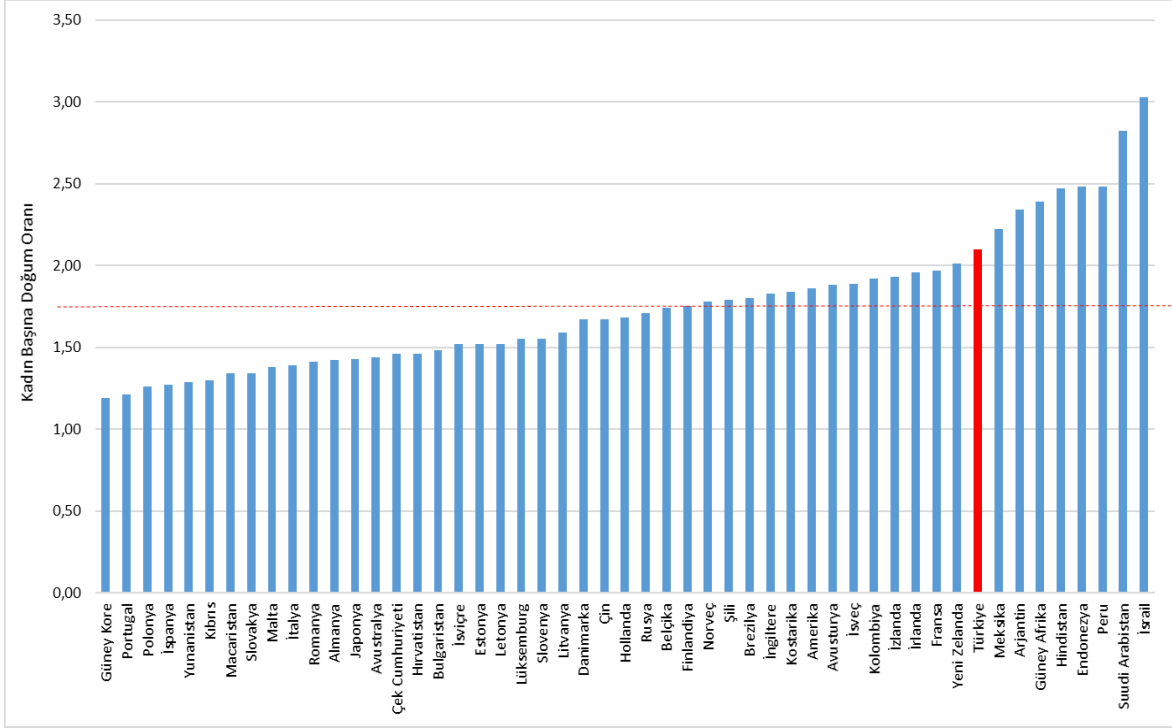


Şekil 2.8. Türkiye’de kadın başına doğum oranları 2005-2013

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, doğurganlık, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 26 Mayıs 2016.

Türkiye’de kadın başına doğum oranları seviyesi 2007 yılından 2011 yılına kadar düşüş eğilimi göstermesine karşın 2012 yılı verilerine göre yükselmiş ve 2013 yılında bir önceki yıla nazaran tekrar bir miktar azalış söz konusu olmuştur. Dikkat edileceği üzere incelenen dönem itibarıyla kadın başına doğum oranı 2.04 ve 2.16

bandında hareket etmiştir. Bu nedenle Türkiye için kadının başına çocuk sayısı yaklaşık 2'dir sonucuna varılabilmektedir (Şekil 2.8).



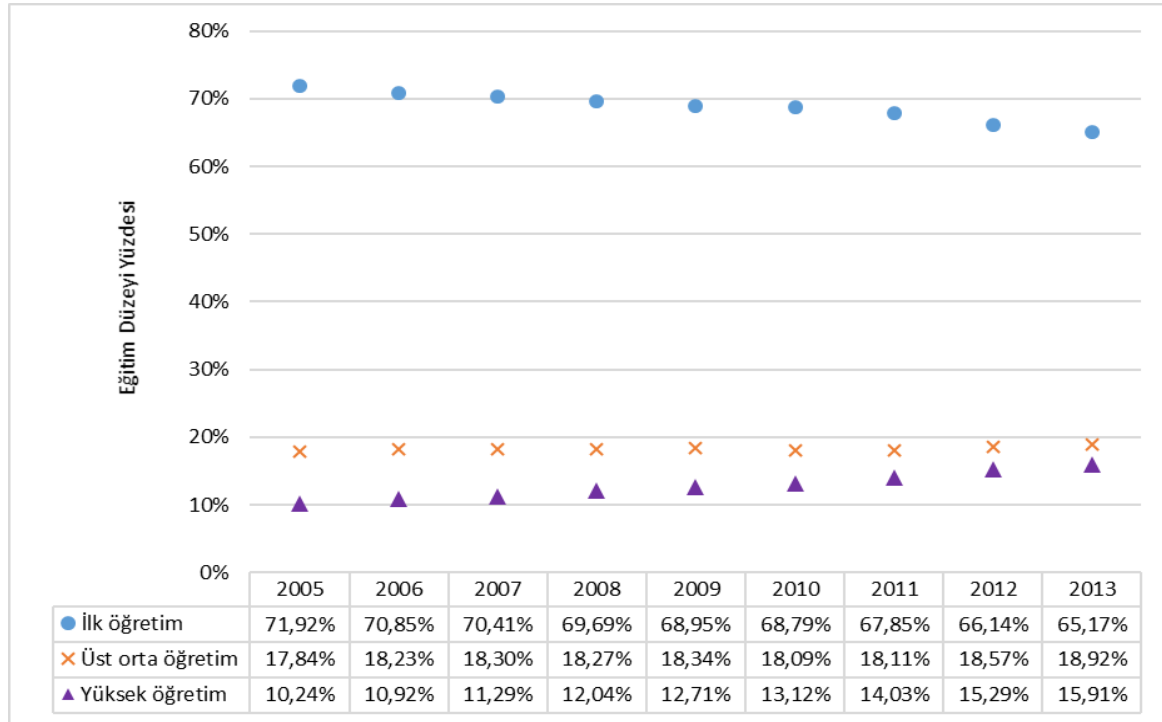
Şekil 2.9. Dünyada kadın başına doğum oranları 2013

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, doğurganlık, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 26 Mayıs 2016.

Şekil 2.9'daki 2013 yılı için dünyada kadın başına doğum oranları incelendiğinde İsrail ve Suudi Arabistan'ın sırasıyla 3.03 ve 2.82 seviyeleri ile en yüksek kadın başı doğurganlığa sahip iki ülke olduğu görülmektedir. Değerlendirmeye alınan ülkeler arasındaki doğurganlık ortalaması 1.75 olarak hesaplanmış ve Türkiye hesaplanan bu ortalamanın 2.10 olan doğurganlık seviyesi ile üzerinde kalmıştır. En düşük doğurganlık seviyesine sahip ülke ise 1.19 ile Güney Kore'dir.

Bir toplumdaki eğitim seviyesindeki artış daha birçok alanda olduğu gibi sağlık durumunun iyileşmesi açısından da önemlidir. Eğitim düzeyi yükseldikçe bireylerin sağlık ihtiyaçlarına daha bilinçli yaklaşımları, koruyucu sağlık hizmetlerine, erken tanı ve tedavi hizmetlerine talep göstermeleri beklenmektedir. Özellikle kadınların eğitim seviyesinin yükseldikçe bebek ölüm hızında azalma beklemek yerinde olacaktır [58]. Şekil 2.10'daki Türkiye'nin 2005-2013 yılları arasında ve 25-64 yaş aralığı ölçeğinde eğitim düzeyi oranları incelendiğinde anılan dönem itibarıyla

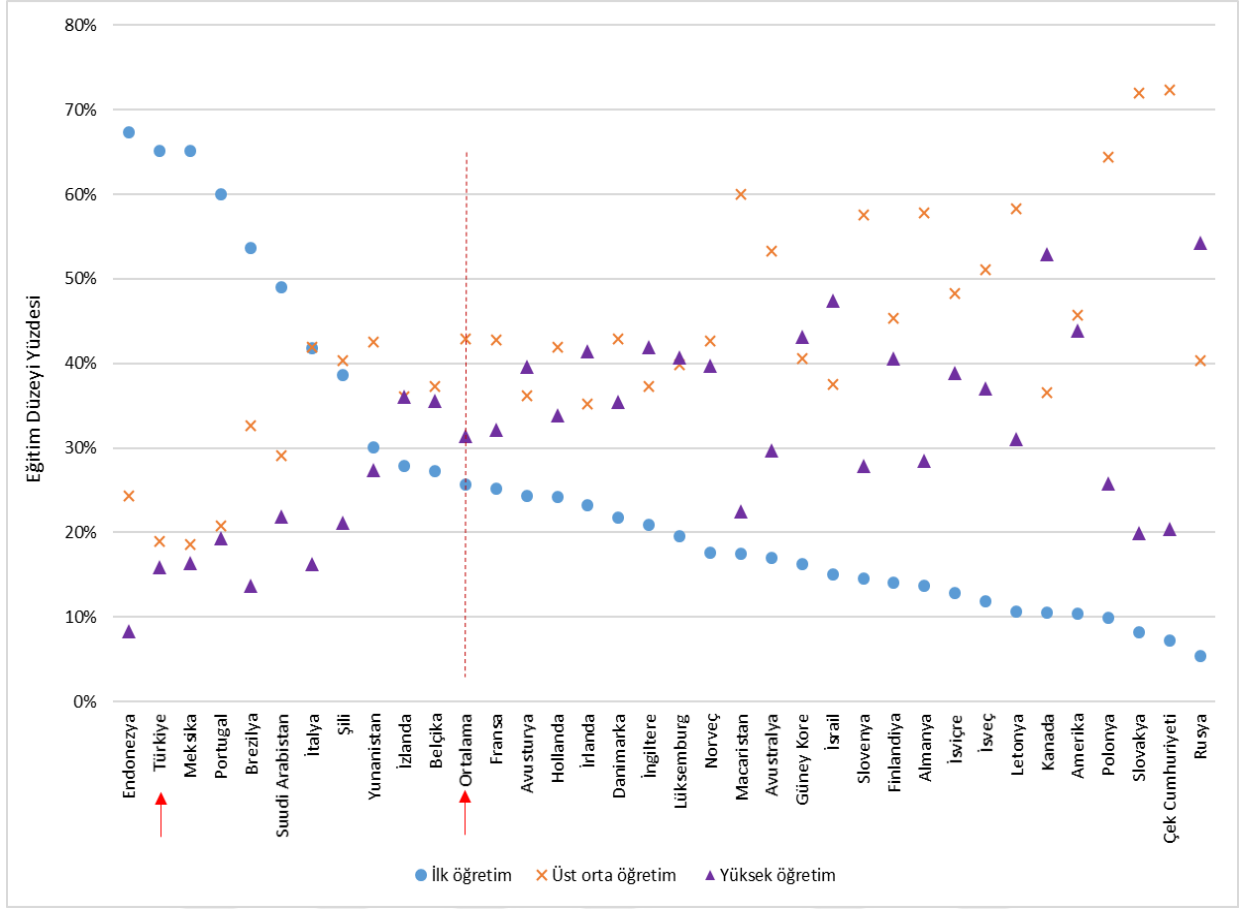
Türkiye’de eğitim düzeyinin kademeli olarak arttığı gözlemlenmektedir. 2005 yılında yüzde 71.92 olan ilk öğretim seviyesi 2013 yılında 6.75 puan azalarak yüzde 65.17 seviyesine gerilemiştir. Bu gerilemeye paralel olarak yüksek öğretim seviyesi ise 2005 yılındaki yüzde 10.24 düzeyinden 5.67 puan artarak yüzde 15.91 seviyesine yükselmiştir.



Şekil 2.10. Türkiye’de eğitim düzeyi oranları 2005-2013 (25-64 yaş aralığı)

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Eğitim Düzeyi, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 30 Mayıs 2016.

Verisi elde edile bilinen 35 ülkenin 2013 yılı için 25-64 yaş aralığı ölçeğinde eğitim düzeyi oranları Şekil 2.11.’de sunulmuştur. Buna göre Türkiye, Endonezya ve Meksika ilk öğretim seviyesi yüzde 65.0’in üzerinde bulunan böylelikle eğitim düzeyi en düşük olan grup içerisinde yer almaktadır. İlk öğretim için ortalama değer yüzde 25.6 olup en düşük ilk öğretim düzeyinde eğitime sahip olan ülke yüzde 5.32 ile Rusya’dır. Yüksek öğretim seviyesinde ise Türkiye, Endonezya ve Brezilya’nın ardından üçüncü olarak örnek içerisindeki en düşük yüzdelik dilimdedir. Yüksek öğretimde en yüksek paya sahip olan ülkeler sırasıyla Rusya, Kanada, İsrail ve Amerika gibi gelişmiş ülkelerdir. Ortalama değer yüzde 31.5 olarak hesaplanmış olup Rusya yüzde 54.3, Kanada yüzde 53.0, İsrail yüzde 47.4 ve Amerika yüzde 43.9 oranında yüksek öğretime sahiptir.



Şekil 2.11. Dünyada eğitim düzeyi oranları 2013 (25-64 yaş aralığı)

Kaynak : OECD Sağlık İstatistikleri, Eğitim Düzeyi, Web:<http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>, Erişim: 30 Mayıs 2016.

Çalışmanın bu bölümünde, tezin konusunu oluşturan sağlık harcamalarının daha iyi anlaşılabilmesi, sonraki aşamalarda konuyla ilgili analiz ve değerlendirmeler yapılırken konuya hakim olunabilmesi için; sağlık kavramı, sağlık hizmetlerine genel bir bakış, sağlık finansmanı ve ekonomisi ile birlikte ülkemizde ve dünyada gerçekleşen sağlık harcamalarına yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde tezde kullanılan ekonometrik yöntemler tanıtılacak ve incelenecektir.

### 3. SAĞLIK EKONOMİSİNDE EKONOMETRİK YÖNTEMLER

Tez çalışmasının bu bölümünde; öncelikle tezde kullanılan ekonometrik yöntemlerin daha iyi anlaşılabilmesi için sağlık ekonomisinde kullanılan araştırma yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra sırasıyla eğilim skoru eşleştirmesi (PSM), genelleştirilmiş doğrusal modeller (GLM) ve enstrümantal değişken (IV) yöntemi ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

#### 3.1. Sağlık Araştırma Yöntemleri

Sağlık Araştırmaları (epidemioloji), belirli bir popülasyonda hastalıkların ortaya çıkışı, yayılışı, bu hastalıklardan korunma ve kontrol stratejileri, yaralanma ve öteki sağlıkla ilgili olayları inceleyen bilim dalıdır. Epidemiyoloji belirli bir toplumda, sağlıkla ilgili olgu ve durumların ve bunların belirleyicilerinin dağılımının incelenmesi ve bu çalışmaların sağlıkla ilgili sorunların kontrolünde kullanılmasıdır [86,87].

Sağlık ile ilgili yapılan araştırmaların etkin, doğru ve yönlendirici olması için belirli yöntemler içerisinde uygulanması gerekir. Bu bağlamda sağlık araştırmaları başlıca iki ana başlık toplanmaktadır: Gözlemsel Araştırmalar ve Deneysel Araştırmalar. Bu ana başlıkların alt başlıkları ise aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [88].

- I. Gözlemsel Araştırmalar
  - a. Tanımlayıcı (Deskriptif) Araştırmalar
    - i. Vaka Raporları
  - b. Çözümleyici (Analitik) Araştırmalar
    - i. İlişki Araştırmaları
    - ii. Kesitsel Araştırmalar
    - iii. Vaka-Kontrol Araştırmaları
    - iv. Kohort Araştırmaları
- II. Deneysel Araştırmalar
  - a. Klinik Araştırmalar
  - b. Saha Araştırmaları
  - c. Toplum Taramaları

### 3.1.1. Gözlemsel araştırmalar

Gözlemsel alışmalar ilgilenilen olaya hiçbir müdahale (*intervention*) olmadan sadece gözleme dayanarak yapılır. Genellikle hastalıkla ilgili sıklık ve risk etkenleri gibi nitelikleri belirlemek amacıyla kullanılır. Neden-sonuç ilişkisi kesin olarak saptanamayabilir ancak kesin “neden”den çok “ilişki” (*association*) saptanabilir. Bu tür çalışmalarda doğrudan veya dolaylı olarak gözlemler ve izlemler yapılarak bilgi toplanır. Hastalarla görüşmek, hastalardan hazırlanmış anket formlarını doldurmalarını istemek veya hazırda bulunan sağlık kayıtlarını incelemeye almak gözlemsel çalışmaların veri toplama çeşitlerinden bazılarıdır. Gözlemleri tekrarlamak ise olanaksızdır [89,90].

#### Tanımlayıcı (deskriptif) araştırmalar

Gözlemsel epidemiyolojik araştırmalardan Tanımlayıcı (Deskriptif) tipteki araştırmalar bir toplumda belli bir sağlık probleminin veya hastalığın oluşumunu ve sıklığını tanımlama ile sınırlı kalır. Buna karşılık özümleyici (Analitik) epidemiyolojik araştırmalar ise bu sağlık problemi ile sağlık problemine neden olduğu düşünülen çeşitli faktörler arasındaki ilişkilerin gerçek olup olmadığını ortaya çıkarmaktadırlar [88,91].

Tanımlayıcı epidemiyolojik araştırmalar sıklıkla epidemiyolojik araştırmaların ilk basamağını teşkil etmekte olup tanımlayıcı araştırmalar ile belli bir sağlık probleminin ne sıklıkta olduğu, bu sağlık probleminin kimlerde, nerede ve ne zaman ortaya çıktığı saptanmaya çalışılır [88,91].

Tanımlayıcı alışmalar kişi, yer, zaman gibi bazı özellikler hakkında bilgi verir. Bu tür çalışmalarda genellikle rutin toplanan ve elde hazır olan veriler kullanılır, bu yüzden zaman tasarrufu sağlayan ucuz bir yöntemdir. Tanımlayıcı araştırmalar sonucunda sağlık problemi ile bu sağlık problemine neden olabileceği düşünülen çeşitli faktörler arasında bir ilişki bulunduğuna ilişkin çeşitli hipotezler ortaya atıldıktan sonra analitik epidemiyolojik araştırmalar ile bu hipotezler test edilerek gerçekten sağlık problemi ile sağlık problemine sebep olduğu düşünülen faktör

arasında ilişki olup olmadığı ortaya çıkarılır. Ayrıca tanımlayıcı çalışmalar sağlık hizmetlerinin planlanması ve önceliklerin belirlenmesinde kullanılır [88,92,93].

Gözlemlere dayanarak yeni bir keşfe yol açan temel araştırmalar da tanımlayıcı araştırmalar grubunda yer alabilirler. Bir sağlık olayını tanımak, tanıtmak, hakkında bilgi toplamak amacı ile yapılan tanımlayıcı araştırmalarda bir hipotez yoktur ve incelenen olayla ilgili bir müdahale (girişim) içermezler [93,94].

### Vaka raporları

Vaka raporları bir sağlık probleminin epidemiyolojik yönden araştırılması için bir başlangıç noktası teşkil eden çalışmalardır. Bu yönüyle vaka raporları bir sağlık problemi ile bu sağlık problemine neden olabileceği düşünülen sebepler arasında bir ilişkinin olup olmadığı hipotezini karara ulaştırmaya çalışan incelemelerdir. Bu tip araştırmalar genellikle klinisyenler tarafından ortaya atılır ve sağlık sorunu ile nedenini içeren hipotez araştırma konusu olarak değerlendirilir [88].

### Çözümleyici (analitik) araştırmalar

Gözleme dayalı çalışmaların bir diğer ana başlığı olan çözümleyici araştırmalar neden-sonuç ilişkisini analiz etmeyi amaçlar. Bulgular arasında neden sonuç ilişkisi belirleyerek, olayların nedenlerini açıklamak için yapılan karşılaştırmalı araştırmalardır. Yalnızca gözlem yaparak, var olan durumun yorumlanması ile yapılabılırler. Bu var olan durum, geçmiş olaylar ve yaşanan süreçlerle birlikte irdelenir ve aralarında olan farklılık ve ilişkileri açıklamak için geliştirilmiş olan hipotezler, bu veriler doğrultusunda istatistik yöntemler kullanılarak sınanır [94,95].

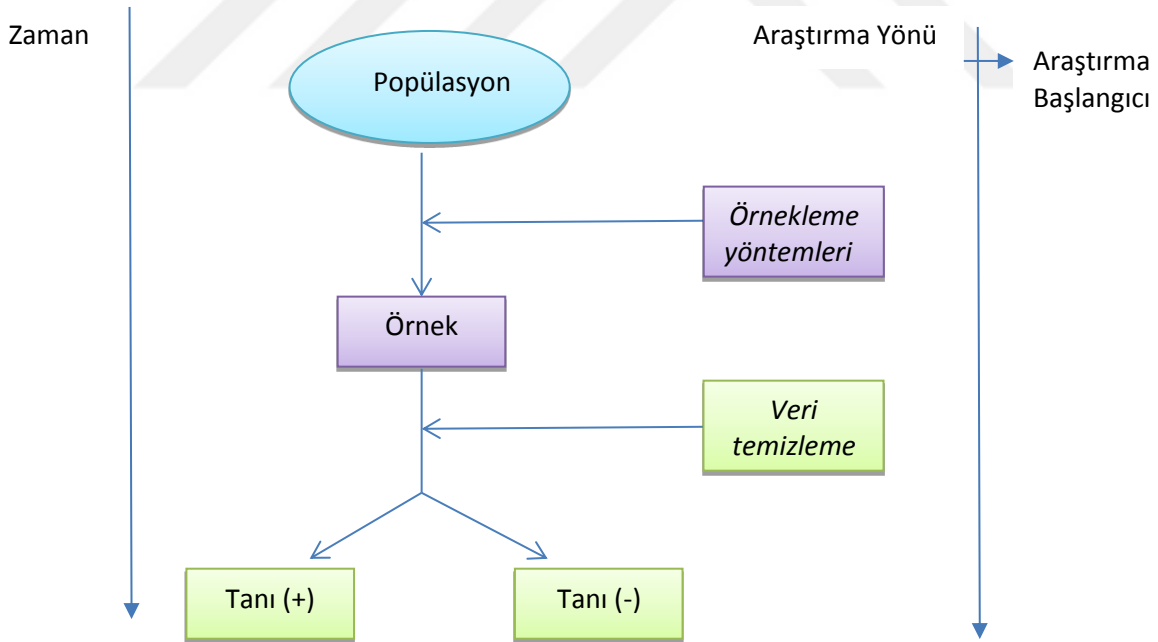
### İlişki araştırmaları

İlişki araştırmalarında elde bulunan belli bir topluluğa ait verilerin belli bir hastalık ile bu hastalığa neden olabileceği düşünülen etken arasındaki ilişkiler araştırılmaktadır. Literatürde bu tip araştırmalar korelasyon araştırmaları olarakta adlandırılmaktadır. İlişki araştırmaları aynı zamanda bir hastalık veya sağlık sorunu ile nedeni arasındaki ilişkiye dair hipotezi ortaya koyduğundan tanımlayıcı araştırmalar arasında da yer alabilmektedir. İlişki araştırmaları ile ortaya atılan

sağlık sorunu ve nedeni ilişkisi arasındaki hipotez çözümleyici araştırmalar ile doğrulanmaktadır [88].

### Kesitsel araştırmalar

Kesitsel çalışmalar (*cross-sectional studies*) sadece sağlık alanında değil sosyal bilimlerin birçok alanında kullanılmaktadır. Bu tip çalışmalar genellikle bir hastalık tanısının ya da bir sağlık sorununun yaygınlığını, tekrarlanma sıklığını (*prevelance*) veya veriler arası bazı ilişkileri araştırmak amacıyla yapılır. Hastalar ve olaylar zamanın bir noktasında incelenir ve yapılan tüm ölçümler zaman içerisinde takibe tabi olmadan bir kez alınır. Başka bir deyişle çalışmalar popülasyonun alt gruplarını temsil eden rassal örneklerde sadece bir defa veri toplanarak yürütülür. Kesitsel çalışmalar diğer çalışmalara nazaran daha hızlı sonuçlanabildiğinden avantajlıdır ancak ender görülen bir hastalık araştırma konusu ise çıkan sonuçlar güvenilir olmayabilir [96-98].



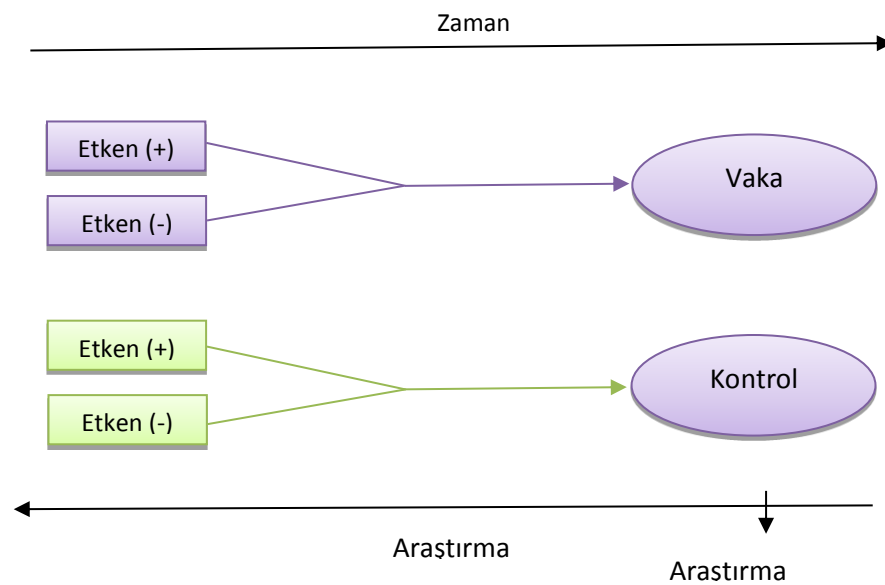
Şekil 3.1. Kesitsel araştırmalar

Şekil 3.1' de görüldüğü gibi kesitsel çalışmalarda popülasyondan istatistiki örnekleme yöntemleri ile örnek saptanır daha sonra ilgilenilen tanıya bağlı olarak veride temizleme işlemi (muayene, laboratuvar sonuçları gibi araştırma konusu ile

ilgili olabilecek değişkenlerin veriden elde edilmesi) yapıp analize başlanır. Bu tip araştırmaların olumlu yönleri arasında iş gücünden tasarruf edilerek maliyetlerin düşük olması, kısa zamanda sonuçların elde edilmesi, araştırma konusu dışında başka tanıları da analize katma olanaklarının mümkün olması söylenebilir. Eksik yönler kapsamında ise neden-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesine imkân sağlayan odds oranı veya relatif oranlar gibi epidemiyolojik ölçütlerin elde edilememesi söylenebilir [88].

### Vaka-kontrol araştırmaları

Araştırmalarda yöntemsel olarak en önemli ayırım, neden sonuç ilişkisinin nasıl incelendiğidir. Böyle bir inceleme nedenden başlayıp sonuca doğru (kohort çalışmalarda) veya sonuçtan nedene doğru (vaka-kontrol çalışmalarda) yapılır. Olgu-kontrol araştırmaları olarak da adlandırılan vaka-kontrol araştırmalarında çözümleyici epidemiyolojik araştırmaların genel amacı doğrultusunda herhangi bir sağlık problemi ile bu sağlık problemine neden olan faktörler arasındaki ilişkiler incelenmektedir. Dolayısıyla yöntemde Şekil 3.2'den de görülebileceği gibi araştırma konusu olan sağlık problemine sahip bireylerden oluşan vaka grubu ile bu belirlenen sağlık problemine sahip olmayan bireylerden oluşan bir karşı grup başka değişle kontrol grubu oluşturulmaktadır [88,99].



Şekil 3.2. Vaka-kontrol araştırmaları

Daha sonra oluşturulan gruplar ile belirlenen sağlık problemine neden olduğu düşünülen faktörler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmektedir. Vaka-kontrol çalışmaları aynı zamanda retrospektif (geri dönük) çalışmalardır. Bunun nedeni araştırmaların sonuçtan yola çıkarak bir başka değişle belirlenen hastalıktan geriye doğru ilerleyerek hastalık nedenlerinin araştırılmasıdır. Vaka-kontrol araştırmalarında hastalık durumu ve nedenleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde Çizelge 3.1 tablosundan yararlanılmaktadır [100].

Çizelge 3.1. Vaka-kontrol araştırma tablosu

	<i>Vaka Grubu</i>	<i>Kontrol Grubu</i>	<i>Toplam</i>
<i>Etken (+)</i>	A	B	A+B
<i>Etken (-)</i>	C	D	C+D
<i>Toplam</i>	A+C	B+D	A+B+C+D

Çizelge 3.1'deki değerler sırasıyla;

- A: Vaka grubunda etkene (müdahaleye) maruz kalan hastalar
- B: Kontrol grubunda etkene maruz kalan hastalar
- C: Vaka grubunda etkene maruz kalmayan hastalar
- D: Kontrol grubunda etkene maruz kalmayan hastalar

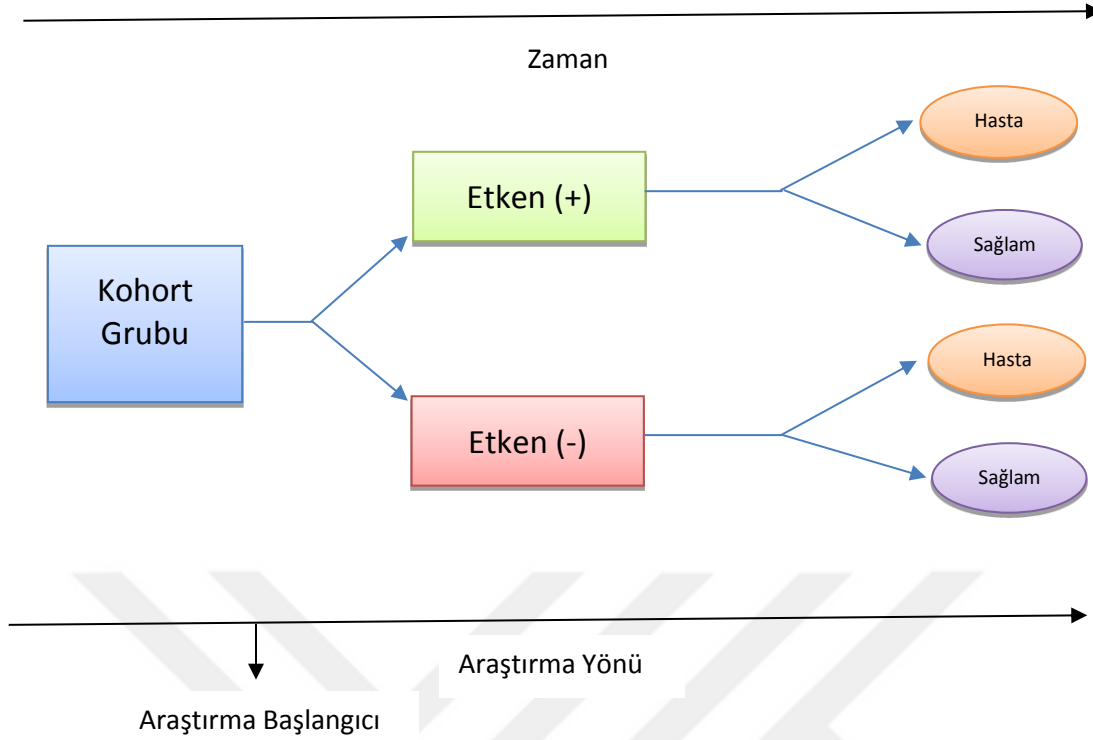
olarak açıklanmakta ve bu değerler kullanılarak epidemiyolojik ölçütler hesaplanmaktadır. Bu epidemiyolojik ölçütler arasındaki en önemli ölçüt odds oranıdır. Odds oranı ilerleyen bölümde Lojistik Regresyon başlığı altında detaylı bir biçimde incelenecektir. Gruplara seçilecek hastalar çeşitli kaynaklardan elde edilebilmekte olup grupların homojen yapıda olması önem arz etmektedir. Veri derlenmesi vaka grubu için herhangi bir sağlık kuruluşundan veya sağlık kuruluşlarının tümünden belirli bir hastalık tanısına veya hastalık tedavisi için müdahaleye sahip olan hastaların seçimi ile oluşturulabilir. Kontrol grubu için ise vaka grubunun seçildiği küme içerisinde belirlenen hastalık tanısına veya müdahalesine sahip olmayan hastaların seçimi ile oluşturulur [101-104].

Vaka-kontrol araştırmaları zaman, maliyet açısından ucuz araştırmalar olduğundan uygulaması diğer yöntemlere nazaran görece daha rahat

yapılabilmektedir. Yöntem geriye dönük bir yapıda olduğundan hastanın araştırmayı terk etme durumunun olmaması ve dolayısıyla elde edilecek sonuçların daha kesin olması yöntemin avantajları arasında yer almaktadır. Özellikle belli şartlara bağlı olarak gelişen hastalıkların daha doğru incelenmesine olanak tanınması da araştırmaların olumlu yönlerindedir. Geçmişe dönük bilgi kayıtlarının eksik olması araştırmadan elde edilecek sonuçları olumsuz etkileyeceğinden veri kalitesine ayrıca önem verilmelidir [88, 101-104].

### Kohort araştırmaları

Kohort kelimesi belli bir özellik açısından benzer olan bireylerden oluşan grup olarak tanımlanmaktadır. Epidemiyolojide ise ortak özellik taşıyan ve bir süre izlenen bir grup insan olarak tanımlanmaktadır. Ortak özellik aynı etkene maruz kalmak olabileceği gibi aynı coğrafi bölgede yaşamak da olabilir. Kohort araştırmaları ise herhangi bir sağlık problemi ile bu sağlık problemine neden olabileceği düşünülen sebep arasındaki ilişkiyi saptamak amacı ile planlanan çözümleyici çalışmalardır. Bu nedenle kohort çalışmaları nedenden başlayıp sonuca, hastalığın oluşmasına kadar araştırma grubunun izlendiği çalışmalardır. Öncelikle incelenen sağlık problemi ile ilgili tamamen sağlıklı olan bireylerden oluşan topluluktan iki grup seçilir. Şekil 3.3'ten de anlaşılacağı gibi belirlenen gruplardan birisi sağlık problemine maruz bırakılırken diğer grup aynı etkene maruz bırakılmayarak her iki grupta etken ile karşılaştıktan sonra sağlık probleminin ortaya çıkışına kadar geçen süre boyunca takip edilir [98].



Şekil 3.3. Kohort araştırmaları

Bu takip süresi sonucunda etkene maruz bırakılan ve etkene maruz bırakılmayan gruplarda sağlık probleminin ortaya çıkma sıklıkları (*incidence*) her iki grup için karşılaştırılarak sağlık problem ile nedeni arasındaki ilişkinin varlığı epidemiyolojik ölçütler kullanılarak ortaya çıkarılır. Bu nedenle bu tip çalışmaların en önemli özelliklerinden birisi hastalıkların insidansının belirlenebilmesidir. Vaka-kontrol çalışmalarının geriye dönük çalışmalar olarak nitelendirildiği gibi kohort çalışmaları da neden-sonuç ilişkisini nedenden başlayarak sonucun oluşumunu ileriye dönük izlediğinden prospektif çalışmalar olarak nitelendirilir [105].

Kohort çalışmalarının sağlık problemi ile olası nedeni arasındaki ilişki Çizelge 3.2 yardımı ile saptanmaktadır.

Çizelge 3.2. Kohort araştırma tablosu

	<i>Etkene maruz kalan grup</i>	<i>Etkene maruz kalmayan grup</i>	<i>Toplam</i>
<i>Hasta</i>	A	B	A+B
<i>Sağlam</i>	C	D	C+D
<i>Toplam</i>	A+C	B+D	A+B+C+D

Çizelge 3.2'deki değerler sırasıyla;

- A: Etkene maruz kalan grupta sağlık problemi oluşan hastalar
- B: Etkene maruz kalmayan grupta sağlık problemi oluşan hastalar
- C: Etkene maruz kalan grupta sağlıklı kalan bireyler
- D: Etkene maruz kalmayan grupta sağlıklı kalan bireyler

olarak ifade edilmektedir. Tablo değerleri kullanılarak elde edilen epidemiyolojik ölçütler sağlık problemi ile olası nedeni arasındaki ilişkinin gerçek boyutlarını ortaya çıkarmakta oldukça güvenilirdir. Bunun nedenleri; gruplardaki bireyler ileriye dönük olarak takip edildiklerinden yanlış bilgi alma gibi hafıza faktörünün etkisi en az seviyede kalması ve kohorttaki maruziyetin ayrıntılı olarak takip ve kayıt edilmesine olanak sağlamasıdır. Dolayısıyla çözümleyici araştırmalar içerisinde en güvenilir sonuçları kohort araştırmaları vermektedir. Ancak genellikle kronik hastalıklar için planlandığından hem çok büyük grupların çalışmaya alınması hem de uzun yıllar sürebilecek bir takip süresinin oluşması araştırmayı maliyet, zaman ve insan gücü açısından pahalı kılmaktadır. Ayrıca takip süresinin uzun sürmesi takip edilen bireylerin ölüm veya başka nedenler ile araştırmayı terk etmelerine neden olduğu gibi bu dönemde meydana gelebilecek savaş, doğal afetler gibi toplumsal değişimler de araştırmanın sonuçlanmamasına neden olabilmektedir [88].

### 3.1.2. Deneysel araştırmalar

Sağlık ile ilgili yapılan araştırmaların iki ana başlıkta toplandığı belirtilmiştir. Gözlemsel çalışmaların yanı sıra çalışmalar deneysel de olabilmektedir. Gözlemsel çalışmanın aksine deneysel çalışmada müdahale esastır. Araştırmacı müdahalesini yaptıktan sonra sonucu bekler, gözler ve verileri elde eder. Dolayısıyla neden-sonuç ilişkisi kesin olarak saptanabilir. Deneysel çalışmalar daha çok klinik deneme ve laboratuvar denemeleri şeklindeki çalışmalardır. Her ne kadar gözlemsel çalışmada olaylar kendi ortamında incelendiği için gerçeğe uygun sonuçlar verilebilse de deneysel çalışmalar da olaylar kendi ortamları yerine planlanmış araştırma koşullarında incelendiği için sonuçların genelleştirilmesinde dikkatli olunmalıdır. Ayrıca gözleme dayalı çalışmalardan farklı olarak deneysel çalışmalarda deneyin her zaman tekrarlanabilme olanağı vardır [96].

Deneysel araştırmalarda yeni bir müdahalenin (girişimin) etkisi, ileriye dönük olarak veri toplanarak, bulgular müdahalenin yapılmadığı durumla karşılaştırılarak arada olabilecek farklılık belirlenerek ölçülebilmektedir. ngrlen bir iyileşme, etkileşme hipotezi, bu veriler doğrultusunda, istatistik yöntemler kullanılarak irdelenir. Deneysel teknikte, klinikte ya da sahada bir sağlık sorunu olan insanlara, ilaç ve koruyucu ya da tedavi edici uygulamalar gibi yeni bir girişim uygulanarak bu girişimin bireyler, gruplar üzerindeki etkisi de ölçülebilmektedir. Sonuçlar, benzer özellikleri olan, ancak bu uygulamadan yararlanmamış bir kontrol grubunun benzer zaman diliminde elde edilen bulguları ile karşılaştırılarak yorumlanır. Girişim yapılan grupta, girişimden yararlanmamış olan kontrol grubuna göre istatistik olarak anlamlı bir iyileşme belirlenirse, girişimin etkili olduğuna sonucuna varılmaktadır [94,106].

Deneysel araştırmalar klinik araştırmalar, saha araştırmaları ve toplum taramaları olmak üzere üç başlıkta incelenir.

### Klinik araştırmalar

Klinik araştırmalar gönüllülerle yapılan ve belli bir sağlık sorununu hakkında önceden belirlenmiş, cevabı bilinmeyen bir soruyu aydınlatmaya yönelik bilimsel araştırmalardır. İnsanlardaki hastalıklara karşı yeni tedavi yöntemleri geliştirilmesi açısından güvenli ve hızlı yöntemlerdir. Belirli bir hastalıktan korunmaya yönelik uygulamalar, yeni tedavi yöntemlerini araştırmak veya bilinen bir tedavi yönteminin daha etkin kullanım şeklini bulmaya yönelik çalışmalar, yeni tanı yöntemlerinin geliştirilmesi, ciddi hastalığı olan kişilerde yaşam kalitesini geliştirmeye yönelik çalışmalar klinik araştırmaların konularındandır [107].

Birçok klinik araştırma, yeni bir ilaç veya tıbbi aletin insanlarda kullanımının etkin ve güvenilir olup olmadığını göstermek için yapılmaktadır. Bu tür çalışmalarda yeni tedavi yönteminin halen kullanılmakta olan yöntemlerle kıyaslaması yapılmaktadır. Bir hastalığın halen mevcut olan tedavi yöntemine "standart tedavi" adı verilir. Klinik alışmalar aynı zamanda standart tedavinin farklı biçimlerde kullanılmasını da araştırabilmektedir. Bu sayede standart tedavi yönteminin daha etkin, daha kolay uygulanabilir veya daha az yan etkiye sahip olup olmayacağı ortaya çıkabilmektedir. Bunların yanı sıra klinik araştırmalar, tedavi yönteminin farklı

insan grupları üzerinde en etkin nasıl kullanılabilceği sorusuna yanıt aramak için de yapılabilmektedir [108].

Klinik araştırmalar kontrollü ve kontrolsüz araştırmalar olmak üzere iki şekilde de planlanabilmektedir. Kontrollü araştırmalarda etkinliği araştırılan tedavi yöntemi placebo grubu ile karşılaştırılmakta kontrolsüz çalışmalarda ise incelenen deney grubunun tümüne aynı tedavi yöntemi uygulanarak bu yöntemin etkinliği test edilmektedir. Klinik araştırmalar arasında yer alan kontrollü araştırmalar kontrolsüz araştırmalara göre bilimsel değeri daha fazla olan araştırmalardır [109]

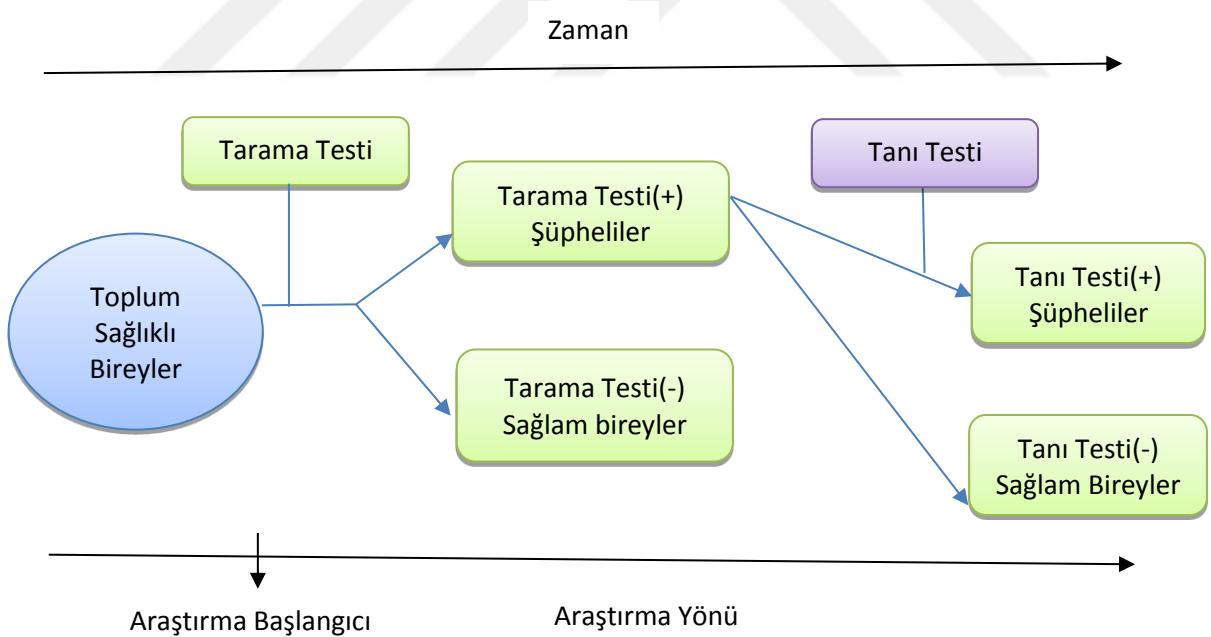
Yapılan tüm klinik çalışmalarda hekimler ve diğer sağlık çalışanları TC Sağlık Bakanlığı tarafından, uluslararası standartlara uygun belirlenmiş katı kurallara uygun biçimde araştırmayı sürdürmektedirler. Bu kurallar çalışmaya katılan gönüllülerin güvenliğini sağlamaya yönelik olarak belirlenmiş olup, klinik çalışmanın etkinliği ve güvenliği açısından çalışma süresince ve çalışma bitiminden sonra da sürekli denetlenmektedir [110].

### Saha araştırmaları

Deneysel araştırmaların ikinci alt başlığı olan saha araştırmaları insanların belirlenen bir konu hakkında ne düşündüğü ve konunun gerçekteşmesi durumunda ne gibi davranışlar sergileyeceğini yazılı ve sözlü olarak sorulan sorular yardımı ile bilgi almayı amaçlamaktadır. Saha araştırmalarında kullanılan yaklaşımlar ve yöntemler elde edilmek istenen bilginin niteliğine göre değişim gösterebilmektedir. Saha araştırmaları anket ve mülakat olmak üzere iki teknik ile yapılabilmektedir. Anket tekniği soruların kâğıt üzerinde sorulması ve cevaplanması esasına dayanmaktadır. İnsanlarla görüşme gibi yüz yüze yapılmadığından yapay bir görünümde olsa da maliyeti düşük olduğundan tercih edilen bir yöntemdir. Mülakat tekniği ise kişiler ile karşılıklı konuşarak ve çeşitli soruların cevabı istenerek yapılmaktadır. Alınan cevaplar sadece sözcükleri değil insanların ruh hali ve mimiklerini de içereceğinden daha kapsamlı ve samimi bilgiler alınabilmektedir [111].

## Toplum taramaları

Dünya Sağlık Örgütü tarafından toplum taraması ile ilgili olarak “Tarama; Sonuçları çabuk alınabilen ve kolay uygulanabilen pratik yöntemler kullanarak, toplumda görünüşte sağlıklı olan fakat sağlık problemine sahip olma olasılığı bulunan bireylerin belirlenmesi veya diğer bir deyişle sağlık problemi olan bireylerin sağlıklı bireylerden ayrılması” tanımını yapmıştır. Dolayısıyla bu tip araştırmalar erken tanı amacı için kullanılan araştırmalardır çünkü normal şartlar altında herhangi bir sağlık problemine yakalanan kişi genellikle bu sağlık problemi ile ilgili semptomlar oluşuktan sonra sağlık kuruluşuna başvurmaktadır. Özellikle bazı hastalıkların belirtileri ortaya çıktıktan sonraki dönemde saptanmaları tedavideki başarı oranını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu tip olumsuzlukların önlenmesi için; sağlık probleminin bir takım belirtilerinin kişide ortaya çıkmadan önce “toplum taramaları” ile ortaya çıkarılması mümkün olmaktadır. Bu bağlamda toplum taramaları gerek kişiler gerekse toplumun sağlığı açısından önemli uygulamalardır.



Şekil 3.4. Toplum taramaları

Şekil 3.4’te de görüldüğü araştırma görünüşte tamamen sağlıklı olan bireyler üzerinde uygulanmaktadır. Sağlıklı bireylere ucuz ve uygulanması kolay olan bir tarama testi (fizik muayene, laboratuvar testi, anket vd.) uygulanır ve bu test sonucuna göre sağlıklı bulunan bireyler ayrılır. Geriye kalan hasta veya hastalık

şüphesi olan bireylere ise o hastalık için daha kesin tanı yöntemleri ile hastalık teşhisi konulur. Kesin tanı yöntemleri ile hasta tespit edilmeyenler ise sağlam olarak ayrılırlar. Kesin tanı yöntemlerine göre hastalık tanısı konulanlar ise tedavi altına alınırlar [112].

Tarama testleri sağlık problemine kesin tanı koyan yöntemler değildirler. Bu testler ile ancak sağlık problemi şüphesi olan bireyler ortaya çıkarılır ve bu kişilerin ancak bu sağlık problemi için kesin tanı yöntemleri kullanılarak kesin teşhisleri sağlanabilir.

### 3.2. Eğilim Skoru Eşleştirme

Gözlemsel çalışmalardaki ana sorun hastaların tedavi veya kontrol gruplarına atanma işlemlerinin rassal şekilde yapılamamasıdır. Bunun sonucunda tahmin edilecek tedavi etkisi yanlı olabilmektedir. Bu bağlamda rassal kontrol denemeleri (*randomized control trials*) tedavi etkisini saptamak adına ideal bir yoldur çünkü rasgeleleştirme gerçekleştiğinde tedavi ve kontrol grupları arasında ölçülebilen ve ölçülemeyen farklılıklar minimize edilmiş olur. Ancak gerçek dünyada rastgeleleştirme işlemi yapılarak elde edilmiş verileri bulmak oldukça zordur. Rossi ve Freeman 1993 yılında yayınladıkları kitaplarında bu zorlukları 5 ana başlıkta toplamışlardır, bunlar [4] :

1. Tedavi ve kontrol gruplarını oluşturacak yeterli sayıda hastaya ulaşamaması,
2. Hastanın uygulanılan tedaviden kuşku duyması ve sürecin devamını getirmeyi reddetmesi,
3. Zaman ve maliyet kısıtlarının bulunması,
4. Toplum adına yapılacak genellemenin daha sınırlı olması,
5. Çalışma bütünlüğünün her iki grupta bulunan hastalar tarafından öncesinde yapılan sözleşmeye uyulmaması nedeniyle bozulmasıdır [113].

Bu sayılan zorluklar sebebiyle tedavi ve kontrol gruplarındaki hastaların araştırma tamamlanıncaya kadarki devamlılıklarını sağlamak çok güçleşmektedir. Ayrıca deneme sürecinde hastalarda başka hastalıklar oluşabilmekte hatta ölüm

olayları ile karşılaşılabilmektedir. Dolayısıyla bazı hastalar değerlendirme dışında tutulabilmekte ve klinik araştırma başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir [114].

Bu şartlar altında rassal kontrol denemeleri sıklıkla yapılamamaktadır. Bu nedenle bir gözlemsel çalışma içerisinde gruplara ayrılacak hastaların seçimini iyi tasarlanmış şekilde yapabilecek ve böylelikle tedavi etkisindeki yanlılığın bir başka değişle gözlenebilen yanlılığın üstesinden gelebilecek bir yönteme ihtiyaç duyulmaktadır. Eğilim skorları eşleştirme yöntemi bu amaca yönelik geliştirilmiş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır [5]. Esasen eğilim skoru hastanın cinsiyet, demografik ve klinik unsurları gibi özellikleri koşul iken hastanın tedavi edilebilme olasılığıdır. Eğer biri tedavi ve diğeri kontrol grubunda olmak üzere iki hastamız var ve bu hastaların eğilim skorları birbirine eşit veya benzer ise hastaların tedaviden yanıt alma veya almama olasılıkları birbirine denk demektir. Böylelikle hastaların gruplara rassal bir şekilde atandığı düşünülebilmektedir. Eğilim skoru gözlenebilen özelliklerin bir fonksiyonu olarak genellikle lojistik regresyon ile tahmin edilmektedir. Oluşturulan model sonucu elde edilen olasılık değerlerine bakılarak seçilen eşleştirme yöntemine göre eşleştirmeler yapılır. Bu yolla yani eğilim skorları eşleştirilerek dengeli gruplar oluşturulur. Tedavi ve kontrol grupları birbirine ne kadar benzer ise o kadar güvenilir sonuçlar ortaya çıkacaktır. Eğilim skorları literatürde çoğunlukla 5 farklı yöntem ile yapılır. Bu yöntemler [7];

1. En Yakın Komşu Eşleştirme (*Nearest Neighbor Matching*)
2. Kaliper Eşleştirme (*Calliper ve Radius Matching*)
3. Tabakalı Eşleştirme (*Stratified Matching*)
4. Kernel Eşleştirme
5. Mahalanobis Eşleştirme

olarak adlandırılır. Bu yöntemler arasında hangi yöntemin kullanılacağı verinin yapısına, varyansına ve yanlılık seviyelerine göre değişmektedir. Yöntemler çalışmanın ilerleyen aşamalarında ayrı ayrı inceleneceği gibi bir deneyde zaman içerisinde oluşan bazı dışsal değişkenlerdeki değişimin, çevresi üzerine yaptığı etkiyi görmek amaçlı kullanılan farkların farkı (*difference in differences*) yönteminden de bahsedilecektir.

### 3.2.1. Eğilim skoru eşleştirme analizi

Eğilim skorları eşleştirme analizi ilk olarak 1983 yılında Rosenbaum ve Rubin tarafından ele alınmış ve geliştirilmiştir. Gözlemsel çalışmalarda otuz yılı aşkın bir süredir artarak kullanılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde analizin yöntemsel açıklaması ve çıkarımları verilecektir.

$n$  birim (kişi sayısı) olmak üzere  $z$  tedavi durumu ve  $r$  tedaviye verilen muhtemel yanıt olarak tanımlandığında her bir kişi için  $z_i = 1$  ( $i = 1, \dots, n$ ) eşitliği  $i$  kişinin tedavi grubunda olduğunu,  $r_{1i}$  tedavi grubundaki kişinin muhtemel yanıtını,  $z_i = 0$  olduğunda ise  $i$  kişinin kontrol grubunda yer aldığı ve  $r_{0i}$  kontrol grubundaki  $i$  kişinin muhtemel yanıtını göstermektedir. Dolayısıyla araştırmaya konu olan tedavi etkisi

$$\Delta_i = r_{1i} - r_{0i}$$

olarak hesaplanmaktadır [5,115,116].

Ancak aynı kişi aynı anda hem tedavi grubunda hem de kontrol grubunda olamayacağından her bir kişi için  $r_{1i}$  ve  $r_{0i}$  muhtemel yanıtları aynı zamanlı gözlemlenemeyecektir. Bu nedenle araştırmacı popülasyonun ortalama tedavi etkisini (*average treatment effect, ATE*) tahmin edebilir. Ortalama tedavi etkisi  $E(r_1)$  tedavi grubundaki bütün kişilerin beklenen yanıtı ve  $E(r_0)$  kontrol grubundaki bütün kişilerin beklenen yanıtı olmak üzere

$$ATE = E(r_1 - r_0) = E(r_1) - E(r_0)$$

şeklinde ifade edilir. Böylelikle rassal kontrol denemelerinde rastgeleleştirmeden ötürü tedavi grubundaki ortalama gözlenebilen ve gözlenemeyen özellikler ile kontrol grubundaki ortalama gözlenebilen ve gözlenemeyen özellikler arasında sistematik olarak farklılık olmayacağından tedavi etkisinin tahmini yansız olmaktadır [117,118].

Ancak gözlemsel çalışmalarda gözleme dayalı üretilen veri (*observational data*) gruplara ayrılır iken seçim yanlılığı (*selection bias*) sorunu oluşabilmektedir.

Tedavi grubu ile kontrol grubu karşılaştırılmayacak duruma gelmekte ve bunun sonucunda elde edilecek ortalama tedavi etkisi ise yanlı olabilmektedir. Gözleme dayalı üretilen veride seçim yanlılığı açık (*overt*), gizli (*hidden*) veya her iki yanlılığı da kapsayacak şekilde olabilir. Eğilim skorları analizi tedavi ve kontrol grupları arasındaki gözlenebilen özelliklerin dağılımını başka bir değişle verideki açıklayıcı değişkenleri dikkate alıp dengeli gruplar temin ederek açık (gözlenebilen) yanlılığı azaltmayı amaçlar. Dolayısıyla eğilim skorları analizi gözlemsel çalışmalarda gizli (gözlenemeyen) etkilerin bulunmadığı varsayımı altında ortalama tedavi etkisini yansız olarak elde edebilir [5,119].

Ayrıca ortalama tedavi etkisi her zaman araştırılan nicelik olmayabilir. Araştırmacı tedavi grubu içerisinde belirli bir doktorun uyguladığı tedavinin etkisini de araştırabilir. O zaman ortalama tedavi etkisi tedavi grubu için olacak (*average treatment effect for the treated*) ve

$$ATE = E(r_1 - r_0 | z = 1) = E(r_1 | z = 1) - E(r_0 | z = 1)$$

eşitliği ile hesaplanacaktır. Dikkat edildiği üzere  $z = 1$  olduğunda  $r_0$  muhtemel yanıtı yine hiçbir zaman gözlemlenemeyeceğinden yukarı kısımda sözü edilen sorunlar benzer bir biçimde tekrar yaşanacak ve sorunun çözümü için yine eğilim skorları analizi kullanılacaktır [118,120].

### 3.2.1.1. Eğilim skoru ve varsayımları

Gözleme dayalı veri her bir  $i$  kişisi için  $z_i$  tedavi durumu,  $r_i$  yanıt ve  $K$  kontrol değişkenleri sayısı olmak üzere  $x_i = (x_{ik}, \dots, x_{iK})'$  kontrol değişkenleri vektöründen oluşsun. Eğilim skoru kontrol değişken vektörü koşulu altında kişinin tedavi grubuna atanma (tedaviyi alma) olasılığı olarak tanımlanır. Eğer eğilim skoru fonksiyonu  $e(x_i)$  ise koşullu olasılık

$$e(x_i) = pr(z_i = 1 | x_i) \tag{3.1}$$

olarak ifade edilir [106].

Tedavi ve kontrol gruplarına atanacak kişilerin tedavi öncesi özelliklerinin koşullu dağılımlarının aynı olmasının sağlanmasında kullanılan eğilim skoru bu özelliğiyle aynı zamanda dengeleme skoru olarak tanımlanır ve yansız tahmin edici oluşturabilmesi için iki temel varsayıma ihtiyaç duyar.

1. Tedavide kararlılık (*stable unit treatment value assumption – SUTVA*)
2. Güçlü bağımsızlık (*strong ignorability*)

Tedavide kararlılık varsayımı tedavi durumundaki birimin başka bir birimi etkilememesi olarak açıklanır. Örneğin tedavi grubundaki bir hasta tedavi sürecinde yaşadığı deneyimleri kontrol grubundaki başka bir hastaya aktarırsa diğer hastanın vereceği muhtemel yanıt değişebilir. Böylelikle hesaplanan tedavi etkisi sapmalı olabilir [121,122].

Diğer bir varsayım olan güçlü bağımsızlık ise iki aşamada gösterilebilir:

1.  $(r_{1i}, r_{0i}) \perp z_i | x_i$
2.  $0 < e(x_i) < 1$

Varsayımlardan ilki kontrol değişkenler veri iken tedavi durumu ve muhtemel yanıtların birbirinden bağımsız olduğudur. İkinci varsayım ise tedavi ve kontrol grupları için elde edilecek skorların bilinen olasılık kısıtları içerisinde olacağıdır. Rosenbaum ve Rubin makalelerinde bu varsayımı geliştirerek kontrol değişkeni koşulundaki bağımsızlığın eğilim skoru fonksiyonu koşulu altında da geçerli olduğunu göstermişlerdir. Dolayısıyla varsayım aynı zamanda

$$(r_{1i}, r_{0i}) \perp z_i | x_i \Rightarrow (r_{1i}, r_{0i}) \perp z_i | e(x_i)$$

ifadesini kastetmektedir. Böylelikle (3.1) eşitliği

$$pr(z_1, \dots, z_n | x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n e(x_i)^{z_i} \{1 - e(x_i)\}^{1-z_i}$$

ile elde edilebilir.

Sonuç olarak varsayımlar sayesinde kontrol değişkenleri koşulu altında her bir birimin eğilim skoru hesaplanıp skorlar üzerinden eşleşme yapılacak ve grup atamaları gerçekleşecektir. Oluşan gruplar birbirinden bağımsız ve birbirini etkilemeyecek olacağından seçim yanlılığı yaşanmayacak ve tahmin edilecek ortalama tedavi etkisi yansız olacaktır [5].

### 3.2.1.2. Eğilim skoru tahmini

Daha önce de belirtildiği üzere, eğilim skorları gözlenebilen özelliklerin bir fonksiyonu olarak genellikle lojistik regresyon ile tahmin edilmektedir. İkili sınıflandırma içeren bağımlı değişkenin (*binary variable*) tahmininde kullanılan lojistik regresyon kavramına çalışmanın bu bölümünde değinilecektir.

#### Lojistik regresyon

Lojistik regresyon ekonometrideki diğer modeller gibi bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin varlığını kabul edilebilir bir model ile saptamaya çalışır. Lojistik regresyonun en belirgin özelliği bağımlı değişkenin ikili sınıflandırma içeren değişken olarak belirlenmesidir. Örneğin bu değişken; başarılı-başarısız, hastanın hamile olması-hastanın hamile olmaması gibi değişkenler olabilir. Dolayısıyla analize girecek veride bağımlı değişken 1 ve 0 değerleri ile etiketlenir. Model ise  $X_i$  kontrol değişkenleri ve  $logit(p) = \ln \frac{p}{1-p}$  olmak üzere

$$logit(p) = \beta x_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + u \quad i = 1, \dots, n$$

olarak kurulur [116].

Bu noktada lojistik regresyon kavramını daha iyi anlamak için literatürde kullanılan dört önemli terimi açıklamakta fayda olacaktır. Bunlardan ilki “odds” terimidir. Odds başarının (veya incelenen durumun) görülme olasılığının  $p$  ve başarısızlık veya durumun görülmemesi olasılığının  $1 - p$  olmasıdır. İkinci terim ise odds oranıdır (*odds ratio*). Odds oranı elde edilen iki odds’un birbirine oranlanmasıdır. İki değişken arasındaki ilişkinin özet bir ölçüsünü vermektedir. Üçüncü terim lojit (*logit*) terimidir. Odds oranının doğal logaritması alınarak

hesaplanır. Odds oranı asimetrik bir dağılım sergilediğinden doğal logaritma ile elde edilen lojit oranları simetrik hale dönüştürür. Dördüncü ve son terim lojit katsayılarıdır (*logit coefficients*). Lojit katsayıları da modeldeki  $\beta$  katsayılarının karşılığı olarak ifade edilmektedir [124].

Lojistik regresyonun doğrusal regresyona göre önemli avantajı doğrusal regresyon modellerinin gerek duyduğu varsayımlara ihtiyaç duymamasıdır. Bu nedenle araştırmacılara önemli esneklik sağlar. Buna ek olarak Lojistik regresyon ile doğrusal regresyon yöntemleri arasındaki fark üç temel başlıkta toplanabilmektedir:

1. Doğrusal regresyon yönteminde tahmini yapılacak olan bağımlı değişken sürekli iken, Lojistik regresyon yönteminde bağımlı değişken kesikli değer almaktadır.
2. Doğrusal regresyon yönteminde tahmini yapılan bağımlı değişkenin değeri hesaplanırken, Lojistik regresyon yönteminde bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden birinin olasılık değeri tahmin edilir.
3. Doğrusal regresyon yönteminde bağımlı değişkenin normal dağılımdan gelme şartı aranırken, Lojistik regresyon yönteminde böyle bir şart aranmaz [125].

Ancak, aşağıda belirtilen noktalar lojistik regresyon analizi yapılarak kullanılacak çalışmalarda dikkate alınmalıdır.

- Bazı değişkenlerin modele dahil edilmemesi hata teriminin büyümesine ve modelin yetersizliğine yol açabileceğinden uygun tüm bağımsız değişkenler modele dahil edilmelidir.
- Araştırılan konunun teorik alt yapısına uygun olmayan değişkenlerin modele dahil edilmesi modeli karmaşıktırdığı gibi modelin yorumlanmasını da zorlaştırabilir. Bu değişkenler bağımlı değişkenin bir açıklayıcısı gibi düşünülebileceğinden yanlış karar alınmasına neden olabilir. Dolayısıyla model için uygun olmayan tüm bağımsız değişkenler dışlanmalıdır.
- Aynı birey üzerinde bir kez gözlem yapılmalı, tekrarlayan ölçümler yapılmamalı ve kullanılmamalıdır.

- Hatalar, modelin katsayıları tahmininde yanlılığa ve modelin yetersizliğine neden olacağından bağımsız değişkenlerde ölçüm hatası (*measurement error*) küçük olmalıdır.
- Bağımsız değişkenlerin birbirleri ile ilişkisi olarak tanımlanan bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı (*multicollinearity*) sorunu olamamalıdır.
- Doğrusal regresyonda olduğu gibi sonucu önemli derecede etkileyeceğinden aşırı değerler (*outlier*) olmamalıdır.
- Az sayıda birey içeren örnekte tahmin edilen değerlerin güvenilirliği azalacağından örnek büyüklüğünün yeterli olması gerekmektedir. Genellikle modelde her bağımsız değişken için en az 10 birey önerilmektedir.
- Örneklem rastgele yöntem ile seçilmemiş veya araştırma düzeni kuramsal olarak iyi belirlenmemiş ise bağımlı değişkenin beklenen ve gözlenen varyanslar arasındaki farka dikkat edilmelidir. Bağımlı değişkenin beklenen varyansı ile gözlenen varyansı arasındaki fark büyük ise modelin yetersiz olduğu sonucuna varılır ve modelin yeniden tanımlanması gerekebilir [126].

Yukarı bölümde açılanan Lojistik regresyonun özellikleri göz önünde bulundurularak her bir birim  $i$  için  $e(x_i)$  eğilim skoru tahmini  $x_i$  kontrol vektörü üzerinden  $z_i$  tedavi koşulunda

$$\ln\left(\frac{e(x_i)}{1 - e(x_i)}\right) = \beta x_i$$

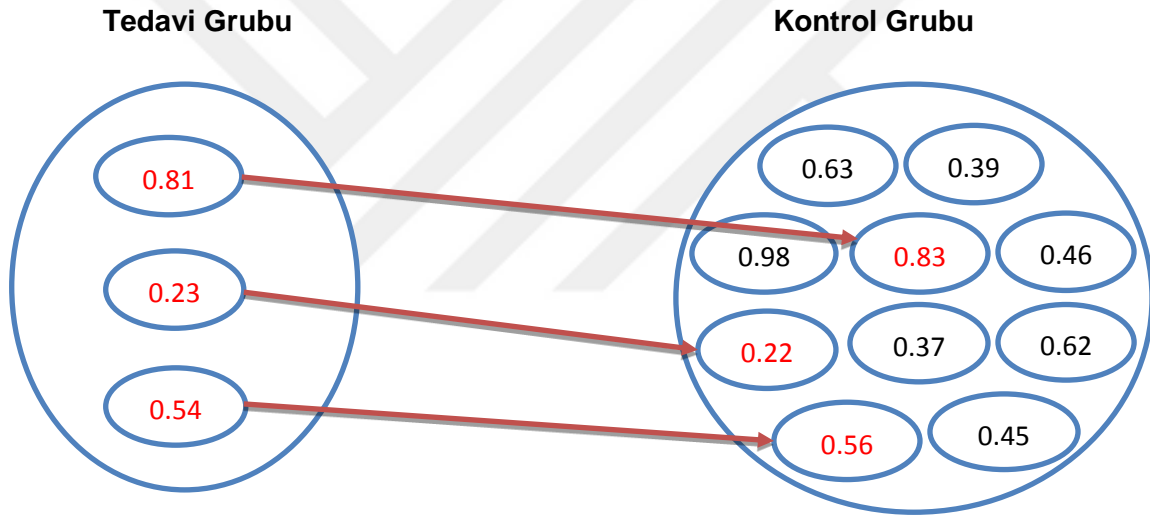
modeli ile yapılabilmektedir. Ayrıca eğer ikiden fazla tedavi koşulu söz konusu ise tahmin için çoklu lojistik regresyon veya diskriminant analizi (*discriminant analysis*) kullanılabilir [127].

Bundan sonraki aşama Lojistik regresyon kullanılarak tahmini yapılan eğilim skorlarını eşleştirme olacaktır. Çalışmanın bu bölümünde daha önce maddeler halinde verilen eşleştirme yöntemleri ele alınacaktır.

### 3.2.2. En yakın komşu eşleştirme

En yakın komşu eşleştirme yöntemi eşleştirme yöntemlerinin temeli olarak literatürde yerini alır ve diğer eşleştirme yöntemlerine göre daha basit ve sade bir eşleştirme yöntemidir. Yöntemin ana çalışma prensibi tedavi grubundaki birimlerin eğilim skorları ile kontrol grubundaki birimlerin eğilim skorlarını karşılaştırarak en yakın skor değerlerini birbirine eşleştirmektir. Tedavi grubundaki her bir  $i$  birimi ve kontrol grubundaki her bir  $j$  biriminin  $e(x_i)$  ve  $e(x_j)$  olan eğilim skorları üzerinden bu skorlar arasındaki en yakın mutlak farkın elde edilmesi ile hesaplanır [128].

$$d(i, j) = \min\{|e(x_i) - e(x_j)|\}$$



Şekil 3.5. En yakın komşu eşleştirme

Şekil 3.5.'te tedavi grubunun 1. gözleminin eğilim skor değeri  $e(x_1) = 0.81$  olup bu skorun kontrol grubu eğilim skorları ile farkı alındığında en küçük farkın bir başka deyişle en küçük mesafenin kontrol grubunun 4. gözlemi  $e(x_4) = 0.83$  ile elde edildiği görülmektedir.

Dikkat edileceği üzere Şekil 3.5 örneğinde tedavi grubundaki her bir hasta kontrol grubundaki bir hasta ile eşleşmiştir. Bu durum literatürde bire bir eşleşme (*one to one matching*) olarak adlandırılır. Diğer taraftan karşılaştırılan iki grubun en yakın eğilim skorları arasındaki farkın bir başka deyişle mesafenin fazla olması durumunda uygun eşleşme sağlanamayacağından yöntemin güvenilirliği azalmaktadır [129].

En yakın komşu eşleştirme yöntemi kendi içinde iki türde incelenmektedir. Bu yöntemler sırası ile

- Yerine Koymadan En Yakın Komşu Eşleştirme (*Nearest neighbor without replacement*)
- Yerine Koyarak En Yakın Komşu Eşleştirme (*Nearest neighbor with replacement*)

olarak belirtilmektedir [119].

#### Yerine koymadan en yakın komşu eşleştirme

Bu yöntemde, kontrol grubundaki bir birimin eğilim skoru tedavi grubundaki bir birimin eğilim skoru ile eşleştikten sonra bir daha tedavi grubundaki başka bir birimin eğilim skoru ile eşleştirilmez. Dolayısıyla kontrol grubundaki birim tedavi grubundaki birim ile karşılaştırılırken bir kez kullanılmış olur. Tedavi ve kontrol gruplarının dağılımları benzer ise, yöntem işlem yükünün azlığı ve hesaplama kolaylığı açısından oldukça düşük maliyetlidir ve bu nedenle araştırmacılar tarafından tercih edilen bir yöntemdir [130].

#### Yerine koyarak en yakın komşu eşleştirme

Yerine Koyarak En Yakın Komşu Eşleştirme yönteminde yerine koyarak yönteminin tersine tedavi grubundaki bir birim kontrol grubunda birden fazla birim ile eşleştirilebilir. Böylelikle eşleşecek eğilim skorları arasındaki farkın veya mesafenin artması engellenmiş olur. Tedavi ve kontrol gruplarının dağılımları farklı ise yöntem uç değerlerin etkisi azalttığından tercih edilebilir. Ancak birden fazla kullanılan kontrol grubu eğilim skorları ölçüm hatalarına daha duyarlı olduğundan tahmin edicinin varyansı artmaktadır. Dolayısıyla örnek hacminin yeterince büyük olmadığı durumlarda tahminin güvenilirlik düzeyi azalmaktadır [131].

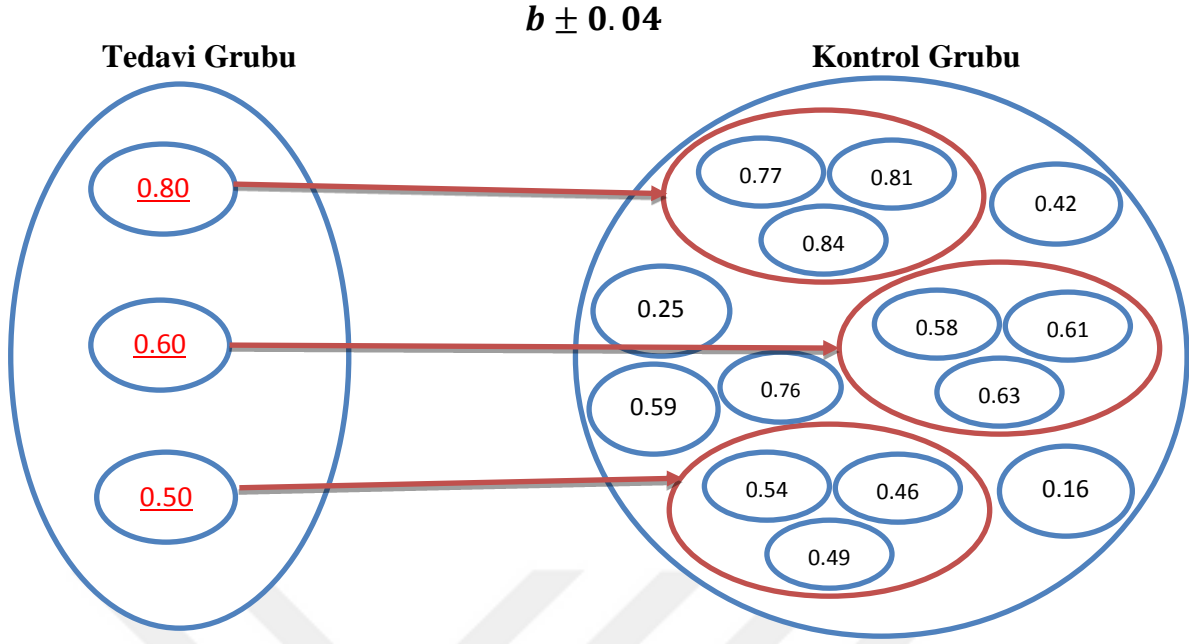
### 3.2.3. Kaliper eşleştirme

Kaliper eşleştirme yönteminde tedavi grubundaki her bir  $i$  birimi ve kontrol grubundaki her bir  $j$  biriminin  $e(x_i)$  ve  $e(x_j)$  olan eğilim skorları belirlenen bir  $b$  kaliper bandı çevresinde eşleştirilir. Dolayısıyla tedavi grubundaki her bir gözlem bant sınırları içerisinde kalan birden fazla kontrol grubu gözlemi ile eşleşebilir [132].

$$d(i, j) = \min\{|e(x_i) - e(x_j)|\} < b \quad (3.2)$$

Denklemden de anlaşılacağı gibi tedavi grubundaki birimlerin eğilim skorlarına karşılık kontrol grubundaki birimlerin eğilim skorları  $\pm b$  üst ve alt bant sınırları içerisinde eşleştirilir. Bant sınırı kabul edilebilecek en uygun eğilim skoru mesafesi olarak tanımlanmaktadır. Yapılan araştırmalar belirlenecek en uygun bant sınırının eğilim skorlarının standart sapmasının  $1/4$ 'ü veya  $1/5$ 'i olacak şekilde hesaplanmasını salık vermektedir [128,132,133].

$$b = |0.20 \times se[e(X)]| \text{ veya } b = |0.25 \times se[e(X)]|$$



Şekil 3.6. Kaliper eşleşme

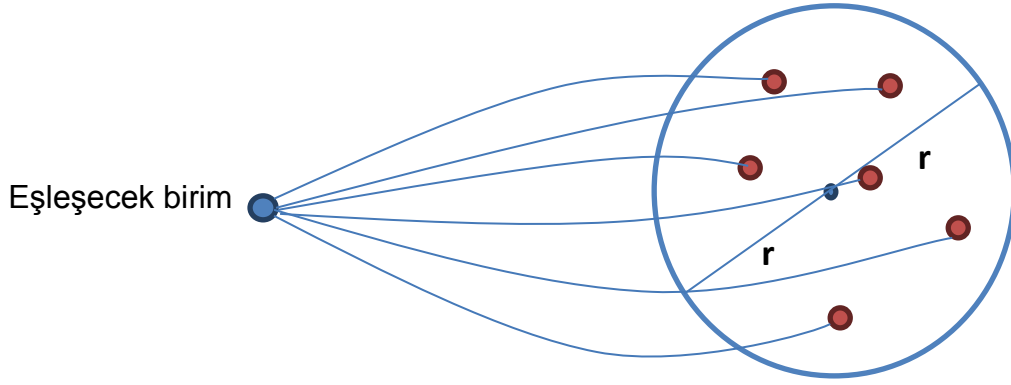
Şekil 3.6'da görüldüğü gibi bant aralığı 0.04 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla tedavi grubunun 0.80 olan ilk eğilim skorunun bant aralığı  $[0.76, 0.84]$  olacaktır. Kontrol grubundaki 0.77, 0.81 ve 0.84 eğilim skorları bu aralığın içerisinde olduğundan bu birimlere karşılık tedavi grubundaki eğilim skoru 0.80 olan birim eşleşmiştir. Diğer birimlerin eşleşmesi de yukarıdaki yöntemde belirtildiği gibi gerçekleşmiştir.

### Yarıçap eşleştirme

Kaliper eşleşme yönteminin özel bir çeşidi yarı çap (*radius, r*) eşleştirmedir. Yarı çap eşleştirmede kaliper eşleştirmedeki gibi tedavi grubundaki eğilim skorları ile kontrol grubundaki eğilim skorları arasındaki farkın en küçük değerine göre gruplandırma yapılmaz. Dolayısıyla (3.2) eşitliği yarı çap eşleşmesinde

$$d(i, j) = \{|e(x_i) - e(x_j)|\} < r$$

ifadesine dönüşür. Böylelikle kaliper eşleşmesinde sadece bir grup kullanılırken yarıçap eşleştirmesinde grupların farklı kombinasyonları da kullanılabilir [134]. Yarıçap eşleşmesinin görseli Şekil 3.7'deki gibi gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Yarıçap eşleşme

### 3.2.4. Tabakalı eşleştirme

Tabakalı eşleştirme yönteminde diğer açıklanan yöntemlerde olduğu gibi birimler üzerinden eşleştirme yapılmamaktadır. Yöntem istatistik örnekleme yöntemlerinden olan tabakalı örnekleme (*stratified sampling*) benzer bir yapıdadır. Yöntem uygulanırken öncelikle tedavi ve kontrol gruplarına ait eğilim skorları kendi içinde sıralanmakta daha sonra belirli aralıklarla tabakalara ayrılmaktadır. Her bir tabakanın ortalama eğilim skorları elde edilip bu ortalamaların birbirinden farklı olup olmadığının testi yapılır. Tabakalar arasındaki farklılık değerlendirildikten sonra tabaka büyüklüğüne göre ağırlıklandırma işlemi yapılarak ortalama tedavi etkisi hesaplanır. Cochran ve Chambers araştırmalarında oluşturulacak beş tabakanın yöntemi uygulamak için yeterli olacağını ve bu tabaka sayısının yanlılığı yüzde 95 düzeyinde yok ettiğini göstermişlerdir [135,136].

$Q$  sıralanmış eğilim skorlarının toplam tabaka sayısı,  $N_q^T$  ve  $N_q^C$  ayrılan tabakalar içindeki tedavi ve kontrol gruplarının gözlem sayısı,  $Y_q^T$  ve  $Y_q^C$  tedavi ve kontrol gruplarındaki birimlerin gözlem değeri,  $N^T$  tedavi grubundaki gözlemlerin toplam sayısı olmak üzere ortalama tedavi etkisi

$$ATT = \sum_{q=1}^Q \left( \frac{\sum_{i \in I(q)} Y_i^T}{N_q^T} - \frac{\sum_{j \in I(q)} Y_j^C}{N_q^C} \right) * \frac{N_q^T}{N^T}$$

olarak hesaplanmaktadır [137].

Çizelge 3.3. Tabakalı eşleştirme

N	Aşama 1			Aşama 2				Aşama 3			
	Y	Tedavi	Eğilim Skoru	Tabaka	$Y_i^T$	$Y_j^C$	$N_q^T$	$N_q^C$	$ATT_q$	Ağırlık	$ATT \times Ağırlık$
1	71.81	1	0.0078	1	155.66	180.89	2	3	17.53	0.17	2.92
2	83.85	1	0.0388	1							
3	58.38	0	0.1152	1							
4	87.10	0	0.1751	1							
5	35.41	0	0.1983	1							
6	73.73	1	0.2801	2	227.12	125.51	4	2	-5.98	0.33	-1.99
7	36.85	1	0.2819	2							
8	98.72	1	0.3718	2							
9	17.82	1	0.3958	2							
10	84.59	0	0.4528	2							
11	40.92	0	0.5057	2	40.82	106.13	1	3	5.44	0.08	0.45
12	40.82	1	0.5402	3							
13	41.11	0	0.5994	3							
14	28.26	0	0.6158	3							
15	36.76	0	0.6469	3							
16	68.79	1	0.6589	4	162.28	200.24	2	3	14.39	0.17	2.40
17	93.49	1	0.6513	4							
18	47.74	0	0.6915	4							
19	89.79	0	0.7140	4							
20	62.71	0	0.7481	4							
21	87.47	1	0.7924	5	191.58	123.61	3	3	22.66	0.25	5.66
22	45.05	1	0.8224	5							
23	59.06	1	0.8897	5							
24	45.83	0	0.9290	5							
25	48.39	0	0.9408	5							
26	29.39	0	0.9574	5							

ATT= 9.45

Çizelge 3.3'de örneği verilen tabakalı eşleştirme yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. Öncelikli olarak eğilim skorları hesaplanmış ve sıralanmıştır. Daha sonra veriler belirlenen eğilim skorları sınırlarında, örneğin 0.20 den küçük skorlar birinci tabakada olacak şekilde, beş farklı tabakaya ayrılmıştır. Bir sonraki adımda tabakalar içindeki gruplar arası gözlem değerlerinin toplamları elde edilmiştir. Dikkat edildiği üzere ilk iki gözlem birinci tabakanın tedavi grubundadır. Dolayısıyla  $Y_1^T = 71.81 + 83.85 = 155.66$  olarak hesaplanmıştır.  $N_1^T$  ise tabakada bulunan tedavi grubu gözlem sayısı olduğundan örnekte 2 olarak gösterilmiştir. Son aşama olan üçüncü aşamanın ilk adımı tabakalar içinde gruplar arası ortalama farklarının alınma işlemidir ve  $ATT_1 = \frac{155.66}{2} - \frac{180.89}{3} = 17.53$  olarak elde edilmiştir. Ağırlık hesaplamasında tedavi grubu gözlem sayıları esas alınmaktadır. Toplam 12 tedavi grubu gözlemi olduğundan ilk tabakanın ağırlığı  $\frac{2}{12} = 0.17$  olarak belirlenmiştir. Nihai sonuç olan ortalama tedavi etkisi ise her bir tabaka ağırlığının kendi tabaka ortalama etkileriyle çarpılarak genel toplamının alınması ile bulunmuştur [138].

$$ATT = 17.53 \times 0.17 + \dots + 22.66 \times 0.25 = 9.45$$

### 3.2.5. Kernel eşleştirme

En yakın komşu eşleştirme ve kaliper eşleştirme yöntemlerinde gruplar karşılaştırılırken birimlerin eğilim skorları arasındaki mesafelere göre tam veya belirli bir bant aralığında eşleştirme yapılmaktadır. Ancak bu yöntemlerde kontrol grubundaki mesafelere uygun birimler seçilirken bazı birimler eşleşme dışı kalabilmektedir. Kernel eşleştirme yönteminde ise kontrol grubundaki her bir birimin eğilim skorlarının ağırlıklı ortalamaları kullanılmaktadır. Böylelikle kontrol grubundaki her bir birim eşleşmeye ağırlığı ölçüsünde katılmış olduğundan dışlama etkisi gözlenmemektedir. Ağırlık değeri 3 bileşenin ortak kullanılması ile hesaplanmaktadır. Bunlar sırasıyla eğilim skorları arasındaki uzaklık, bant parametresi,  $h_n$  ve Kernel fonksiyonu,  $K(\cdot)$ 'dir. Ortalama tedavi etkisi tahmininde genellikle uygun bir bant parametresi ile Gaussian kernel fonksiyonu kullanılmakta ve

$$ATT = \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left\{ Y_i^T - \sum_{j \in C} Y_j^C K \left( \frac{e_j(x) - e_i(x)}{h_n} \right) / \sum_{k \in C} K \left( \frac{e_k(x) - e_i(x)}{h_n} \right) \right\}$$

formülü ile tahmin edilmektedir [137,138].

Tedavi ve kontrol grubu arasında oluşan eğilim skoru uzaklıkları ve kernel fonksiyonu yöntemin ağırlıklandırılmasında büyük önem arz etmektedir. Bunun nedeni eğer uzaklıklar fazla ise düşük ağırlık değerinin, az ise yüksek ağırlık değerinin elde edilme gerekliliğidir. Dolayısıyla ağırlık fonksiyonu olarak da adlandırılan kernel fonksiyonu  $e_j(x)$  ve  $e_i(x)$  birbirine ne kadar yakın ise o kadar büyük ağırlık değeri üretmelidir. Örneğin, bant parametresi  $h_n = 0.05$  ve  $z = \frac{e_j(x) - e_i(x)}{h_n}$  olmak üzere kernel fonksiyonu Gaussian yoğunluk fonksiyonu  $K(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$  olarak seçilsin. Çizelge 3.2'nin tedavi grubunda olan 16. gözlemi ile kontrol grubunun 18. ve 20. gözleminin ağırlık değerlerinin hesaplanması yapıldığında 18. gözlem için  $z = \frac{0.6915 - 0.6589}{0.05} = 0.6520$ ,  $K(0.6520) = 0.3226$  ve 20. gözlem için  $z =$

$\frac{0.7481-0.6589}{0.05} = 1.7840$  ,  $K(1.7840) = 0.0812$  ağırlık değerleri hesaplanır. Dikkat edildiği üzere 16. gözlemin 18. gözlem ile arasındaki eğilim skoru uzaklığı 20. gözlemin eğilim skoru ile arasındaki uzaklıktan daha az olduğu için 18. gözlemin ağırlık değeri daha fazla bulunmuştur ( $0.3226 > 0.0812$ ).

### 3.2.6. Mahalanobis eşleştirme

Mahalanobis eşleştirme yöntemi esasını başta istatistik olmak üzere aralarında bilgisayar bilimlerinin de bulunduğu daha birçok alanda kullanılan ve literatürde mahalanobis uzaklığı olarak tanımlanan mesafe ölçüm sisteminden almaktadır. Diğer ölçüm sistemlerinden en belirgin farkı mesafe ayırımını eliptik düzlem üzerinde yapmasıdır. Elipsin  $x$  eksenindeki genişliği  $y$  eksenindeki boyuna göre daha kısa olduğundan elips içinde dağılan noktalar arasındaki uzaklık göreceli olarak değerlendirilmekte ve öklit mesafesi (*euclidean distance*) aynı olan noktaların mahalanobis mesafesi birbirinden farklı olmaktadır. Mahalanobis uzaklığı en çok istatistik alanında aykırı değer saptamak amacıyla kullanılmaktadır [139].

Mahalanobis uzaklığı  $X, p$  rassal değişken ve  $n$  gözlem sayısından oluşan  $n \times p$  boyutunda matris,  $X_i$  ise  $X$  matrisinin  $i$ 'inci sıra vektörü,  $\mu, 1 \times p$  boyutunda çok değişkenli lokasyon vektörü ve  $\Sigma, p \times p$  boyutunda varyans-kovaryans vektörü olmak üzere

$$d_i = \sqrt{(X_i - \mu)\Sigma^{-1}(X_i - \mu)'}$$

olarak hesaplanmaktadır. Mesafeler,  $X$ 'in çoklu normal dağılımdan geldiği varsayımı altında  $p$  serbestlik derecesi ile ki-kare ( $\sqrt{\chi_p^2}$ ) dağılımına sahip olmaktadır. Belirlenen kritik değer (örneğin,  $(\sqrt{\chi_p^2})$  değerinin %97.5'i) üzerinde kalan veriler ise veri kümesinin aykırı değerleri olarak düşünülmektedir [140].

Mahalanobis eşleştirme yöntemi de aynı mantık çerçevesinde şekillenmektedir. Tedavi grubu içerisindeki her bir  $i$  birimi kontrol grubu içerisindeki her bir  $j$  birimi ile eşleşerek en yakın mahalanobis mesafesi araştırılmaktadır.

Mesafeler,  $V_l$  ( $l = i, j$ ) olan  $(X_l, e(X_l))$  vektörü ve  $S$  vektörün kontrol grubunu için hesaplanan varyans-kovaryans matrisi olmak üzere

$$d(i, j) = \min_j \{(V_i^T - V_j^T)S^{-1}(V_i^T - V_j^T)\}$$

olarak elde edilmektedir [128].

Yöntemde aykırı değer saptamada kullanılan kritik değer gibi kaliper bandı da kullanılabilir.  $D_{ij} = (X_i^T - X_j^T)S^{-1}(X_i^T - X_j^T)$  olmak üzere belirlenen bir  $b$  bandı sınırında

$$d(i, j) = \min_j \{D_{ij} < b\}$$

ifadesi ile eşleşme yapılabilmektedir [140-142].

Yöntemin bir başka çeşidi ise genetik (*genetic*) eşleşme olarak tanımlanmaktadır. Genetik eşleşme mahalnobis eşleştirme yöntemindeki uzaklıkları ağırlıklandırarak elde edilmektedir. Çeşitli yollarla hesaplanacak  $W$  ağırlığı  $D_{ij} = (X_i^T - X_j^T)WS^{-1}(X_i^T - X_j^T)$  veya  $D_{ij} = (V_i^T - V_j^T)WS^{-1}(V_i^T - V_j^T)$  uzaklıkları içinde yer alarak uzaklıklar hesaplanmakta ve bu doğrultuda eşleşme yapılmaktadır [143].

### 3.2.7. Farkların farkı yöntemi

Farkların farkı yöntemi doğal bir deneyde zaman içerisindeki bazı dışsal değişkenlerdeki değişimin çevresi üzerine yaptığı etkiyi görmek amaçlı kullanılmaktadır. Burada dışsal bir olay, hükümetin politika değişikliği veya hastaya uygulanan tedavideki değişiklik olabilir. Doğal deney her zaman politika değişikliklerinden etkilenmeyen bir kontrol grubu ve bu değişikliklerden etkilenen bir tedavi grubunu içerir. Kontrol ve tedavi grupları arasındaki sistemik farkı elde edebilmek için; politika değişikliğinden önceki dönem ve politika değişikliğinden sonraki dönem olmak üzere iki döneme ait veri toplamak gerekmektedir. Dolayısıyla uygulama 4 ana grupta incelenmektedir [144].

- Politika değişikliğinden önceki kontrol grubunun değeri
- Politika değişikliğinden sonraki kontrol grubunun değeri
- Politika değişikliğinden önceki tedavi grubunun değeri
- Politika değişikliğinden sonraki tedavi grubunun değeri

Kontrol grubu  $C$ , tedavi grubu  $T$  ise  $dT$  tedavi grubu kukla (*dummy*) değişkeni ve  $d2$  ikinci dönem kukla değişkeni olmak üzere ekonometrik model:

$$y = \beta_0 + \delta_0 d2 + \beta_1 dT + \delta_1 d2 \cdot dT + \varepsilon \quad (3.3)$$

olarak kurulmaktadır.

Modelde  $\delta_1$  politika etkisini ölçmekte ve tahmin edicisi  $\hat{\delta}_1$  ise farkların farkı tahmin edicisi olarak tanımlanmaktadır.

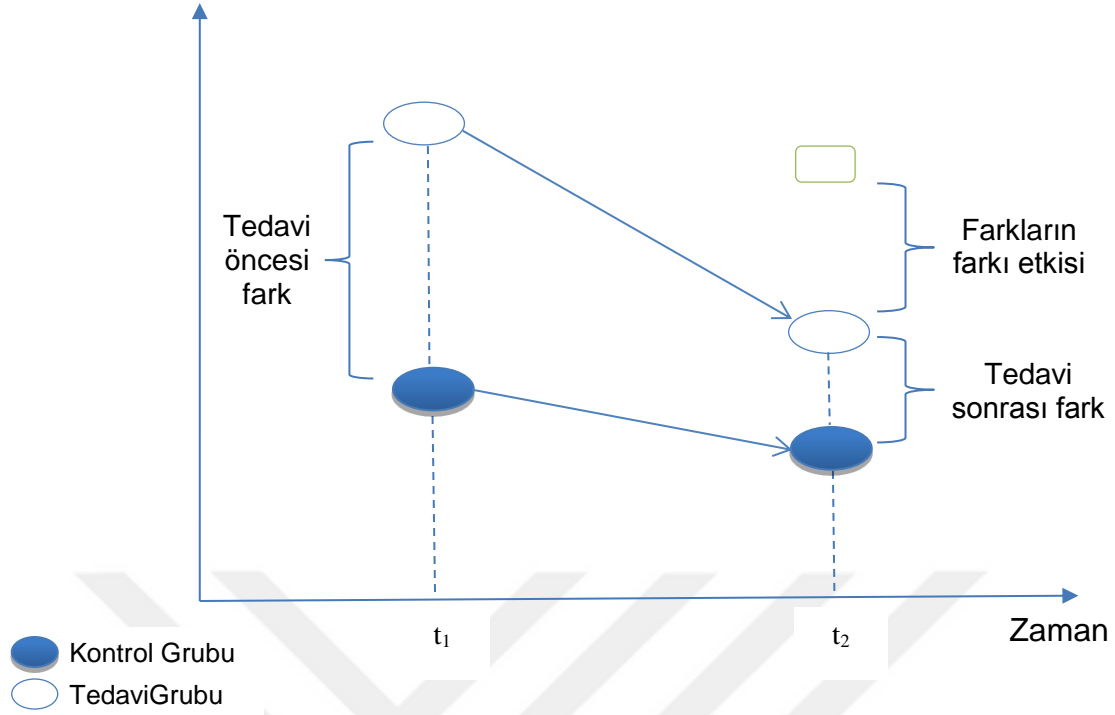
Çizelge 3.4. Farkların farkı tahmini

	Önce	Sonra	Sonra - Önce
Kontrol	$\beta_0$	$\beta_0 + \delta_0$	$\delta_0$
Tedavi	$\beta_0 + \beta_1$	$\beta_0 + \delta_0 + \beta_1 + \delta_1$	$\delta_1 + \delta_0$
Tedavi - Kontrol	$\beta_1$	$\beta_1 + \delta_1$	$\delta_1$

Çizelge 3.4. kontrol ve tedavi gruplarının politika değişimi öncesi ve sonrası etkilerini şematik olarak göstermekle birlikte farkların farkı tahmin edicisi  $\hat{\delta}_1$  değeri 3 farklı yolla hesaplanabilmektedir.

1. İlk yöntemde her bir kontrol ve tedavi grupları arasındaki fark hesaplandıktan sonra elde edilen sonuçların farkı alınmaktadır.

$$\hat{\delta}_1 = (\bar{y}_{2,T} - \bar{y}_{2,C}) - (\bar{y}_{1,T} - \bar{y}_{1,C})$$

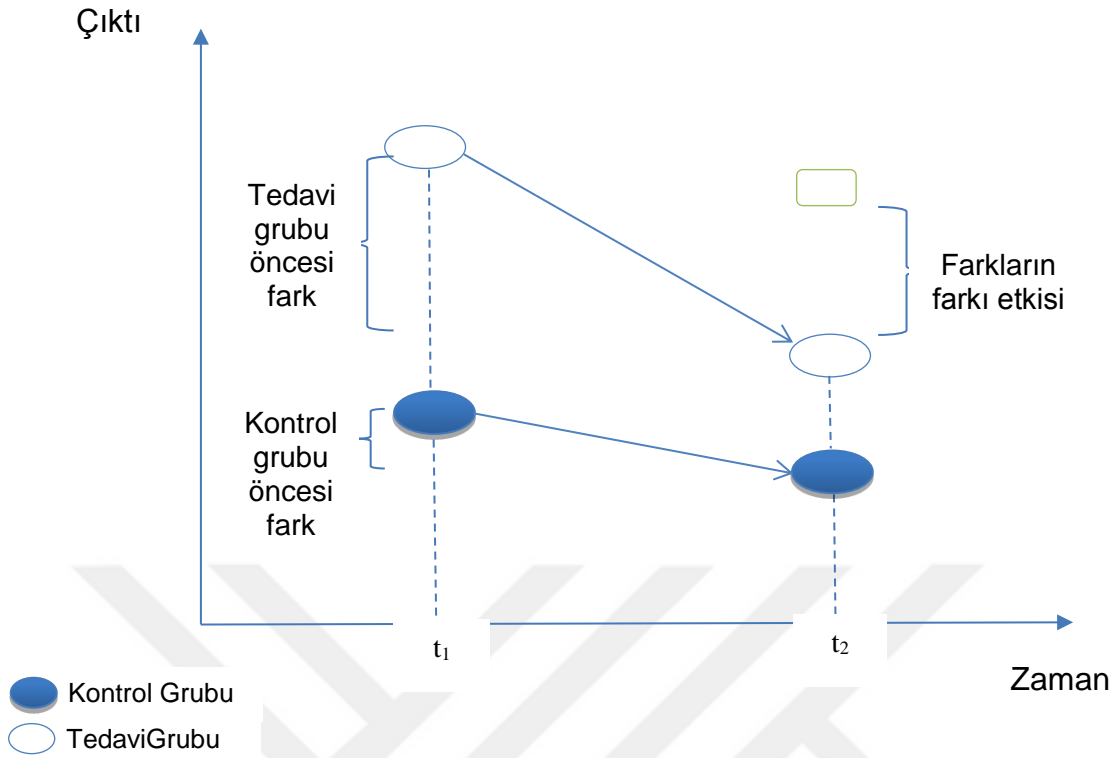


Şekil 3.8. Farkları farkı etkisi - I -

Şekil 3.8'de de görülebileceği gibi tedavi ve kontrol grupları arasında tedavi öncesi ve sonrası farkın farkı elde edildikten sonra farkın farkı da hesaplanarak tahmin yapılmaktadır.

2. İkinci yöntemde gruplar arasındaki fark değil de dönemler arasındaki fark hesaplandıktan sonra elde edilen iki fark sonucunun farkı alınmaktadır.

$$\hat{\delta}_1 = (\bar{y}_{2,T} - \bar{y}_{1,T}) - (\bar{y}_{2,C} - \bar{y}_{1,C})$$



Şekil 3.9. Farkları farkı etkisi - II -

Şekil 3.9'da da görülebileceği gibi tedavi ve kontrol gruplarının kendi grupları içerisinde dönemler arasındaki farkı alındıktan sonra tekrar birbirleri arasındaki fark hesaplanarak tedavi etkisi tahmin edilmektedir.

Farkların farkı tahmin edicisini elde etmek için kullanılan üçüncü ve son yöntem ise (3.3)'te belirtilen modelin en küçük kareler yöntemi ile hesaplanıp klasik parametre tahmininin yapılmasıdır. Bu yöntemle hesaplanan tahmin edici diğer iki yöntemle hesaplandığı gibi basit bir formda olmamakta ancak elde dillecek sonuç ve yapılacak yorumlar aynı olmaktadır [144].

Bu bölümde PSM yöntemi ayrıntıları ile ele alınmıştır. Bir sonraki bölümde ise PSM yöntemi gibi gözlenebilen yanlılığın kontrol edildiği Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller bütün ayrıntıları ile incelenmiştir.

### 3.3. Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller

Klasik doğrusal regresyon modellerinde normal dağılım varsayımı gerek teorik çıkarımların kolaylığı gerekse kurulan hipotez testlerinin karara bağlanması anlamında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak gerçek dünya verisi kullanılarak istatistiksel bir analiz yapılmak istendiğinde yapılan bu normal dağılım varsayımı gerçekçi olmamaktadır.  $y$  bağımlı değişkininin (yanıt değişkeninin) sağlık harcamaları veya tanısı konmuş belirli bir hastalığı taşıma gibi daha birçok örnek ile çeşitlenebilecek durumları içermesi normal dağılım varsayımının gücünü yitirmesine neden olmaktadır. Özellikle sağlık harcamaları araştırmalarında genellikle harcama verisinin sıfıra yığılarak (*zero mass*) çarpıklığı (*skewness*) varsayımın gücünü yitirdiğinin en somut örneklerindendir [145]. Dolayısıyla bu tip veriler ile çalışıldığında kurulan ekonometrik modellerde tahmin edici için elde edilen güven aralıkları ve kararlar yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller (*Generalized Linear Model -GLM-*) 1972 yılında Nelder ve Wedderburn tarafından normal dağılım varsayımının yarattığı kısıtları ortadan kaldıran esnek bir yaklaşıma izin vererek uygun ekonometrik modeli belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. GLM'nin bir diğer yararı ise sadece doğrusal modeller için değil doğrusal olmayan modeller için de uygulanabilmesidir. Nelder ve Wedderburn makalelerinde GLM üretiminin 3 koşulun sağlanması halinde mümkün olabileceğini açıklamışlardır [6].

Bu 3 koşul,

1.  $y_1, y_2, \dots, y_N$  yanıt değişkenlerinin aynı dağılıma sahip kanonik (standart) form üstel aileden (*exponential family*) gelmesi;
2.  $\beta$  ( $p \times 1$ ) parametre vektörü ve  $X$  birbirlerinden bağımsız ( $N \times p$ ) açıklayıcı değişkenler seti aşağıdaki gibi tanımlandığında,

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_N^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1} & \cdots & x_{Np} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix},$$

( $N > p$ ) olması;

3.  $\mu_i = E(y_i)$  olmak üzere,

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta$$

olacak bir  $g$ , monoton<sup>2</sup>, türevlenebilir bağ fonksiyonunun elde edilmesi;

şeklinde verilebilir [6].

Dikkat edildiği üzere 1. madde  $y$  yanıt değişkeninin üstel aileden gelmesi koşulunu içermektedir. Üstel aileden gelme koşulu kurulacak bağ fonksiyonu için elde edilecek çıkarımlara kolaylık sağlaması açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla üstel aile tanımı ve özellikleri GLM modellerini daha iyi anlamamız için gereklidir. Bu yüzden Bölüm 3.3.1'de üstel aile tanımı ve özellikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### 3.3.1. Üstel aile

$y$  rassal değişkeninin  $\theta$  parametresine bağlı olasılık yoğunluk fonksiyonu  $a, b, s$  ve  $t$  bilinen fonksiyonlar olmak üzere aşağıda verilen Denklem 3.4'deki gibi ifade edilebiliyorsa (dönüştürülebiliyorsa)  $y$  rassal değişkeni üstel aileden gelen bir dağılıma sahiptir denilir [146].

$$f(y; \theta) = s(y)t(\theta)e^{a(y)b(\theta)} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4'de,  $s(y) = \exp d(y)$  ve  $t(\theta) = \exp c(\theta)$ , dönüşümü ile tekrar yazılır ise üstel aile tanımını gösteren fonksiyon

$$f(y; \theta) = \exp[a(y)b(\theta) + c(\theta) + d(y)] \quad (3.5)$$

olarak yeniden tanımlanabilir.

(3.5) eşitliğinde eğer  $a(y) = y$  ise dağılım kanonik (*canonical*) form veya standart form ve  $b(\theta)$  dağılımın konumu temsil eden doğal (*natural*)

---

<sup>2</sup>Monoton (kesin) artan ve (kesin) azalan fonksiyonlar Monoton fonksiyonlar olarak ifade edilir.  $A \subseteq \mathbb{R}$  ve  $f: A \rightarrow \mathbb{R}$  bir fonksiyon ise  $x_1 \leq x_2$  olduğunda,  $x_1, x_2 \in A$  için  $f(x_1) \leq f(x_2)$  ise  $f$  monoton artan, eşitliğin olmadığı durumda kesin monoton artan, eşitliğin ters olduğu durumlarda ise (kesin) monoton azalan fonksiyondur.

parametresiveya kanonik parametresi olarak tanımlanır. Eğer dağılım  $\theta$  dışında parametreleri de içeriyorsa, bu parametreler ölçeği temsil eden dispersiyon (*dispersion*) veya rahatsız edici (*nuisance*) parametreler olarak adlandırılır [146].

İstatistik analizlerinde kullanılan birçok iyi bilinen dağılım üstel aileye aittir. Bu nedenle bir sonraki bölümde üstel aile dağılımlarının özellikleri ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

### 3.3.1.1. Üstel aile dağılımlarının özellikleri

Kanonik formda,  $a(y) = y$ , ifade edilen bir üstel aile dağılımının beklenen değeri  $E(y)$  ve varyansı  $var(y)$  olasılık yoğunluk fonksiyonunun altında kalan alanın birim değer olması gerektiği tanımından faydalanarak elde edilebilir:

$$\int f(y; \theta) dy = 1 \quad (3.6)$$

(3.6) eşitliğinin her iki tarafı  $\theta$  parametresine göre türevlenip

$$\frac{d}{d\theta} \int f(y; \theta) dy = \frac{d}{d\theta} \cdot 1 = 0 \quad (3.7)$$

differansiyel integralin içine alındığında

$$\int \frac{df(y; \theta)}{d\theta} dy = 0 \quad (3.8)$$

ifadesi elde edilir.

Aynı şekilde (3.6) eşitliği  $\theta$  parametresine göre iki kez türevlenir ise

$$\int \frac{d^2 f(y; \theta)}{d\theta^2} dy = 0 \quad (3.9)$$

sonucuna ulaşılır. Bu aşamadan sonra elde edilen eşitlikler üstel aile dağılımları için uygulanabilir. (3.5) denklemi

$$f(y; \theta) = \exp[a(y)b(\theta) + c(\theta) + d(y)]$$

$\theta$  parametresine göre türevi alınarak,

$$\frac{df(y; \theta)}{d\theta} = [a(y)b'(\theta) + c'(\theta)]f(y; \theta)$$

(3.8) ifadesi gibi yazıldığında

$$\int [a(y)b'(\theta) + c'(\theta)]f(y; \theta)dy = 0$$

olur. Beklenen değer tanım gereği  $\int a(y)f(y; \theta)dy = E[a(y)]$  olarak ifade edilir ve  $\int c'(\theta)f(y; \theta)dy = c'(\theta)$  olarak düzenlendiğinde Denklem (3.10)'daki eşitliğe ulaşılır.

$$b'(\theta)E[a(y)] + c'(\theta) = 0 \quad (3.10)$$

Denklem 3.10'dan

$$E[a(y)] = -\frac{c'(\theta)}{b'(\theta)} \quad (3.11)$$

olarak elde edilir. Kanonik formda,  $a(y) = y$ , olduğundan (3.11) ile  $E(y)$  elde edilmiştir.

Benzer çıkarımlar  $Var[a(y)]$  varyans hesaplamalarında da kullanılabilir.

$$\frac{d^2f(y; \theta)}{d\theta^2} = [a(y)b''(\theta) + c''(\theta)]f(y; \theta) + [a(y)b'(\theta) + c'(\theta)]^2f(y; \theta) \quad (3.12)$$

(3.12) eşitliğinde sağ tarafın ikinci terimi (3.11) kullanılarak tekrar düzenlenebilir.

$$[b'(\theta)]^2\{a(y) - E[a(Y)]\}^2f(y; \theta)$$

ve  $\int \{a(y) - E[a(Y)]\}^2 f(y; \theta) dy = Var[a(Y)]$  olduğundan Eşitlik (3.6)'dan faydalanarak Denkelem 3.13 aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\int \frac{d^2 f(y; \theta)}{d\theta^2} dy = b''(\theta)E[a(Y)] + c''(\theta) + [b'(\theta)]^2 Var[a(Y)] = 0 \quad (3.13)$$

Buradan  $var[a(Y)]$  tekrar düzenlendiğinde

$$Var[a(Y)] = \frac{b''(\theta)c'(\theta) - c''(\theta)b'(\theta)}{[b'(\theta)]^3} \quad (3.14)$$

sonucuna ulaşılır [146].

Elde edilen (3.11) ve (3.14) eşitlikleri üstel aile dağılımları için geçerlidir. Bir sonraki bölümde istatistiksel modellemelerde kullanılan önemli dağılımların (Poisson, Binom, Normal, Gamma) üstel aileden gelip gelmediği incelenecek ve GLM'nin koşullarından olan bağ fonksiyonlarının çıkarımları gösterilecektir.

### 3.3.1.2. Poisson dağılımı

Poisson dağılımı bir olayın belirli bir zaman dilimi içerisinde meydana gelme sayısını ifade eden kesikli bir dağılımdır. Herhangi bir olayla onu takip eden olay arasındaki zaman farkının önceki zaman farklarından bağımsız olduğu kabul edilir. Bir doktorun belli bir zaman aralığında muayene ettiği hasta sayısı veya akşam saatlerinde belli bir trafik kavşağından geçen otomobil sayısı Poisson dağılımı için örnek oluşturabilir.

Poisson dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu  $Y$  kesikli rassal değişkeni ( $Y \sim Poisson(\theta)$ ) olmak üzere aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$f(y, \theta) = \frac{\theta^y e^{-\theta}}{y!} \quad y = 1, 2, \dots \dots$$

Fonksiyon logaritması alınarak üstel şekilde (3.5) eşitliğine benzetilerek yazılabilir.

$$f(y; \theta) = \exp(y \log \theta - \theta - \log y!) \quad (3.15)$$

(3.15) eşitliği  $a(y) = y$  olduğundan Poisson dağılımı kanonik forma sahip olup  $\log \theta$  doğal parametredir. Dolayısıyla Poisson dağılımı üstel aile içinde yer almaktadır.

Dağılımın beklenen değer ve varyansı  $a(y) = y$ ,  $b(\theta) = \log \theta$ ,  $c(\theta) = -\theta$  olmak üzere (3.11) ve (3.14)'de ispatlanan beklenen değer ve varyans çıkarımlarıyla gösterilebilir.

$$b'(\theta) = 1/\theta, b''(\theta) = -1/\theta^2, c'(\theta) = -1 \text{ ve } c''(\theta) = 0 \text{ ise}$$

(3.11) eşitliğinden faydalanarak ve  $a(y)$ ,  $b(\theta)$  ve  $c(\theta)$  için yukarıdaki tanımlar uygulanarak:

$$E[a(y)] = -\frac{c'(\theta)}{b'(\theta)} \Rightarrow E[y] = -(-1/1/\theta) \Rightarrow E[y] = \theta \quad (3.16)$$

olur. Denklem (3.14)'den faydalanarak:

$$Var[a(y)] = \frac{b''(\theta)c'(\theta) - c''(\theta)b'(\theta)}{[b'(\theta)]^3} \quad Var[y] = \frac{-1/\theta^2(-1) - 0(1/\theta)}{1/\theta^3} \Rightarrow$$

$$Var[y] = \theta \quad (3.17)$$

sonuçları elde edilir. Poisson dağılımının beklenen değeri ve varyansı birbirine eşittir [147,148].

### 3.3.1.3. Binom dağılım

Binom dağılım bir olayın meydana gelmesinde iki durum (başarılı-başarısız, yazı-tura, kız-erkek vs.) söz konusu olduğunda düşünülür. Belirli bir hastalığa ait tanısı konmuş hastaların yaşam-ölüm durumları veya sınava girmiş adayların sınavdaki başarılı-başarısız durumları binom dağılımın uygulandığı örnekler içerisinde verilebilir.  $n$  bağımsız denemede 'başarılı' sayısı kesikli  $Y$  rassal

değişkeni olmak kaydıyla başarının gerçekleşme olasılığı  $\theta$ , gerçekleşmeme olasılığı  $1 - \theta$  olarak binom dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ( $Y \sim \text{Bin}(n, \theta)$ ) aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$f(y; \theta) = \binom{n}{y} \theta^y (1 - \theta)^{n-y} \quad y = 0, 1, 2, \dots, n$$

Fonksiyon logaritması alınarak üstel şekilde aşağıdaki forma dönüştürülebilir.

$$f(y; \theta) = \exp \left[ y \log \theta - y \log(1 - \theta) + n \log(1 - \theta) + \log \binom{n}{y} \right]$$

dikkat edildiğinde  $a(y) = y$ ,  $b(\theta) = \log \theta - \log(1 - \theta) = \log[\theta/(1 - \theta)]$  ve  $c(\theta) = n \log(1 - \theta)$  olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Binom dağılımında kanonik formda ifade edilebilen üstel aile üyesidir.

(3.11) ve (3.14) çıkarımlarından Binom dağılımının beklenen değer ve varyansı sırasıyla  $E[y] = n\theta$  ve  $\text{Var}[y] = n\theta(1 - \theta)$  elde edilir [149].

#### 3.3.1.4. Normal dağılım

Gauss dağılımı veya Gauss tipi dağılım olarak da adlandırılan normal dağılım doğa ve davranış bilimleri gibi daha birçok alanda uygulaması olan istatistiğin en önemli dağılımlarındandır. Normal dağılım başlıca üç nedenden ötürü tercih edilir. İlk olarak birçok doğal görüngü normal dağılıma karşılık gelmektedir. Kan basıncı veya boy uzunluğu gibi doğal görüngüler normal dağılıma örnek oluşturabilir. İkinci olarak eğer veri normal dağılmıyorsa (eğer dağılımda bir çarpıklık söz konusu ise) bile örneklemin ortalama değerleri normal dağılıma yakınsar. Bu sonuç Merkezi Limit Teoremi ile ispat edilmiş olup çok geniş uygulama örneklerine sahiptir. Üçüncü olarak ise normal dağılımın varlığı, regresyon modellerinin önemli bir varsayım olarak kullanılması ve ayrıca diğer dağılımlar tarafından yakınsanması istatistik teorisinin gelişmesinde çok önemli rol oynamaktadır.

Normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonu konum gösteren aritmetik ortalama  $\mu$  ve ölçek gösteren varyans  $\sigma^2$  olmak üzere iki parametre alır ( $Y \sim N(\mu, \sigma^2)$ ) ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$f(y; \mu; \sigma) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(y - \mu)^2\right]$$

Doğal parametre  $b(\mu) = \mu/\sigma^2$  ve diğer terimler

$$c(\mu) = -\frac{\pi^2}{2\sigma^2} - \frac{1}{2}\log(2\pi\sigma^2), d(y) = -\frac{y^2}{2\sigma^2}$$

olmak üzere

$$f(y; \mu; \sigma) = \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma^2} + \frac{y\mu}{\sigma^2} - \frac{\mu^2}{2\sigma^2} - \frac{1}{2}\log(2\pi\sigma^2)\right]$$

fonksiyon kanonik formda ifade edilmiş olup normal dağılımın üstel aile üyesi olduğu sonucuna varılır.

Normal dağılımın beklenen değer ve varyansı (3.11) ve (3.14) çıkarımları ile  $E[y] = \mu$  ve  $Var[y] = \sigma^2$  bulunur [150-152].

### 3.3.1.5. Gamma dağılım

Bir önceki bölümde incelenen normal dağılımı çan eğrisi şeklinde ve simetrik bir dağılıma sahiptir. Ancak bazı durumlarda ilgilenilen değişken çarpık bir dağılıma sahip olabilir. Örneğin bir işletmenin günlük elektrik enerji tüketimi veya yapılan sağlık harcamaları gamma dağılımdan gelebilir. Olasılık yoğunluk fonksiyonu içinde iki parametre alan gamma dağılımını ( $Y \sim \Gamma(k, \theta)$ ) elde edebilmek için matematiğin çeşitli dallarında kullanılan

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} y^{k-1} e^{-y} dy$$

fonksiyonuna ihtiyaç duyulmakla birlikte fonksiyon

$$f(y; k; \theta) = \frac{1}{\Gamma(k)\theta^k} y^{k-1} \exp(-y/\theta)$$

şeklinde ifade edilir.

Fonksiyon logaritması alınarak üstel olarak

$$f(y; k; \theta) = \exp[y(-1/\theta) + (k - 1) \log(y) + \alpha \log(\theta) - \log(\Gamma(k))]$$

şeklinde yeniden yazıldığında  $a(y) = y$ ,  $b(\theta) = -1/\theta$  ve  $c(\theta)1 = \alpha \log(\theta)$  olmak üzere kanonik forma dahil olduğundan gamma dağılımının da üstel ailenin bir üyesi olduğu sonucuna varılır.

Gamma dağılımının beklenen değer ve varyansı (3.11) ve (3.14) çıkarımları ile  $E[y] = k\theta$  ve  $Var[y] = k\theta^2$  bulunur [149,153].

### 3.3.2. Bağ fonksiyonu

GLM kurabilmenin en önemli şartlarından biri ise bağ fonksiyonunun (*link function*) elde edilmesidir.  $y_1, y_2, \dots, y_N$  yanıt değişkenlerinin aynı dağılıma sahip kanonik formda üstel aileden gelmesi koşulu altında

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \epsilon_i$$

kurulan GLM'de açıklayıcı değişkenler ve parametrelerden oluşan,  $\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi}$ , kısmi modelin doğrusal kestirimi (*linear predictor*) olarak tanımlanır. Ayrıca bu doğrusal kestirim  $E(\epsilon_i | x_i) = 0$  koşulunda modeldeki yanıt değişkeninin beklenen değeri olarak da ifade edilebilmektedir.

$$E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi}$$

Burada daha sade bir gösterim ile

$$\mu_i = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}$$

eşitliği söz konusudur. Dolayısıyla yanıt değişkeninin dağılım fonksiyonunun ortalaması ile doğrusal kestirim arasında bir ilişkiden bir başka değişle aralarındaki bir bağdan söz edilebilir. İşte bu ilişki GLM'nin yapı taşı olan bağlantı fonksiyonunu işaret etmektedir.

Bağlantı fonksiyonu  $g(\cdot)$  monoton fonksiyon olmak üzere

$$g(\mu_i) = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}$$

olarak ifade edilir.

Bu nedenle bağlantı fonksiyonu tersi alınabildiğinden  $E(Y_i) = \mu_i = g^{-1}(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta})$  eşitliği dikkate alınarak seçilmelidir. Bağlantı fonksiyonunun seçimi kullanılan modelin doğasına uygun olmalıdır. Günümüzde istatistik programları yardımı ile çeşitli bağlantı fonksiyonları üretilmekle birlikte araştırmacılar yanıt değişkeninin dağılımına uygun hareket etmelidir. Eğer dağılımın yoğunluk fonksiyon parametresi  $\theta$  ile ortalaması  $\mu$  arasında bir denklik ( $\mu \equiv \theta$ ) söz konusu ise elde edilen bağlantı fonksiyonu kanonik bağlantı fonksiyonu olarak tanımlanır ve  $g'(\mu_i) = 1/\text{Var}(\mu_i)$  eşitliği ile elde edilir. Burada ortalama varyans fonksiyonu  $\text{Var}(\mu_i)$ , dağılımın varyansının  $\text{Var}(y_i)$  üstel aile fonksiyonunda gösterilen, ölçeği temsil eden dispersiyon parametresine ( $\phi$ ) bölümü ile bulunur:  $[\text{Var}(\mu_i) = 1/\phi \text{Var}(y_i)]$ .

İstatistik araştırmalarında kullanılan birçok önemli dağılım üstel aile üyesi olmakla birlikte dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyon parametresi ile ortalaması arasında bir denklik ilişkisi olduğundan dağılımların bağlantı fonksiyonu kanonik formdadır. Bu nedenle üstel aile üyesi olduğu yukarıdaki bölümlerde gösterilen Poisson, Binom, Normal ve Gamma dağılımlarının da bağlantı fonksiyonları dağılımlarındaki parametre-ortalama denkleğinden ötürü kanonik yapıdadır.

Poisson dağılımının bağ fonksiyonu logaritmik (logaritmik) formdadır. Denklem (3.17)'nin sonucundan poisson dağılımının varyansının  $\theta$  ve dağılımın  $\theta$  dışında parametre almamasından ötürü dispersiyon parametresinin  $\phi = 1$  olması nedeniyle ortalama varyans fonksiyonu  $Var(y_i) = Var(\mu_i) = \theta$  bulunur.  $\theta$  parametresine göre türevi alınmış  $g'(\mu_i) = 1/Var(\mu_i) = 1/\theta$  eşitliğinin integrali alındığında ise poisson dağılımının bağ fonksiyonu  $g(\mu_i) = \ln \theta$  olarak ortaya çıkar.

Binom dağılımının dispersiyon parametresinin  $\phi = n$  olması nedeniyle ortalama varyans fonksiyonu  $n\theta(1 - \theta) = nV(\mu_i)$  eşitliğinden  $\theta(1 - \theta)$  olarak bulunur. Bağ fonksiyonu ise,  $g'(\mu_i) = 1/\theta(1 - \theta)$ , eşitliğinin integrali alındığında elde edilen ,  $g(\mu_i) = \text{logit}(\theta) = \ln\left(\frac{\theta}{1-\theta}\right)$  ile ifade edilir.

Normal dağılımın bağ fonksiyonu birim (identity) bağ fonksiyonu olarak tanımlanır. Dispersiyon parametresi  $\phi = \sigma^2$  olan normal dağılımın bağ fonksiyonu,  $g(\mu_i) = \theta$  olarak bulunur. Aslında bağ fonksiyonun direkt  $\theta$  olması modelin klasik doğrusal model olarak ele alınması demektir. Bu nedenle yanıt değişkeninin normal dağılımdan gelmesi GLM'nin özel bir durumu olan klasik doğrusal modeli ifade eder.

Son olarak gamma dağılımını incelediğimizde dağılımın varyansı  $Var[Y_i] = k\theta^2$  olduğundan dispersiyon parametresi  $\phi = k$  olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla  $Var(y_i) = k Var(\mu_i) = k\theta^2$  ifadesinden faydalanarak  $g'(\mu_i) = 1/Var(\mu_i) = 1/\theta^2$  olacağından bağ fonksiyonu  $g(\mu_i) = -1/\theta$  olarak bulunur ve ters (inverse) fonksiyon olarak tanımlanır. Çizelge 3.5'de incelenen dağılımların dispersiyon parametreleri ve bağ fonksiyonları verilmiştir [154,155].

Çizelge 3.5. Dağılımlar ve bağ fonksiyonları

Dağılım	Dispersiyon Parametresi	Bağ Fonksiyonu
Poisson	$\phi = 1$	$\ln \theta$ (Logaritmik)
Binom	$\phi = n$	$\ln \left( \frac{\theta}{1-\theta} \right)$ (Logit)
Normal	$\phi = \sigma^2$	$\theta$ (Birim)
Gamma	$\phi = k$	$-\frac{1}{\theta}$ (Ters)

### 3.3.3. Tahmin edici

GLM parametresi  $\beta$  tahmini en çok olabilirlik (*maximum likelihood*) yöntemi kullanılarak yapılır. Genellikle yöntem iterasyonlar ile sonuca yakınsar ve Newton-Raphson algoritması temeline dayanır.

GLM özelliklerini sağlayan,  $E(Y_i) = \mu_i$  ve  $g(\mu_i) = x_i^T \beta$  olan  $y_1, y_2, \dots, y_N$  rassal yanıt değişkenleri ile ilişkili  $\beta$  parametresini tahmin edebilmek için öncelikle (3.5) fonksiyonun logaritması alınarak log-olabilirlik (*log-likelihood*) fonksiyonu elde edilir.

Her bir  $y_i$  için log-olabilirlik fonksiyonu

$$l_i = y_i b(\theta_i) + c(\theta_i) + d(\theta_i) \quad (3.18)$$

olarak ifade edilir. Ayrıca

$$E(y_i) = \mu_i = -c'(\theta_i)/b'(\theta_i) \quad (3.19)$$

$$Var(y_i) = [b''(\theta_i)c'(\theta_i) - c''(\theta_i)b'(\theta_i)]/[b'(\theta_i)]^3 \quad (3.20)$$

ve elemanları  $x_{ij}$  olmak üzere  $x_i$  vektörü,  $j = 1, \dots, p$ .

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta = \eta_i \quad (3.21)$$

çıkarımları<sup>3</sup> göz önünde tutulup (3.18) denkleminde yararlanarak tüm  $y_i$ 'ler için log-olabilirlik fonksiyonu ise şu şekilde gösterilir.

$$l = \sum_{i=1}^N l_i = \sum y_i b(\theta_i) + \sum c(\theta_i) + \sum d(y_i)$$

$\beta$  parametresinin en çok olabilirlik tahmin edicisini elde etmek için log-olabilirlik fonksiyonun  $\beta$  parametresine göre zincir kuralı (*chain rule*) ile türevi alındığında

$$\frac{\partial l}{\partial \beta_j} = U_j = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial l_i}{\partial \beta_j} \right] = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial l_i}{\partial \theta_i} \cdot \frac{\partial \theta_i}{\partial \pi_i} \cdot \frac{\partial \mu_i}{\partial \beta_i} \right] \quad (3.22)$$

eşitliği elde edilir. Eşitliğin sağ tarafı ayrı ayrı incelendiğinde ilk olarak

$$\frac{\partial l_i}{\partial \theta_i} = y_i b'(\theta_i) + c'(\theta_i) = b'(\theta_i)(y_i - \mu_i)$$

eşitliği log-olabilirlik fonksiyonun  $\theta$  parametresine göre türevini gösterir. İkinci olarak  $\theta$  ile  $\mu$  arasındaki ilişki ele alındığında öncelikle zincir kuralı çerçevesinde

$$\frac{\partial \theta_i}{\partial \mu_i} \cdot \frac{\partial \mu_i}{\partial \theta_i} = 1$$

olduğu hatırlanarak

$$\frac{\partial \mu_i}{\partial \theta_i} = -\frac{c''(\theta_i)}{b'(\theta_i)} + \frac{c'(\theta_i)b''(\theta_i)}{[b'(\theta_i)]^2}$$

elde edilir ve (3.20) kullanılarak daha sade biçimde

$$\frac{\partial \mu_i}{\partial \theta_i} = b'(\theta_i) \text{Var}(y_i)$$

<sup>3</sup> 3.19 ve 3.20 çıkarımları Bölüm 3.3.1.1 Üstel aile dağılımlarının özellikleri bölümünde ve 3.21 denklemi ise Bölüm 3.3.2 Bağ fonksiyonu bölümünde açıklanmıştır. 3.21 denkleminin  $\eta_i$  eşitliği zincir türevlerinde kolaylık sağlanması amacıyla yapılmıştır.

olarak gösterilir. Son olarak (3.21) kullanılarak

$$\frac{\partial \mu_i}{\partial \beta_i} = \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \frac{\partial \eta_i}{\partial \beta_i} = \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} x_{ij}$$

bulunur. Elde edilen türevler (3.22) denkleminde yerine konulduğunda

$$U_j = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - \mu_i)}{\text{Var}(y_i)} x_{ij} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right) \right] \quad (3.23)$$

skor fonksiyonu (*score function*) başka bir değişle  $y$ 'lerin skorları  $U$ 'lar elde edilir.

Skor fonksiyonunun varyans-kovaryans matrisi bilgi matrisi (*information matrix*) adıyla anılır ve

$$\mathfrak{J}_{jk} = E[U_j U_k]$$

olarak gösterilir.(3.23) yardımı ile matris

$$\begin{aligned} \mathfrak{J}_{jk} &= E \left\{ \sum_{i=1}^N \left[ \frac{(y_i - \mu_i)}{\text{Var}(y_i)} x_{ij} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right) \right] \sum_{l=1}^N \left[ \frac{(y_l - \mu_l)}{\text{Var}(y_l)} x_{lk} \left( \frac{\partial \mu_l}{\partial \eta_l} \right) \right] \right\} \\ &= \sum_{i=1}^N \frac{E[(y_i - \mu_i)^2] x_{ij} x_{ik} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)^2}{[\text{Var}(y_i)]^2} \end{aligned} \quad (3.24)$$

şeklinde ifade edilir çünkü  $y_i$ 'ler birbirinden bağımsız ve dolayısıyla  $i \neq l$  olmak üzere  $E[(y_i - \mu_i)(y_l - \mu_l)] = 0$ 'dır.  $E[(y_i - \mu_i)^2] = \text{Var}(y_i)$  olduğundan (3.24) daha sade şekli ile

$$\mathfrak{J}_{jk} = \sum_{i=1}^N \frac{x_{ij} x_{ik}}{\text{Var}(y_i)} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \quad (3.25)$$

olarak bulunur.

Skorlama yöntemi (*method of scoring*) ile  $\beta_1, \dots, \beta_p$  parametrelerinin tahmini  $m$  iterasyon sayısı olmak üzere  $b^{(m)}$  vektörünün iterasyonlarının yakınsamasıyla

$$b^{(m)} = b^{(m-1)} + [C^{(m-1)}]^{-1} U^{(m-1)} \quad (3.26)$$

eşitliği ile yapılır. Eşitlikte  $[C^{(m-1)}]^{-1}$ , elemanları  $c_{jk}$  olmak üzere bilgi matrisinin tersi ve  $U^{(m-1)}$ , elemanları (3.23) denkleminde elde edilen skor vektörüdür. (3.26) iterasyon denkleminin her iki tarafı  $C^{(m-1)}$  ile çarpıldığında denklem

$$C^{(m-1)} b^{(m)} = C^{(m-1)} b^{(m-1)} + U^{(m-1)} \quad (3.27)$$

şeklinde ifade edilir.

(3.25) ise matris gösterimi ile  $W$  matrisi  $N \times N$  tipinde köşegen (*diagonal*) matris ve elemanları

$$w_{ii} = \frac{1}{\text{Var}(y_i)} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \quad (3.28)$$

olmak üzere

$$C = X^T W X$$

şeklinde gösterilir.

İterasyon denkleminin (3.27) diğer elde edilen (3.25) ve (3.26) denklemlerini kullanarak sağ tarafı vektör elemanları ile birlikte

$$\sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^N \frac{x_{ij} x_{ik}}{\text{Var}(y_i)} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)^2 b_k^{(m-1)} + \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \mu_i) x_{ij}}{\text{Var}(y_i)} \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)$$

olarak yazılabilir ve dolayısıyla (3.27) denkleminin sağ tarafı  $z$  elemanları

$$z_i = \sum_{k=1}^p x_{ik} b_k^{(m-1)} + (y_i - \mu_i) \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial \eta_i} \right)$$

olmak üzere

$$X^T W z$$

olarak ifade edilir.

Sonuç olarak iterasyon denklemi (3.27) şu şekilde gösterilir:

$$X^T W X b^{(m)} = X^T W z \quad (3.29)$$

Elde edilen form ağırlıklı en küçük kareler yöntemi (*method of weighted least squares*) ile tahmini yapılan doğrusal modelin normal denklemleri ile aynı yapıdadır. Elde edilen form ile ağırlıklı en küçük kareler yöntemi arasındaki fark tahmin çözümünün iterasyonlar ile yapılmasıdır çünkü  $\mathbf{z}$  ve  $\mathbf{W}$ ,  $\mathbf{b}$  tahmin edicisine bağlıdır. Sonuç olarak GLM'de en çok olabilirlik tahmin edicisi iterasyonlu ağırlıklı en küçük kareler yöntemi (*method of iterative weighted least squares*) ile elde edilmiş olur.

Uygun GLM belirlemek için çalıştırılan birçok istatistik paket programı işlemi gerçekleştirecek etkili algoritmalar içermektedir. Program işleme öncelikle  $\mathbf{z}$  ve  $\mathbf{W}$  değerlerini hesaplayabilmek için bazı  $b^{(0)}$  başlangıç değerlerini atar ve  $b^{(1)}$  değerini elde etmek için (3.29) denklemini çözer. Bu süreç  $\mathbf{z}$  ve  $\mathbf{W}$  değerleri için en iyi yakınsama olana kadar devam eder. Hesaplanan  $b^{(m-1)}$  ve  $b^{(m)}$  arasındaki fark yeteri kadar küçük olduğunda  $b^{(m)}$  modelin en çok olabilirlik tahmin edicisi olarak alınır [146, 156-166].

### 3.4. Enstrümantal Değişken Yöntemi

Ekonometrik modellemelerde karşılaşılan önemli sorunlardan bir tanesi açıklayıcı değişkenin içsel (*endogenous*) olması bir başka değişle açıklayıcı değişkenin modeldeki hata terimi ile ilişkili olması nedeniyle tahmin edicilerin yanlı ve tutarsız olarak elde edilmesidir. Dolayısıyla karar verici mekanizma kurulan model ile nedenselliğin yönü ve büyüklüğü hakkında tutarlı ve yansız tahminlerde bulunamaz. Enstrümantal değişken yöntemi içsellik sorununu (*endogeneity problem*) çözerek tutarlı ve yansız tahmin ediciler elde etmemizi sağlayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan hata terimi ile ilişkili olan açıklayıcı değişken için yine bir veya birden fazla enstrümantal değişken kullanılır ise iki aşamalı en küçük kareler (*two stage least square*) yöntemi kullanılarak çözüme ulaşılmaktadır [8,167].

Çalışmanın bu bölümünde enstrümantal değişken (araç değişken) ve iki aşamalı en küçük kareler yöntemi kuramsal olarak açıklanacaktır.

#### 3.4.1. Sıradan en küçük kareler yönteminin yanlılığı ve tutarsızlığı

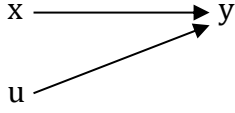
Sıradan En Küçük Kareler (*Ordinary Least Square*) regresyon modeli matris gösterimi ile

$$y_{Nx1} = x_{NxK} \beta_{Kx1} + u_{Nx1} \quad (3.30)$$

olarak ifade edilir. Modelde  $y$  bağımlı değişken,  $x$  açıklayıcı değişken,  $\beta$  model parametresi ve  $u$  hata terimidir.  $x_{NxK} \beta_{Kx1}$  kısmı modelin sistematik bileşeni (*systematic component*) olarak adlandırılırken  $u_{Nx1}$  kısmı modelin stokastik bileşeni (*stochastic component*) olarak adlandırılır. Modelde amaç  $\beta$  model parametresini tahmin ederek  $x$  açıklayıcı değişkenindeki değişimin  $y$  bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektir. Modelin en önemli varsayımı  $x$  açıklayıcı değişkeni biliniyorken  $u$  hata teriminin beklenen değerinin 0 olarak kabul edilmesidir.

$$E_{u|x}[u|x] = 0_{Nx1} \quad (3.31)$$

$x$  ile  $u$  arasında bir ilişki yoktur,  $cov(u, x) = 0$ .  $x$  açıklayıcı değişkeni ise ekzojen değişken (*exogenous variable*) olarak tanımlanır.



Şekil 3.10. Enstrümantal değişken - I -

Şekil 3.10'da da görüldüğü gibi  $x$ 'te bulunan bilgilerin hiçbiri  $u$ 'ya geçmemiştir. Burada  $x$  ile  $u$  birbirlerinden bağımsızdır ve  $x$ 'in  $y$  üzerine direkt etkisi  $\beta$  parametresi yolu ile gerçekleşmektedir.

Modelde  $\beta$  parametresi tahmin edilirken modelin hata terimi karelerinin toplamı minimize edilir. En küçük kareler yöntemi adını bu minimizasyon probleminden almaktadır.

Matriks gösterimi ile

$$[u_1 u_2 \dots u_N]_{1 \times N} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ u_N \end{bmatrix}_{N \times 1} = [u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_N^2] \quad (3.32)$$

olduğundan hata terimi kareler toplamı  $u'u$  olarak yazılabilir. (3.30) modelinde sistematik bileşen eşitliğin sol tarafına atıldığında hata terimi

$$u = y - x\beta \quad (3.33)$$

olur.

Eğer  $\hat{\beta}$ ,  $K \times 1$  boyutunda  $\beta$  parametresinin tahmin edicisi olur ise, tahmin edilecek (3.30) modeli

$$y = x\hat{\beta} + \hat{u} \quad (3.34)$$

modeline dönüşür. Modelde  $y, x$  gözlem değerlerinden oluşan değişkenler ve  $u$  veriden hesaplanabilen hata terimi vektörü olmak üzere, artık terim kareler toplamı

$$\begin{aligned} u'u &= (y - x\hat{\beta})'(y - x\hat{\beta}) \\ &= y'y - y'x\hat{\beta} - \hat{\beta}'x'y + \hat{\beta}'x'x\hat{\beta} \end{aligned} \quad (3.35)$$

olarak elde edilir.

Hata terimi kareler toplamını minimize edecek  $\hat{\beta}$ 'yi bulmak için (3.35) eşitliğinin  $\hat{\beta}$ 'ya göre türevinin alınarak 0'a eşitlenmesi gerekmektedir.  $\hat{\beta}$ 'ya göre alınan türev literatürde normal eşitlik (*normal equation*) olarak bilinen

$$\frac{\partial u'u}{\partial \hat{\beta}} = 2x'y + 2x'x\hat{\beta} = 0$$

eşitliktir<sup>4</sup>.

Sonuç olarak  $\beta$  parametresinin tahmin edicisi

$$(x'x)\hat{\beta} = x'y$$

$$(x'x)^{-1}(x'x)\hat{\beta} = (x'x)^{-1}x'y \quad (3.36)$$

ve  $(x'x)^{-1}(x'x) = I$  olduğundan

<sup>4</sup>Matriks türevinde,  $a$  ve  $bN \times 1$  boyutunda iki vektör ise

$$\frac{\partial a'b}{\partial b} = \frac{\partial b'a}{\partial b} = a$$

ve eğer  $A$  simetrik bir matriks ise

$$\frac{\partial a'Ab}{\partial b} = 2Ab = 2b'A$$

olduğu dikkate alındığında

$$\frac{\partial 2\hat{\beta}'x'y}{\partial \hat{\beta}} = \frac{\partial 2\hat{\beta}'(x'y)}{\partial \hat{\beta}} = 2x'y$$

ve  $x'x$  matriksi  $K \times K$  boyutunda simetrik bir matriks olduğundan

$$\frac{\partial \hat{\beta}'x'x\hat{\beta}}{\partial \hat{\beta}} = \frac{\partial \hat{\beta}'(x'x)\hat{\beta}}{\partial \hat{\beta}} = 2x'x\hat{\beta}$$

sonuçlarına ulaşılır.

$$I\hat{\beta} = (x'x)^{-1}x'y$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = (x'x)^{-1}x'y \quad (3.37)$$

olarak bulunur.

$y$  yerine (3.30) denklemini yazıldığında

$$\hat{\beta}_{OLS} = (x'x)^{-1}x'(x\beta + u) \quad (3.38)$$

elde edilir ve tahmin edici yeni ifadesi ile

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_{OLS} &= (x'x)^{-1}x'x\beta + (x'x)^{-1}x'u \\ &= I\beta + (x'x)^{-1}x'u \\ &= \beta + (x'x)^{-1}x'u \end{aligned} \quad (3.39)$$

olarak ortaya çıkar.

Bilindiği gibi istatistikte iyi bir tahmin edicinin örnek dağılımı tahmin edilecek parametreye eşit ise bu tahmin edici parametre için yansız bir kestiricidir. Bu durum matematiksel olarak tahmin edicinin beklenen değerinin parametreye eşit olması olarak ifade edilir.<sup>5</sup>

(3.39) eşitliğinde bulunan  $\beta$  tahmin edicisi  $\hat{\beta}_{OLS}$ 'nin beklenen değeri alındığında

$$E_{x,u}[\hat{\beta}_{OLS}] = \beta + E_{x,u}[(x'x)^{-1}x'u]$$

<sup>5</sup>Tahmin edici  $\hat{\theta}$  ve tahmin edilecek parametre  $\theta$  ise

$$E(\hat{\theta}) = \theta$$

olması  $\hat{\theta}$ 'nin  $\theta$ 'nin yansız kestiricisi olduğunu gösterir.

$$\begin{aligned}
&= \beta + E_x \left[ E_{u|x} \left[ (x'x)^{-1} x' u \mid x \right] \right]^6 \\
&= \beta + E_x \left[ (x'x)^{-1} x' \underbrace{E_{u|x} [u \mid x]}_{= 0_{Nx1}} \right]
\end{aligned}$$

olduğundan

$$= \beta + E_x[0]$$

$$= \beta \tag{3.40}$$

elde edilir.  $\hat{\beta}_{OLS}$ 'nin  $\beta$ 'nin yansız tahmin edicisi olduğu (3.31)'de bahsedilen varsayım altında geçerli olduğu dikkatten kaçmamalıdır.

İyi bir tahmin edicinin bir diğer özelliği ise tahmin edicinin tutarlı olmasıdır. Tutarlılık büyük örnek özelliğidir (*large sample property*). Eğer örnek hacmi artarken tahmin edici parametre değerine yaklaşıyor ise tahmin edici tutarlı bir tahmin edici olarak adlandırılır. Başka bir deyişle örnek hacmi artarken tahmin edici ile parametre arasındaki farkın sifıra yaklaşmasıdır.<sup>7</sup>

Modelimizde bulduğumuz  $\hat{\beta}_{OLS}$  tahmin edicisinin tutarlı bir tahmin edici olup olmadığının kararını vermek için (3.37)'de bulunan  $\hat{\beta}_{OLS}$  tahmin edicisini gözlem değerleri ile tekrar ifade edersek

$$\hat{\beta}_{OLS} = (x'x)^{-1} x'y$$

---

<sup>6</sup>Bu aşamadaki geçiş tekrarlı beklentiler kanunu (*law of iterated expectations*) olarak bilinmektedir.  $y$  ve  $x$  rassal değişkenler olmak üzere

$$E(y) = E_x[E(y|x)]$$

eşitliği söz konusudur.

<sup>7</sup> Tahmin edici  $\hat{\theta} = T_n$ , tahmin edilecek parametre  $\theta$  ve  $\epsilon$  çok küçük bir sayı olmak üzere

$$p \lim_{n \rightarrow \infty} T_n = \theta \quad \text{veya} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} P(|T_n - \theta| \geq \epsilon) = 0$$

ise  $\hat{\theta}$ ,  $\theta$ 'nin tutarlı kestiricisidir.

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i y_i$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i (x_i' \beta + u_i)$$

$$\hat{\beta}_{OLS} = \beta + \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i u_i$$

eşitliğine ulaşılmış olunur. Elde edilen eşitliğin olasılık limiti (*probability limit*) alındığında

$$p \lim \hat{\beta}_{OLS} = p \lim \left[ \beta + \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i u_i \right]$$

$$= \beta + p \lim \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i x_i' \right)^{-1} \cdot p \lim \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i u_i$$

$$= \beta + \underbrace{E[x_i x_i']^{-1} \cdot E[x_i u_i]}_{= 0_{K \times 1}}$$

$$= \beta \tag{3.41}$$

elde edilir. Dolayısıyla  $\hat{\beta}_{OLS}$  tahmin edicisinin  $\beta$  parametresinin tutarlı tahmin edicisi olduğu sonucuna varılır.

Yapılan işlemlerden de görüldüğü gibi  $\hat{\beta}_{OLS}$  tahmin edicisinin  $\beta$  parametresinin yansız ve tutarlı tahmin edicisi olarak bulunması  $x$  ile  $u$  arasında bir ilişkinin olmaması varsayımına bağlıdır. Daha önce de belirtildiği gibi bu varsayım diğer standart regresyon modelleri varsayımları arasında çok önemli ve güçlü bir

varsayım olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğer bu varsayım geçerli olmaz ise matematiksel gösterimi ile (3.31) eşitliği

$$E_{u|x}[u|x] \neq 0_{Nx1}$$

eşitsizliğine dönüşür. Böylece sırasıyla yansızlık ve tutarlılık sonuçlarını doğuran (3.39) ve (3.40) sonuçlarından

$$E_{x,u}[\hat{\beta}_{OLS}] = \beta + E_x \left[ (x'x)^{-1} x' \underbrace{E_{u|x}[u|x]}_{\neq 0_{Nx1}} \right]$$

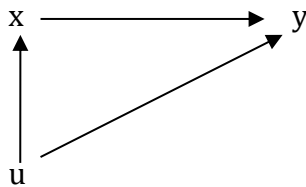
$\neq \beta$

ve

$$p \lim \hat{\beta}_{OLS} = \beta + E[x_i x_i']^{-1} \cdot \underbrace{E[x_i u_i]}_{\neq 0_{Nx1}}$$

$\neq \beta$

eşitsizlikleri elde edilir. Görüldüğü gibi varsayım altında  $\beta$  parametresinin yansız ve tutarlı tahmin edicisi olan  $\hat{\beta}_{OLS}$  artık yanlı ve tutarsızdır. Esasen gerçek dünya verisi ile yapılan ekonometrik modellemelerde bu varsayım her zaman geçerli olmaz ve  $x$  açıklayıcı değişkeni içindeki bilgiler hata terimi içerisinde de bulunmuş olur. Böylece  $u$  hata terimi sadece modelin artıklarını değil  $x$ 'in  $y$ 'yi açıklamada kullandığı bilgileride içinde barındırır.



Şekil 3.11. Enstrümantal değişken - II -

Şekil 3.11’de de görüldüğü gibi artık  $x$ ’in  $y$  üzerinde iki etkisi vardır. Birincisi kendi üzerinden direkt etki (direct effect), ikincisi ise hata terimi  $u$  üzerinden dolaylı etkidir (indirect effect). Regresyon modellemelerinde amaç ilk etkiyi yani  $\beta$  parametresini tahmin etmektir. Ancak  $x$  ile  $u$ ’nun ilişkili olduğu durumlarda sıradan regresyon tahmin edicisi  $\hat{\beta}_{OLS}$  iki etkinin birleşiminden oluşur. Bu nedenle örneğin  $x$ ’in  $y$  üzerine olan etkisinin pozitif olduğu düşünülürse  $\hat{\beta}_{OLS} > \beta$  olacağı açıktır. Bu durum kalkülüs kullanarak sezgisel olarak da açıklanabilmektedir. Artık  $x$  ile  $u$  birbirleriyle ilişkili olduğundan  $u$ ,  $x$ ’in bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. (3.30) modeli tek değişkenli olarak

$$y = \beta x + u(x)$$

ifadesi ile ele alındığında; denklemin  $x$ ’e göre türevi  $x$ ’in  $y$  üzerindeki değişim etkisi  $dy/dx$  ortaya çıkacaktır.

$$\frac{dy}{dx} = \beta + \frac{du}{dx}$$

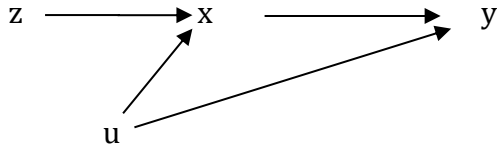
Dolayısıyla toplam etki  $\beta$ ’dan ziyade  $\beta + du/dx$  olarak bulunur. Elde edilen sonuç bir kere daha  $x$  ile  $u$  birbirleriyle ilişkili olduğunda sıradan regresyon tahmin edicisinin yanlı ve tutarsız olduğunu kalkülüs kullanarak sezgisel olarak da doğrulamaktadır [166, 168-172].

### 3.4.2. Enstrümantal değişken modeli

Bir önceki bölümde sıradan regresyon modelinde açıklayıcı değişken  $x^8$  ile modelin hata terimi  $u$  arasındaki ilişkinin tahmin edicinin sadece yanlı olmasına değil aynı zamanda tutarsız olmasına da neden olduğu ayrıntıları ile incelenmişti. Dolayısıyla (3.30) modelini yansız ve tutarlı olarak tahmin ederek bağımlı değişken  $y$ ’de meydana gelen değişimleri açıklamaya yardımcı olacak başka bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. İlk olarak verilerin elde edildiği deneyi tümünden değiştirmek ve yeni egzogen değişkenler yaratmak akla gelebilir. Ancak deney

<sup>8</sup> Modelin açıklayıcı değişkeni  $x$  hata terimi  $u$  ile ilişkili olduğu durumlarda endojen değişken (*endogenous variable*) olarak tanımlanır.

değiştirme yöntemi zaman, maliyet ve iş gücü açısından büyük yükler getireceğinden tercih edilmemektedir. Diğer bir yöntem olarak enstrümantal değişken yöntemi bu soruna çözüm getiren bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır ve özellikle ekonomik modellerin endojen yapısından ötürü ekonomi alanında sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 3.12. Enstrümantal değişken - III -

Şekil 3.12'den de anlaşıldığı gibi modele öyle bir  $z$  değişkeni dahil edilecek ki bu  $z$  değişkeni hem  $x$  değişkeni ile ilişkili olacak bir başka değişle  $x$  değişkeninin değişimlerinden etkilenen hem de modelin hata terimi olan  $u$  ile ilişkisi olmayacak. İşte modelin kuramsal alt yapısına uygun olarak geliştirilen bu değişken literatürde enstrümantal değişken olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla enstrümantal değişken yönteminin tahminine esas iki belirgin varsayım söz konusudur:

1. Enstrümantal değişken hata terimi ile ilişkili olmayacak

$$E[z_i u_i] = 0. \quad (3.42)$$

2. Enstrümantal değişken açıklayıcı değişken ile ilişkili olacak

$$E[z_i x_i] \neq 0. \quad (3.43)$$

Uygulamada ikinci varsayımın geçerliliği test edilebilmektedir. Ancak birinci varsayım hata teriminin gözlenememesi nedeniyle test edilememektedir. Bu nedenle uygun enstrümanın bulunması her zaman kolay olmamaktadır. Dolayısıyla model kurulurken değişkenler çok iyi araştırılmalı ve değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkisi önceden sezilebilmelidir. Modelin çalıştığı alan hakkında iyi bir bilgi birikimine sahip olunmalı ve alanın gözlenemeyen etkilerini kestirebildikten sonra uygun enstrümanlar geliştirilmelidir.

İkinci varsayım test edilirken indirgenmiş form (*reduced form*) eşitliğine ihtiyaç duyulmaktadır. İndirgenmiş form endojen değişkenin egzojen değişkenler ve enstrümantal değişken ile birlikte modellenmesi anlamına gelmektedir.  $y_2$  asıl tahmin edilecek modelin endojen değişkeni olmak üzere,  $(x_2, x_3, \dots, x_{k-1})$  değişkenleri hata terimi ile ilişkisi olmayan egzojen değişkenler ve  $z$  bulunan enstrümantal değişken olsun. O zaman indirgenmiş form

$$y_2 = \delta_z z + \delta_1 + \delta_2 x_2 + \dots + \delta_{k-1} x_{k-1} + u$$

olarak ifade edilir. Dolayısıyla ikinci varsayımın geçerli olabilmesi için indirgenmiş formdaki  $z$ 'nin katsayısı olan  $\delta_z$ 'nin istatistiksel açıdan anlamlı olması gerekmektedir.

Dikkat edildiği üzere yukarıdaki indirgenmiş formda bir tane endojen ve bir tane enstrümantal değişken örneklendirilmiştir. Model içerisinde birden fazla endojen ve bulunan birden fazla enstrümantal değişken olabilir. Bu tip değişken sayısı farklılıkları beraberinde belirleme (*identification*) sorununu getirmektedir. Belirleme sorunu üç şekilde ortaya çıkmaktadır.  $m$ , enstrümantal değişken sayısı ve  $k$ , endojen değişken sayısı olmak üzere

- Tam belirleme (*exact identification*)  
Eğer  $m = k$  ise model parametreleri  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  tahmini için yeterli enstrüman var demektir.
- Fazla belirleme (*over identification*)  
Eğer  $m > k$  ise model parametreleri  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  tahmini için yeterinden fazla enstrüman var demektir. Bu koşulda enstrümantal değişkenlerin geçerlilik testi iyi yapılmalı ve tahmin edici için iki aşamalı en küçük kareler yöntemi (*Two Stage Least Squares – 2SLS*) kullanılmalıdır. Yöntem ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak incelenecektir.
- Eksik belirleme (*under identification*)  
Eğer  $m < k$  ise model parametreleri  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  tahmini için yeterinden az enstrüman var demektir. Bu koşulda araştırmacı yeni enstrümantal değişkenler üretmek durumundadır.

$\mathbf{x} = (y_2, 1, x_2, \dots, x_{k-1})$  ve  $\mathbf{z} = (z, 1, x_2, \dots, x_{k-1})$   $1 \times k$  boyutunda vektörler olmak üzere  $X$  ve  $Z$  sırasıyla içinde bir adet endojen değişken ( $y_2$ ), bir adet enstrümantal değişken ( $z$ ) ve  $k - 1$  adet bağımsız değişken içeren  $n \times k$  boyutundaki matrisler ise

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} y_{12} & 1 & x_{12}x_{13} & \dots & x_{1k-1} \\ y_{22} & 1 & x_{22}x_{23} & \dots & x_{2k-1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ y_{n2} & 1 & x_{n2}x_{n3} & \dots & x_{nk-1} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_1 & 1 & x_{12}x_{13} & \dots & x_{1k-1} \\ z_2 & 1 & x_{22}x_{23} & \dots & x_{2k-1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_n & 1 & x_{n2}x_{n3} & \dots & x_{nk-1} \end{bmatrix}$$

enstrümantal değişken modeli tahmin edicisi

$$\hat{\beta}_{IV} = (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{y}$$

olarak ifade edilir.

$y$  yerine (3.30) modeli yazıldığında

$$\hat{\beta}_{IV} = (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'(\mathbf{x}\beta + \mathbf{u})$$

$$\hat{\beta}_{IV} = (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{x}\beta + (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{u}$$

$$= \mathbf{I}\beta + (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{u}$$

$$= \beta + (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{u} \quad (3.44)$$

olarak bulunur. Bir sonraki aşamada tahmin edicinin yanlılık ve tutarlılık durumu ele alınacaktır. Dolayısıyla yanlılık kontrolü için (3.44) eşitliğinin beklenen değeri alındığında

$$E_{z,u}[\hat{\beta}_{IV}] = \beta + E_{z,u}[(\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{u}]$$

$$= \beta + E_z \left[ E_{u|z}[(\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}'\mathbf{u} | z] \right]$$

$$= \beta + E_z \left[ (\mathbf{z}'\mathbf{x})^{-1}\mathbf{z}' \underbrace{E_{u|z}[\mathbf{u} | z]}_{= \mathbf{0}_{N \times 1}} \right]$$

olduğundan

$$= \beta + E_z[0]$$

$$= \beta \quad (3.45)$$

elde edilir ki bu sonuç  $\hat{\beta}_{IV}$  tahmin edicisinin  $\beta$  parametresinin yansız tahmin edicisi olduğunu göstermektedir.

Tahmin edici  $\hat{\beta}_{IV}$  büyük örnek özelliği olan tutarlılık açısından incelendiğinde

$$\hat{\beta}_{IV} = (zx)^{-1}z'y$$

$$\hat{\beta}_{IV} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i y_i$$

$$\hat{\beta}_{IV} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i (x_i' \beta + u_i)$$

$$\hat{\beta}_{IV} = \beta + \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i u_i$$

eşitliği elde edilir. Elde edilen eşitliğin olasılık limiti (*probability limit*) alındığında

$$p \lim \hat{\beta}_{IV} = p \lim \left[ \beta + \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i u_i \right]$$

$$= \beta + p \lim \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1} \cdot p \lim \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i u_i$$

$$= \beta + \underbrace{E[z_i x_i']^{-1}}_{\neq 0_{K \times 1}} \cdot \underbrace{E[z_i u_i]}_{= 0_{K \times 1}}$$

(3.42) ve (3.43) koşullarında

$$= \beta$$

sonucuna ulaşılır. Görüldüğü üzere enstrümantal değişken yöntemi sıradan regresyon modellerinde karşılaşılan endojenlik sorununu yansız ve tutarlı tahmin ediciler elde ederek gidermeye çalışır. Ancak tahmin edicinin sadece yansız ve tutarlı olması sorunu tam olarak çözmemektedir, bunun nedeni  $Z$  enstrümanı ile  $X$  endojen değişkeni arasındaki ilişkinin zayıf olduğu durumlarda  $\hat{\beta}_{IV}$  tahmin edicisinin varyansının büyümesidir. Bu büyüyen varyans ise istatistiksel olarak etkinlik kaybına yol açmaktadır [174-179].

### 3.4.3. Zayıf enstrüman

Enstrümantal değişken yöntemi açıklanırken yöntemin (3.42) ve (3.43)'te belirtilen iki temel varsayım üzerinden çalışarak tahminleri gerçekleştirdiği gösterilmişti. Ancak bu varsayımların birer birer veya her ikisinin birden ihlali söz konusu olduğunda elde edilecek tahmin sonuçları ciddi anlamda yanıltıcı olabilmektedir. Özellikle (3.43) varsayımında bahsedilen enstrümantal değişken ile açıklayıcı değişken arasındaki ilişkinin gücü önemlidir. Şayet ilişki zayıf ise yöntem iyi çalışmayacaktır. Literatürde ilişkinin zayıf olmasına, istatistiksel olarak  $x$  ile  $z$  arasındaki korelasyonun,  $Corr(z, x)$ , küçük olmasına neden olan  $z$  enstrümanı zayıf enstrüman (*weak instrument*) olarak tanımlanmaktadır.

Zayıf enstrümanın yarattığı sorunları  $z_1$ 'in  $x_1$  endojen değişkeninin enstrümanı olmak üzere basit  $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + u$  modeli üzerinden incelemek daha kolay ve aydınlatıcı olabilmektedir. Sıradan en küçük kareler yöntemi tahmin edicisi ile enstrümantal değişken yöntemi tahmin edicisi arasındaki benzerlik dikkate alındığında enstrümantal değişken yöntemi tahmin edicisinin de büyük örneklem dağılımının (*asymptotic distribution*) normal dağılıma yakınsadığı şaşırtıcı olmayacaktır.<sup>9</sup> İstatistiksel çıkarımlar bağlamında  $t$  istatistiği ve güven aralıklarının

<sup>9</sup> Enstrümantal değişken yöntemi tahmin edicisinin asimptotik dağılımı

$$\hat{\beta}_{IV} = \beta + \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z x_i' \right)^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i u_i$$

eşitliği

$$\sqrt{N}(\hat{\beta}_{IV} - \beta) = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z x_i' \right)^{-1} \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N z_i u_i$$

dönüştürüldüğünde ve

hesaplanabilmesi için  $\beta_{IV} = \beta_1$ 'in standart hatasına ihtiyaç duyulmaktadır.<sup>10</sup> Bu konuda genel yaklaşım aynı sıradan en küçük kareler yönteminde olduğu gibi sabit varyans (*homoskedasticity*) varsayımının ortaya konulmasıdır. Fakat şimdiki durumda anılan varsayım endojen değişken üzerinden değil enstrümantal değişken üzerinden koşullandırılmalıdır.

$$E(u^2|z) = \sigma^2 = \text{Var}(u) \quad (3.46)$$

(3.42) ve (3.43) varsayımlarına ek olarak (3.46) varsayımı eklendiğinde  $\hat{\beta}_1$ 'in asimptotik varyansı

$$\text{Avar}(\hat{\beta}_1) = \frac{\sigma^2}{n\sigma_x^2\rho_{x,z}^2}$$

olarak bulunur. Eşitlikte  $\sigma^2$ ,  $u$ 'nun popülasyon varyansı,  $\sigma_x^2$ ,  $x$ 'in popülasyon varyansı ve  $\rho_{x,z}^2$  ise  $x$  ile  $z$  arasındaki popülasyon korelasyonunun karesini ifade etmektedir. Görüldüğü gibi  $\hat{\beta}_1$ 'in asimptotik varyansı,  $\hat{\beta}_{OLS}$  asimptotik varyansına<sup>11</sup> benzer şekilde örnek büyüklüğünden etkilenmektedir ( $1/n$ ) ve örnek hacmi genişledikçe sıfıra yaklaşmaktadır. Bunun dışında  $\hat{\beta}_1$ 'in asimptotik varyansı iki açıdan önem taşımaktadır. İlk olarak  $\hat{\beta}_1$ 'in standart hatasının elde edilmesini sağlar çünkü asimptotik varyanstaki bütün nicelikler verilen bir rassal örnekleme tutarsız bir şekilde tahmin edilebilir.  $\sigma_x^2$ 'yi tahmin edebilmek için,  $x_i$ 'nin örnek varyansı

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \xrightarrow{p} E[z_i x_i']$$

$$\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N z_i u_i \xrightarrow{d} N(0, E[u_i^2 z_i z_i'])$$

olduğundan büyük sayılar yasası, Slutsky ve süreklilik teoremleri ile  $\hat{\beta}_{IV}$  tahmin edicisinin limit dağılımı

$$\sqrt{N}(\hat{\beta}_{IV} - \beta) \xrightarrow{d} N(0, E[z_i x_i']^{-1} E[u_i^2 z_i z_i'] (E[z_i x_i']^{-1})')$$

olarak elde edilir.

<sup>10</sup>

$$\hat{u}_i = y_i - x_i \hat{\beta}_{IV}$$

olmak üzere varyansın tutarlı tahmin edicisi

$$\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \hat{u}_i^2 z_i z_i' \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N z_i x_i' \right)^{-1}'$$

ve matris gösterimi ile  $\hat{\Omega} = \text{Diag}[\hat{u}_i^2]$  ise

$$\hat{V}[\hat{\beta}_{IV}] = (Z'X)^{-1} Z' \hat{\Omega} Z (Z'X)^{-1}$$

olarak hesaplanır.

<sup>11</sup>  $\text{plim} \left( \frac{1}{n} XX' \right) = \mathbb{Q}$  olmak üzere  $\text{Avar}(\hat{\beta}_{OLS}) = \frac{\sigma^2}{n} \mathbb{Q}^{-1}$

hesaplanır.  $\rho_{x,z}^2$  için,  $x_i$ 'ler  $z_i$ 'ler üzerine regres edilir ve  $R_{x,z}^2$  hesaplanır. Son olarak  $\sigma^2$  tahmininde ise  $\hat{u}_i = y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i$  enstrümantal değişken modelindeki hata terimleri kullanılır. Dolayısıyla  $\hat{\beta}_1$ 'in standart hatası  $SST_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$  olmak üzere

$$Se(\hat{\beta}_1) = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{n \frac{SST_x}{n} R_{x,z}^2}} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{SST_x R_{x,z}^2}}$$

olarak elde edilir. Elde edilen bu sonuç ise  $\beta_1$  hipotez testlerindeki  $t$  istatistiğinin ve  $\beta_1$ 'in güven aralıklarının hesaplanmasında kullanılır.

İkinci olarak  $\hat{\beta}_1$ 'in asimptotik varyansı  $x$  ile  $u$  arasında ilişkinin olmadığı durumlarda standart en küçük kareler yöntemi asimptotik varyansı ile karşılaştırma yapılmasına izin verir. Hatırlanacağı gibi Gauss-Markov varsayımları altında  $\hat{\beta}_{OLS}$  varyansı  $\sigma^2/SST_x$  olarak hesaplanmakta idi. Böylece dikkat edildiği üzere enstrümantal değişken yöntemi tahmin edicisinin varyansı ile  $\sigma^2/SST_x$  varyansı arasındaki fark sadece paydasında  $R_{x,z}^2$  bulundurmasıdır.  $R_{x,z}^2$  ölçüsünün ise her zaman 1'den küçük olduğu düşünülduğünde  $\hat{\beta}_1$ 'in varyansı her zaman  $\beta_{OLS}$  varyansından büyük olacaktır. Eğer  $R_{x,z}^2$  küçük ise  $\hat{\beta}_1$ 'in varyansı  $\hat{\beta}_{OLS}$  varyansından çok daha büyük olacaktır.  $R_{x,z}^2$  ölçüsü istatistiksel anlamda  $x$  ile  $z$  arasındaki doğrusal ilişkinin gücü olduğundan şayet  $x$  ile  $z$  arasındaki ilişki zayıf ise  $\hat{\beta}_1$ 'in varyansı çok genişleyecektir. Aksi durumda  $x$  ile  $z$  arasındaki ilişki ne kadar güçlü olursa bir başka değişle  $R_{x,z}^2$  değeri 1'e ne kadar yaklaşırsa varyansın değeri o kadar küçülecektir. Tahmin edilebileceği gibi  $R_{x,z}^2 = 1$  olduğunda  $\hat{\beta}_1$ 'in varyansı  $\hat{\beta}_{OLS}$  varyansına eşit olacaktır.

Zayıf enstrümanın neden olduğu sorunlar sadece tahmin edicinin standart hatasını büyütme eğiliminde olduğu ile ilgili değildir. Aynı zamanda tahmin edicinin tutarsız olmasına yol açmasıyla da ilgilidir.  $Cov(z_1, x_1) \neq 0$  olduğu durumda  $\hat{\beta}_1$ 'in olasılık limiti

$$plim \hat{\beta}_1 = \beta_1 + \frac{cov(z_1, u)}{cov(z_1, x_1)}$$

kovaryans korelasyon dönüşümü ile<sup>12</sup>

$$plim\hat{\beta}_1 = \beta_1 + \frac{\sigma_u \text{corr}(z_1, u)}{\sigma_{x_1} \text{corr}(z_1, x_1)}$$

olarak gösterilebilmektedir.

Eşitlikten de anlaşıldığı gibi  $z_1$  ile  $u$  arasında bir ilişki olduğunda eğer  $z_1$  ile  $x_1$  arasındaki ilişki zayıf ise başka bir deyişle  $\text{corr}(z_1, x_1)$  değeri 0'a yaklaşıyor ise  $\hat{\beta}_1$ 'in  $\beta_1$ 'i tahmini şiddetli bir biçimde sapacak ve tahmin tutarsızlaşacaktır. Bu tip durumlarda araştırmacının  $\hat{\beta}_{OLS}$  kullanması daha yerinde olabilmektedir.  $\hat{\beta}_{OLS}$ 'in olasılık limiti

$$plim\hat{\beta}_{OLS} = \beta_1 + \frac{\sigma_u}{\sigma_{x_1}} \text{corr}(x_1, u)$$

olduğundan öncelikle  $plim\hat{\beta}_1$  ile arasındaki fark işaret yönünde olmaktadır. Buna ek olarak eğer  $|\text{corr}(x_1, u)| \cdot |\text{corr}(z_1, x_1)| < \text{corr}(z_1, u)$  ise  $\hat{\beta}_{OLS}$  tahmin edicisinin neden olduğu tutarsızlığın ölçüsü  $\hat{\beta}_1$  tahmin edicisine göre daha küçük olacaktır. Yukarıdaki eşitsizlikten de anlaşıldığı gibi  $\hat{\beta}_1$ 'in  $\hat{\beta}_{OLS}$  tahmin edicisine göre daha çok asimptotik sapma yaratması zayıf enstrümandan yani  $\text{corr}(z_1, x_1)$  değerinin 0'a yaklaşmasındandır. Ancak  $u$  hata terimi gözlenemediğinden  $|\text{corr}(z_1, u)|$  değerinin  $|\text{corr}(x_1, u)|$  değerinden ne kadar büyük olduğu bilinemez. Bilinen ve emin olunan tek şey hatta  $z_1$ 'in egzojen değişken olduğu düşünülse dahi  $x_1$  ile olan ilişkisi zayıf ise enstrümantal değişken yönteminin sıradan en küçük kareler yöntemine göre parametre tahmininde daha büyük bir tutarsızlığa neden olacağıdır [170,173-176].

#### 3.4.4. İki aşamalı en küçük kareler yöntemi

Daha önceki bölümlerde belirleme sorunu açıklanırken iki aşamalı en küçük kareler yönteminin ayrıntılı bir şekilde ele alınacağı belirtilmişti. Dolayısıyla bu

<sup>12</sup> $cov_{XY} = \sigma_{XY} = Corr_{XY}\sigma_X\sigma_Y = \rho_{XY}\sigma_X\sigma_Y$

bölümde iki aşamalı en küçük kareler yöntemine neden ihtiyaç duyulduğu ve yöntemin tahmin edicisinin nasıl hesaplandığı soruları yanıt bulacaktır.

Sade bir açıklama ile iki aşamalı en küçük kareler yöntemi modeldeki endojen değişken için birden fazla enstrümanın bulunduğu durumlarda kullanılmaktadır. Yöntem açıklanırken önceki bölümlerde olduğu gibi  $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_K x_K + u$  popülasyon doğrusal modeli  $j = 1, 2, \dots, K - 1$  olmak üzere  $E(u) = 0, Cov(x_j, u) = 0$  varsayımları altında değerlendirilirken  $x_K, u$  ile korelasyonu olan endojen değişken olarak ele alınmaktadır. Dikkat edildiği üzere daha önceki bölümlerde endojen değişken için tek bir enstrüman kullanılmıştı ancak araştırmanın konusuna göre kuramsal olarak  $x_K$  endojen değişkeni için  $Cov(z_h, u) = 0, h = 1, 2, \dots, M$  olan  $z_1, z_2, \dots, z_M$  gibi birbirinden farklı, birden fazla  $M$  adet enstrüman bulunabilir. Dolayısıyla her bir enstrümanın  $x_K$  endojen değişkeni ile kısmi korelasyonu olacağından  $M$  adet farklı enstrüman tahmin edicisi oluşacaktır. Hatta  $x_1, x_2, \dots, x_{K-1}, z_1, z_2, \dots, z_M$  değişkenlerinden oluşacak herhangi bir doğrusal kombinasyonun da varsayımlar gereği hata terimi  $u$  ile ilişkisi olmayacağından, bulunacak tahmin ediciler  $M$ 'den çok daha fazla olacaktır. Böylece bu tahmin edici kalabalığı içerisinde hangi tahmin edicinin kullanılması gerektiği sorunu ortaya çıkmaktadır. Literatürde duyulan bu ihtiyacı karşılamaya yönelik iki aşamalı en küçük kareler tahmin edicisi kullanılmaktadır.

İki aşamalı en küçük kareler yönteminin gösterilebilmesi için öncelikle egzogen değişkenlerden oluşan vektörün tanımlanması gerekmektedir. Bu vektör  $L = K + M$  olmak üzere  $1 \times L$  boyutunda

$$\mathbf{z} \equiv (1, x_1, x_2, \dots, x_{K-1}, z_1, \dots, z_M)$$

vektörü olacaktır.  $\mathbf{z}$ 'nin mümkün olan bütün doğrusal kombinasyonları  $x_K$  için enstrüman olarak kullanılabilir. İki aşamalı en küçük kareler yönteminin çalışma mantığı oluşan bu doğrusal kombinasyonlar içerisinde  $x_K$  ile en yüksek korelasyonlu olan doğrusal ilişkiyi seçmek üzerine kurulmuştur. Eğer  $x_K$  egzogen bir değişken olsaydı tabiki en iyi enstrüman  $x_K$ 'nin kendisi olmuş olurdu. Ancak  $x_K$  endojen olduğundan  $\mathbf{z}$ 'nin doğrusal kombinasyonları içerisinde  $x_K$  ile en yüksek

korelasyonlu olanını  $x_K$ 'nin  $z$  üzerindeki doğrusal projeksiyonu verecektir.  $x_K$  için indirgenmiş form

$$x_K = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \dots + \delta_{K-1} x_{K-1} + \theta_1 z_1 + \dots + \theta_M z_M + r_K \quad (3.47)$$

olarak yazılır. Eşitlikte  $r_K$ 'nin ortalaması sıfırdır ve eşitliğin sağ tarafında bulunan değişkenler ile korelasyonu bulunmamaktadır.  $u$  ile korelasyonu olmayan  $z$  vektörünün yazılabilecek herhangi bir doğrusal kombinasyonu ise

$$x_K^* \equiv \delta_0 + \delta_1 x_1 + \dots + \delta_{K-1} x_{K-1} + \theta_1 z_1 + \dots + \theta_M z_M \quad (3.48)$$

olarak ifade edilir. Dikkat edileceği üzere  $x_K^*$ ,  $x_K$ 'nin bir parçası olarak yorumlanabilir ve tamamıyla  $z$  vektöründen oluştuğundan  $u$  ile korelasyonu yoktur. Ayrıca  $x_K$ 'nin endojen bir değişken olması  $r_K$ 'nin  $u$  ile korelasyonu olmasından kaynaklanmaktadır.

Eğer  $x_K^*$  gözlenebilseydi direkt olarak popülasyon doğrusal modeli içerisinde  $x_K$ 'nin enstrümanı olarak kullanılabilir ve enstrümental değişken tahmin edicisi hesaplanabilirdi. Yalnız (3.48) denkleminde  $\delta_j$  ve  $\theta_j$  popülasyon parametreleri olduğundan,  $x_K^*$  kullanılabilir bir enstrüman olmayabilir. Ancak egzogen değişkenler arasında tam bir doğrusal ilişki olmadığı standart varsayımı yapıldığı takdirde (3.47) modeli parametreleri standart en küçük kareler yöntemi kullanılarak tutarlı bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Yöntem çalıştırılıp modelin uyumlu değerleri (*fitted values*) her bir  $i$  gözlemi ile

$$\hat{x}_{iK} = \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 x_{i1} + \dots + \hat{\delta}_{K-1} x_{i,K-1} + \hat{\theta}_1 z_{i1} + \dots + \hat{\theta}_M z_{iM}$$

olarak elde edilir. Eşitlikte  $\hat{x}_i$  vektörü

$$\hat{x}_i \equiv (1, x_{i1}, \dots, x_{i,K-1}, \hat{x}_{iK}) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

şeklinde tanımlanıp  $x_i$  için enstrümanlar olarak kullanılır ise enstrümental değişken tahmin edicisi

$$\hat{\beta} = \left( \sum_{i=1}^N \hat{x}_i' x_i \right)^{-1} \left( \sum_{i=1}^N \hat{x}_i' y_i \right) = (\hat{x}'x)^{-1} \hat{x}'y$$

olarak hesaplanır. Dikkat edileceği üzere  $N \times (K + 1)$  boyutundaki  $\hat{x}$  matrisi

$$\hat{x} = z(z'z)^{-1}z'x = P_z x$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Eşitlikte  $P_z = z(z'z)^{-1}z'$  matrisi projeksiyon matrisi olarak adlandırılmakta ve idempotent ve simetrik matris<sup>13</sup> özelliklerini taşımaktadır. Sonuç olarak  $\hat{x}'x = x'P_z x = (P_z x)'P_z x = \hat{x}'\hat{x}$  olacağından  $\hat{x}_i$  entrümanlarını kullanan iki aşamalı en küçük kareler tahmin edicisi

$$\hat{\beta}_{2SLS} = (\hat{x}'x)^{-1} \hat{x}'y = (\hat{x}'\hat{x})^{-1} \hat{x}'y$$

$$\hat{\beta}_{2SLS} = (x'P_z x)^{-1} (x'P_z y)$$

$$\hat{\beta}_{2SLS} = (x'z(z'z)^{-1}z'x)^{-1} (x'z(z'z)^{-1}z'y)$$

olarak hesaplanır.

Özet olarak iki aşamalı en küçük kareler tahmin edicisi  $\hat{\beta}_{2SLS}$ 'yi elde etmek için

1.  $x_K$  endojen değişkeni  $1, x_1, x_2, \dots, x_{K-1}, z_1, \dots, z_M$  üzerine regres edilip  $\hat{x}_K$  uyumlu değerleri hesaplanır. Bu aşama yöntemin ilk aşama regresyonu (*first-stage regression*) olarak adlandırılır.
2. Hesaplanan  $\hat{x}_K$  değerleri ilk modelde yerine koyarak  $y$  bağımlı değişkenine  $1, x_1, \dots, x_{K-1}, \hat{x}_K$  değişkenleri üzerinden standart en küçük kareler yöntemi çalıştırılır. Bu aşama yöntemin ikinci aşama regresyonu (*second-stage regression*) olarak adlandırılır ve  $\hat{\beta}_{2SLS}$  tahmin edicisini üretir [170,173,174,177-179].

<sup>13</sup>Eğer  $A$  matrisi  $A^2 = A$  eşitliğini sağlıyorsa idempotent,  $A' = A$  eşitliğini sağlıyorsa simetrik matris olarak tanımlanır.



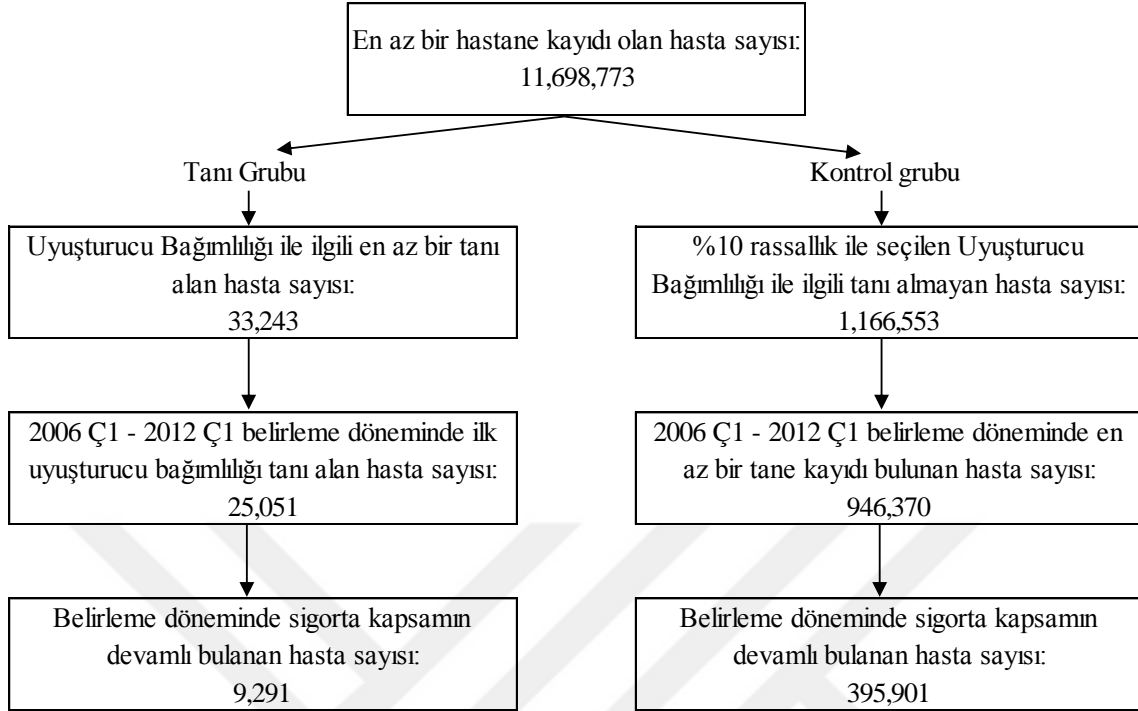
## 4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tezin konusuna benzer nitelikte olan sağlık harcamaları üzerine yapılan ekonometrik yaklaşımlara ilişkin ulusal ve uluslararası yayınlar incelenmiştir. Bu tezde ekonometrik analizlerde PSM, GLM ve IV yöntemleri SGK veri seti üzerine uygulanarak eş anlı değerlendirilmiştir. Böylece anılan yöntemler ile veri setinde oluşabilecek yanlılıklar kontrol edilerek hem yöntemlerin çalışma şekilleri ayrı ayrı incelenmiş hem de HCV hastalığının tedavisi ile ortaya çıkan sağlık harcamalarının gerçek sonuçları elde edilmiştir. Ancak ulusal ve uluslararası dergilerde sağlık harcamaları konusunda tezde anlatılan üç modelin aynı anda değerlendirildiği bir başka yayın bulunmamaktadır. Çeşitli hastalıklar üzerinden yapılan sağlık harcaması farklılıklarının incelendiği yayınlar en fazla iki modelin karşılaştırıldığı veya beraber kullanıldığı şekliyle bulunmakta olup genellikle tek model üzerinden gerçekleşmişlerdir. Dolayısıyla bu çalışmanın kendi alanında önemli bir kaynak olarak ileride yapılacak çalışmalara da ışık tutacağı düşünülmektedir. Aşağıda sağlık harcamaları konusunda yapılan bazı önemli araştırmalar sunulmuştur.

Rice ve diğerleri tarafından 2014 yılında yapılan PSM yönteminin uygulandığı çalışma uyuşturucu bağımlılığına yapılan sağlık harcamalarının çalışan kesim üzerinden retrospektif veri ile tahminini içermektedir. Uyuşturucu bağımlılığı özellikle çalışan yaş grubu olmak üzere her yaş grubu için önemli bir sorundur. Günümüzde uyuşturucu bağımlılığının çalışan kesim üzerinden oluşan ekonomik maliyeti hakkında yapılan araştırmalar oldukça sınırlıdır. Çalışmanın başlangıç noktası öncelikle 2006 ve 2012 yılları arasında ABD’de sağlık sigortasına kayıtlı hastaların tespiti olmuştur. Daha sonra dahili ve harici kriterler uygulanarak aşınma tablosu elde edilmiştir (Çizelge 4.1)<sup>14</sup>. Aşınma tablosundan da görüldüğü gibi uygulanan kriterlerden sonra analiz örnekleri uyuşturucu bağımlısı olan hastaları içeren tanı grubunda 9,291 ve karşıt grup olan uyuşturucu bağımlısı olmayan hastaları içeren kontrol grubunda 395,901 hasta olarak saptanmıştır. PSM yöntemi sonucunda eşleşen 7,658 hasta ile analiz gerçekleşmiş ve çalışan kesim üzerinden uyuşturucu bağımlılığının yıllık maliyetinin 10,627 USD. olduğu sonucuna varılmıştır [180].

<sup>14</sup> Verinin temizlenmesine dair yapılan işlemler aynı zamanda bu tez çalışmasının da konusudur. Dolayısıyla veri temizleme yöntemi ile ilgili aşamaların tümü bütün ayrıntıları ile birlikte Bölüm 5’te açıklanmıştır.

Çizelge 4.1. Aşınma tablosu



Lutz, Schiefele, Wucherpfenning, Rubel ve Slutz 2016 çalışmasında psikolojik bozuklukların tedavisinde kullanılan Bilişsel Davranışçı Tedavi (BDT) yönteminin verimli sonuçlar verdiğinin birçok rassal kontrol denemeleri (RCT) ile kanıtlandığını belirttikten sonra PSM yöntemi kullanılarak oluşturulan rutin koşullar altındaki BDT grubu hastalarını RCT grubu hastalarıyla karşılaştırarak, uyarlanmış BDT örneğinin RCT ile benzer çıktı sonuçları verdiğini göstermiştir. Ulusal Akıl Sağlığı Tedavileri Araştırma Merkezinde BDT gören 574 hasta analiz için seçilmiştir. İlk adımda doğal klinik örneğine RCT'nin dışlama kriterleri uygulanmış, ikinci adımda ise hastaların tanı geçmişi temel alınarak PSM uygulaması gerçekleştirilmiştir. PSM sonucunda örnekler üzerinden ortalama tedavi etkileri ve iyileşme oranları karşılaştırılmıştır. BDT'de rutin bakım altında tedavi süresinin uzadığı koşullarda uyarlanmış örneğin bir başka değişle PSM yöntemi uygulanarak elde edilen örneğin RCT kadar etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma aynı zamanda PSM'nin gerçek dünya verisi ile yapılan çalışmalarda ortaya çıkan seçim yanlılığı sorununu çözerek RCT kadar etkili olduğunu göstermektedir [181].

PSM yönteminin bir başka önemli uygulaması 2011 yılında Haas, Stargardt ve Schreyoegg tarafından yapılmıştır. Haas ve diğerleri makalelerinde ameliyat sonrası oluşan komplikasyonlar ve maliyetler çıktı değişkenleri olmak üzere apandisit

ameliyatının açık cerrahiyle mi yoksa laparoskopik cerrahiyle mi daha verimli olduğunu araştırmışlardır. Çalışma ABD'deki Veteran Sağlık İdaresi'ne bağlı 95 hastaneden elde edilen 1,128 hasta ile yapılmıştır. Açık apandisit ameliyatı geçiren bu 1,128 hastanın 370'ine laparoskopik cerrahi, 758'ine ise açık yöntem uygulanmıştır. Ayrılan iki grubun geçmiş dönem farklılıklarını dengelemek için apandisit ağrısının şiddet seviyesi, Charlson Eşhastalık İndeksi (Charlson Comorbidity Index -CCI-) ve demografik özelliklerin kullanıldığı PSM yöntemi çalıştırılmıştır. Daha sonra hesaplanan skorlar 1'e 1 yerine koyarak eşleştirme yöntemi ile eşleşmiş ve analize geçilmiştir. Analiz sonucunda ise açık cerrahinin 10,851 USD., laparoskopik cerrahinin 8,995 USD. maliyet yarattığı görülmüş ve laparoskopik cerrahinin açık cerrahiye göre 1,856 USD. daha az maliyet oluşturduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p=0.005$ ). İkinci çıktı olan ameliyat sonrası komplikasyonlar ise hesaplanan 0.6311 p-değeri ile istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır [182].

PSM yöntemi sağlık ekonomisinde sadece tanı ve tedavi farklılıklarından kaynaklanan maliyet değişimini değil aynı zamanda tıbbi malzeme farklılıklarından oluşan maliyet değişimlerinin tahmininde kullanılmaktadır. Baumler, Stargardt, Schreyögg ve Busse (2012) çalışmasında akut kalp krizinden şikayetçi olan çok sayıda hastanın birçok araştırmaya olanak sağlayarak yeni medikal aletlerin geliştirilmesine yardımcı olduğunu ve şu ana kadar ilaç ayarıştıran stentleri (DES) ve sac stentlerini (BMS) ekonomik olarak değerlendiren araştırmalarda bir yöntemin diğerine göre üstün olmadığını sonucuna varıldığını belirtmişlerdir. Çalışmada, kalp krizi hastaları için DES ve BMS'nin birbirleri ile maliyet ve üstünlüğünü karşılaştırmak amacıyla Alman hastalık fonunun idari datası kullanılmıştır. Bir sağlık malzemesinin veya bir ilacın diğerine göre üstünlüğü yaşam analizleri ve duyarlılık testleri ile yapılmaktadır. Söz konusu makale maliyet karşılaştırmasına ek üstünlük karşılaştırmasını da belirtilen iki yöntem ile gerçekleştirmiştir. 2004 ve 2005 yılları arasında kalp krizi geçiren ve hastane kaydı tutulan hastalar, taburcu edildikten sonra bir yıl boyunca izlenmişlerdir. Tedavi giderleri ve tedavi sonrası 365 günlük süre içerisinde hayatta kalma oranları DES ve BMS uygulanan hastalar için karşılaştırılmıştır. Ontario akut kalp krizi ölüm tahminleri kurallarına göre belirlenmiş değişkenler PSM yöntemi ile uyarlanmıştır. Uyarılama sonucunda 719 DES ve 719 BMS örnekleri elde edilmiştir. İki grubun karşılaştırılması sonucunda ortalama

maliyet DES için 12,714 EUR., BMS için 11,714 EUR. olarak hesaplanmış ve iki grup arasında oluşan 1,000 EUR.'luk maliyet farkı %10 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. 365 günlük dönem içerisinde hayatta kalma oranları ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır [183].

Eaddy, Seal, Tangirala, Davies ve O'Day (2012) çalışmalarında GLM'nin gamma ailesi ve logaritmik bağ fonksiyonu ile uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Çıktı değişkeni olarak sadece harcama değişkeni değil aynı zamanda hastane yatış süreleri de kullanılmıştır. Çalışma Rasburicase tedavisi üzerine yapılmıştır. Rasburicase, tümör lizis sendromundan (TLS) kaynaklanan yüksek plazma ürik asit (PUA) seviyelerini düşürmek için kullanılan bir rekombinant urat oksidazdır. Rasburicase, alındıktan sonra 4 saat içerisinde plazma ürik asit seviyesini düşürerek tümör lizis sendromundan kaynaklanan riskleri minimize etmektedir. Tedavi seyir analizi, Rasburicase'in genellikle Allopurinol ile beraber kullanıldığını göstermekle beraber, şimdiye kadar hiçbir çalışma bu tedavi şeklinin klinik ve ekonomik sonuçlarını incelememiştir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, Rasburicase tedavisini Allopurinol ile beraber alan ve beraber almayan hastalar için hastane gidirlerini, toplam hastanede ve yoğun bakımda kalış süresini karşılaştırmaktır. Retrospektif veri Premier Perspective Veritabanı'ndan elde edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen hastalar, hastaneye yatışlarından sonraki iki gün içerisinde sadece Rasburicase verilen veya kombine tedavi (Rasburicase + Allopurinol) uygulanan hastalardır. 18 yaşın altındaki hastalar ile hemodiyaliz desteği alan hastalar (ya da herhangi bir şekilde böbrek nakil tedavisi alan hastalar) çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Cinsiyet, ırk, hastane türü (kırsal/kentsel, araştırma), yoğun bakım ve kanser teşhisi durumları göz önüne alınarak uyarlanan kontrol değişkenleri ile toplam sağlık harcamaları, toplam hastanede ve yoğun bakımda kalış süresi çıktı değişkenleri olmak üzere gamma dağılım aileli ve logaritmik bağ fonksiyonlu GLM çalıştırılmıştır. Analiz sonucunda, Kombine tedavi başlatılan hastaların ortalama Rasburicase verilmiş süreleri, sadece Rasburicase tedavisi başlatılan hastalara kıyasla daha düşük çıkmıştır (kombine tedavi için 2.1 gün, monoterapi için 2.7 gün, p-değeri=0.0059). Buna ek olarak, monoterapinin hastaneye yatış başına ortalama toplam maliyeti 35,843 USD. iken kombine terapinin hastaneye yatış başına ortalama toplam maliyeti 46,672 USD. (p-değeri=0.0820) olduğu bulunmuştur. Sadece Rasburicase uygulanan hastaların ortalama hastanede kalış süreleri, kombine tedavi alan

hastalarinkine kıyasla daha azdır (monoterapi için 10 gün ve kombine terapi için 15.4 gün, p-değeri=0.0067). Ortalama yoğun bakımda kalış süresi de, aynı şekilde, monoterapi alan hastalar için daha azdır (monoterapi için 2.4 gün, kombine terapi için 2.9 gün, p-değeri=0.3389). Dolayısıyla incelenen veri, kombine tedavinin toplam hastane masrafının, sadece Rasburicase tedavi alan hastalara kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla beraber, tümör lizis sendromu gelişme riski bulunan hastalardan kombine tedavi alanların, monoterapi alanlara kıyasla toplam hastanede kalış süreleri daha uzundur [184].

GLM kullanımının bir diğer iyi örneği ise Pruitt, Robst, Langland-Orban ve Brooks(2015) çalışmasında görülmektedir. HIV ya da AIDS tanısı olan ABD Medicaid sisteminde sigortalı hastalar içerisinde özellikle asemptomatik HIV pozitif hastalarının, antiretroviral tedavilere bağlılıklarının toplam harcamalar içerisindeki yeri tam olarak anlaşılammıştır. Bu çalışma, demografik, coğrafik, sigorta ve diğer klinik etkileri kontrol ederek, 24 aylık ölçüm döneminde, antiretroviral tedavilere bağlılığının toplam sağlık harcamaları ile ilişkisini belirlemek amacıyla Medicaid sigortalı HIV pozitif ve AIDS tanılı hastaları incelemektedir. Böylelikle çalışma mevcut literatürü, asemptomatik HIV pozitif ve AIDS tanısı almış hastaların antiretroviral tedavi bağlılıklarının toplam sağlık harcamaları üzerindeki etkisini ayrı ayrı inceleyerek genişletmektedir. Analizde Florida Medicaid sistemindeki Temmuz 2006 - Haziran 2011 dönemi retrospektif verisi kullanılmıştır. Dahili ve harici kriterler bağlamında çalışmaya dahil edilen 502 hastanın tamamı HIV pozitif, 18-64 yaşları arasında, hamile olmayan ve ölçüm öncesinde en az 12 aya kadar antiretroviral tedavi denenmemiş bireylerdir. Her hasta, tedavi alma rasyolarına göre tedaviye bağlı ( $\geq 90\%$ ) ve tedaviye bağlı olmayan ( $<90\%$ ) olmak üzere iki kategoriye ayrılmış; ayrıca, 232 hasta HIV pozitifli olarak, 270 hasta ise AIDS tanılı olarak sınıflanmıştır. Sınıflama değişkeni kukla değişken olarak modele alınarak GLM uygulanmış ve gruplar arası maliyet farklılıkları tespit edilmiştir. Çıktı sonuçlarına göre, HIV pozitif grupta tedaviye bağlı olmayan hastalar için uyarlanmış ortalama aylık harcamalar 1,291 USD. iken tedaviye bağlı olan hastalar için uyarlanmış ortalama aylık harcamalar 1,926 USD. olmuştur. HIV pozitif grup için tedaviye bağlı olmayan hastaların uyarlanmış ortalama aylık maliyetleri, tedaviye bağlı grubun maliyetinden anlamlı biçimde düşük bulunmuştur (yüzde -40, p-değeri $<0.001$ ). Öte yandan, AIDS tanısı almış hastalar için ise tedaviye bağlılık ile

toplam sağlık harcamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (p-değeri=0.29). Dolayısıyla çalışmadan elde edilen bulgular antiretroviral tedavilere bağımlılığın toplam sağlık harcamaları üzerindeki etkisinin daha önce raporlananın aksine daha karmaşık olduğunu ortaya koymuştur [185].

PSM ve GLM yönteminin beraber uygulandığı Ying, Gordon veDale (2010) alışmasında manik mania depresif bozukluklarda üçüncü taraf deyicinin durumu işlenmiştir. Birçok klinik çalışma manik depresif bozuklukların tedavisinde kullanılan atipik antipsikotik ilaçlarının etkinliğini kanıtlamıştır. Ancak nc taraf deyiciler, artan bütçe baskısı ile yüzleşince, atipik antipsikotik ilaçlarının artık tedavideki başarisından öte yarattığı maliyetinde iyi anlaşılması ihtiyaı doğmuştur. Dolayısıyla çalışmada, manik depresif bozuklukların tedavisinde kullanılan atipik antipsikotik ilaçların üçüncü taraf deyiciler açısından yarattığı maliyet incelenmiştir. Ağustos 2000 ile Ocak 2005 dönemleri arasını içeren retrospektif veri Kuzey Karolina Sağlık Sigortası'ndan elde edilmiştir. Anılan dönemde manik depresif bozukluk tanısı alan 3,328 hasta sigorta devamlılığı koşulu altında 3 aylık geri dönem ve 12 aylık ileri dönem takibine alınmıştır. Takip dönemi içimdeki geri ve ileri dönem kaymaları indeks tarihi yani tedavinin ilk başladığı tarih esas alınarak yapılmıştır. Tedavi atipik antipsikotik (AP2), sakinleştirici (MS) olmak üzere 2 tekil ve AP2+MS kombine tedavisi olmak üzere toplam 3 grupta incelenirken çıktı değişkeni olan sağlık harcamaları da manik depresif tanısından kaynaklı hastane harcamaları ve genel sağlık harcamaları olmak üzere 2 grupta incelemiştir. 3 gruba ayrılan tedavi biçimleri kendi arasında PSM yöntemi ve kaliper eşleşmesi ile eşleştirilmiş ve daha sonrasında eşleşen gruplar üzerinden GLM çalıştırılarak sonuca gidilmiştir. Sonuçta AP2 kullanan hastaların MS kullanan hastalara göre yıllık 698 USD. daha az manik depresif tanısından kaynaklı hastane harcaması yaptığı saptanırken iki grup arası yapılan genel sağlık harcamalarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. AP2+MS kombine tedavisinin ise hem manik depresif tanısından kaynaklı hastane harcaması hem de genel sağlık harcamalarında MS tedavisine göre sırasıyla 1,659 USD. ve 2,115 USD. daha fazla maliyet yarattığı sonucuna varılmıştır [186].

Kemik erimesi (osteoporoz) kaynaklı kırıkların maliyet çalışmasını inceleyen Viswanathan H. ve diğerleri (2012) çalışmasında PSM yöntemi ile elde edilmiş ağırlıkları GLM içinde kullanarak 2005 ve 2008 yılları arasında sigortalı örneklem içerisinde farmakolojik olarak tedavi edilmiş hastalardan Osteoporoz kaynaklı kırık tanısı alanların direkt maliyetini tahmin etmişlerdir. Osteoporoz yaygın bir rahatsızlıktır ve osteoporoz ile ilgili kırıkların ekonomik yükü önem teşkil etmektedir. Çalışmalar, osteoporoz kaynaklı kırıkların artan ya da atfedilebilir maliyetlerini raporlarken; sigorta planı çerçevesinde osteoporoz kaynaklı kırıkların ekonomik etkileriyle ilgili veri sınırlıdır. Dolayısıyla retrospektif veri ile yapılan bu grup çalışmasında sigortalı örneklem içerisinde hastalar seçilmiştir. Çalışmanın dahili kriterleri; hastaların, 45-64 yaşları arasında olması, indeks tarihi 1 Ocak 2005 ile 30 Nisan 2008 tarihleri arasında olmak koşulu ile bir ya da birden fazla osteoporoz ilacı reçetesinin bulunmuş olması ve ilk ilaç reçete tarihi (indeks tarihi) öncesinde en az 12 ay ve indeks tarihi sonrasında en az 6 ay boyunca kesintisiz sağlık sigortası kapsamında olmasıdır. İndeks tarihi öncesi 12 aylık dönemde paget hastalığı olan hastalar, kötü huylu tümörü olan hastalar, bakımevinde kalan hastalar, kombine edilmiş tedavi alanlar ve indeks tarihi sonrası 6 aylık dönemde kırığı olan hastalar çalışmadan dışlanmıştır. Daha sonra PSM ağırlıklandırması kırığı olan ve kırığı olmayan hastaları karşılaştırmak için uygulamış ve GLM ile maliyet farklılıkları tahmin edilmiştir. Ortalama yaşı 56.4 (standart sapması 4.7 yıl) ve yüzde 95.9 kadın olan 49,860 hastayı (2,613 hasta kırığa sahip) kapsayan çalışmada kırık öncesi ve kırık sonrası direkt maliyetler arasındaki ortalama fark; omurunda kırık olan hastalar için 14,049 USD. (yüzde 95 güven aralığı 7,620 - 20,428 USD.), kalçasında kırık olan hastalar için 16,663 USD. (yüzde 95 güven aralığı 11,690 - 21,636 USD.) ve diğer kırıklara sahip hastalar için 7,582 USD. dir (yüzde 95 güven aralığı 6,532 - 8,632 USD.). Uyumlaştırmadan sonra osteoporoz kaynaklı kırıklarda, kırığı takip eden 6 ay boyunca hasta başına herbir kırık türü için direkt maliyette, ek 9,996 USD.'lık (yüzde 95 güven aralığı 8,838 - 11,154 USD. ve p-değeri<0.0001) artış görülmektedir. Kullanılan modeller sonucunda osteoporoz kaynaklı kırıkların, kırıkları olmayan diğer hastalara kıyasla, kırık sonrasındaki 6 ay içerisinde, direkt sağlık harcamalarına ek olarak yaklaşık 10,000 USD.'lık harcama yapılmasına neden oldukları tahmin edilmiş ve ilgili sağlık harcamalarının azaltılmasının kırık riskinin azaltılması ile sağlanacağı belirtilmiştir [187].

Enstrümantal değişken yönteminin kullanıldığı Gowrisankaran ve Town (1999) tarafından sunulan yayında öncelikle ölüm oranlarının hastane kalitesini ölçmek amacıyla yaygın olarak kullanıldığından söz etmiştir. Ancak çok ağır hastalar yüksek kalitedeki hastaneleri seçmek isteyebileceğinden, bu ölçümün temel sorunu seçim yanlılığı olacaktır. Coğrafi yerleşke verisi enstrüman olarak kullanılmış ve hastaların yerleşkesine göre hastalığın şiddet seviyesi kontrol edilmiştir. Geliştirilen enstrüman 1989 ve 1994 yılları arasında Güney Kaliforniya'da zatürre tedavisinin kalitesini ölçmek için kullanılmıştır. Bunu dışında veriye aynı zamanda standart regresyon modeli de uygulanmış ve IV yöntemi tahminlerinden çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan ekonometrik testler sonucunda IV yönteminin uygunluğu vurgulanırken standart regresyon sonuçlarının tutarsızlığına dikkat çekilmiştir [188].

IV yöntemi kullanılarak yapılan tahminin sıradan en küçük kareler yöntemi ile yapılan tahminden üstünlüğünü ve gerekliliğini vurgulayan başka bir çalışma ise 2011 yılında yayınlanan Hafsteinsdottir ve Sicilliani'nin çalışmasıdır. Çalışmahastanelerdeki maliyet paylaşımına İzlanda örneği ile cevap aramaktadır. Hastanelerin sağlık hizmetleri verme güdeleri, sağlık hizmetini satın alan ve sağlık hizmetini sağlayan arasındaki maliyet paylaşımı derecesinden etkilenmektedir. Pek çok OECD ülkesinde, devlet, hastaneleri aktivite performanslarına göre ödüllendirmektedir. Aktivite performansları, tanı ile ilgili gruplar sistemi (*diagnosis related groups*) ile ölçülmektedir. Çalışmada, 2003-2005 dönemindeki İzlanda için NordDG sınıflandırma sisteminin (Nordik ülkelerinde maliyet paylaşımı derecesini ölçen sistem) maliyet paylaşım derecesi tahmin edilmeye çalışılmıştır. İlk aşamada, her hasta için oluşan fiyatı bu hastalar için oluşan maliyetle regresyona koyarak sıradan en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır. İkinci aşamada ise maliyetin potansiyel içselliklerinden ötürü IV yöntemi önerilmiştir. IV yönteminde her hasta için kullanılan malzeme harcamaları enstrümantal değişken olarak kullanılmış ve uygulamaya geçilmiştir. SEKK tahminleri maliyet paylaşımının 0.16-0.17 USD. aralığında olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer bir değişle maliyette meydana gelen 1 USD.'lık artış, geri ödemeyi 0.16-0.17 USD. arttırmaktadır. Ancak IV yöntemi içsellikle ilgili kanıtlar ortaya koymaktadır ve maliyet derecesinin SEKK yönteminde olduğundan daha fazla tahmin edildiğini (*over estimation*) öne sürmektedir. IV tahminleri 2003, 2004 ve 2005 yılları için sırasıyla 0.11, 0.13 ve 0.14 USD. olarak gerçekleşmiştir [189].

## 5. SAĞLIK VERİSİNİN EKONOMETRİK YÖNTEMLER İLE İNCELENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle analizi yapılacak veri seti tanıtılarak kullanılan veri seti ile ilgili kısıtlamalara yer verilmiştir. Daha sonra Bölüm 3'te bütün detayları ile açıklanmış olan eğilim skoru eşleştirme, genelleştirilmiş doğrusal modeller ve enstrümantal değişken yöntemlerinin veri setine uygulanmaları incelenmiştir.

### 5.1. Veri seti hakkında genel bilgiler

Çalışmada SGK bünyesinde bulunan GSS tarafından oluşturulmuş 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri arasında HCV tanısı almış hastaların verileri üzerinden analizler yapılmıştır. Veri seti 17,800 eczane, 4,500 tıp merkezi, 1,200 devlet hastanesi ve 338 özel hastane kayıtlarından oluşmaktadır. Türkiye popülasyonunun yüzde 80'i veri seti tarafından kapsamaktadır. Veri kapsamında yeşil kart kullanan vatandaşlar, anayasa mahkemesi üyeleri, üst düzey askeri yetkililer ve yurt dışından özel sağlık sigortası olan kişiler bulunmamaktadır. Veri kapsamında olan kişilerin ise kimlik numaraları en üst seviyede tamamıyla şifrelenmiş olup hiçbir şekilde açığa çıkması mümkün değildir [190,191].

Veri setinde tanı belirleme işlemi ICD-10 (*International Classification of Diseases*) kodları kullanılarak yapılmıştır. ICD-10, istatistiksel bir sınıflamadır. Bu sınıflama işlemi birbirine benzer hastalık veya durumlar bir araya getirilip taşıdıkları öneme göre oluşturulmuştur. Buna ek olarak her hastalık için o hastalığa özgü bir kod kullanılır. Bu yapısı sayesinde ICD-10, gerek sağlık hizmetlerinin yönetimi, gerekse epidemiyolojik çalışmalarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Hasta takibi, hasta kayıt ve arşivlerinin tutulması ve bunlara erişim, kaynak yönetimi gibi idareye yönelik kullanımının yanı sıra hastalıklarla ilgili istatistiksel çalışmalar ve uluslararası düzeyde ülkeler arasında sağlıkla ilgili karşılaştırmalar yapma olanağı da sunmaktadır. Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından ICD-10 ilk defa 01.01.2014 tarihinde Bilgi İşlem Daire Başkanlığınca, Daire Tabipliği'nde uygulaması gerçekleştirilen "Hasta Takip Sistemi"nde kullanılmaya başlanmıştır [192].

Dolayısıyla veri seti daha açık bir ifade ile 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri arasındaki B18.2, ICD-10 kodlu HCV hastalarından oluşmaktadır.

Veri setinde anılan hastalar, ilaç tedavisi alan (pegile interferon ve ribavirin kombine tedavisi başlanan hastalar) ve almayan olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Dolayısıyla tedavi alan hastalar tedavi grubunu oluştururken tedavi almayan hastalar ise kontrol grubunu oluşturmuştur. İlerleyen bölümlerde bütün detayları ile açıklanan retrospektif veriye özgü analiz öncesi çalışmalar ile veri seti ekonometrik modellerin uygulanabileceği duruma getirilmiştir.

Veri setinde olan kısıtlamalar (*limitations*) ise diğer bütün veri setlerinde karşılaşılabilecek nitelikte olup gibi iki çeşitte incelenebilir. Birincisi, sisteme girilen tanının veya ilacın doğru girilmemiş olma durumudur. Ancak retrospektif çalışmalarda araştırma konusu tanı, diğer eş zamanlı (*comorbid*) hastalıklar ile çalışma dönemi boyunca kontrol edildiğinden, buna ek olarak çalışma örneği dahili ve harici kriterler uygulanarak güçlendirildiğinden ve reçetelenen ilaçların barkodları okutularak sisteme giriş yapıldığından bu kısıtın yaratacağı sorunlar neredeyse tamamıyla ortadan kalmaktadır. İkinci kısıt ise hastaya reçetelenen ilacın hekim tarafından belirtildiği zaman aralıklarında ve ölçüde hasta tarafından kullanıldığı varsayılmaktadır. Ancak hastanın sağlığına tekrar kavuşmak için önerilen ilacı kullanmış olması gerçekçi bir durumdur. Ayrıca çoğu sağlık çalışmasında incelenen ilaçlar ilgili hekim tarafından uygulanmakta ve tüketilmektedir.

## **5.2. Sağlık verisi üzerine ekonometri yöntemlerinin uygulanması**

Bölüm 3'te sağlık verisi üzerine bu tezde uygulanacak ekonometrik modeller tartışılmıştır. Bu kısımda ise söz konusu modellerin kronik viral hepatit C (HCV) hastalığı verisi üzerine uygulanma biçimleri incelenecek ve kullanılan modeller sonucunda elde edilen sağlık harcamaları değerlendirilmelere tabii tutulacaktır. Tezdeki uygulamalar Base SAS 9.3, SAS Enterprise Guide 7.1 ve STATA 13.1 istatistik programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 5.2.1. Hepatit C

Hepatit C virüsü bir RNA<sup>15</sup> virüsüdür. Bilinen en küçük virüsler arasındadır ve oldukça heterojen bir yapısı olduğu bilinmektedir. Spontan mutasyonun sık olduğu bir virüs olduğundan bağışıklık sistemi bu virüsü kontrol altına almakta güçlük çekmektedir. HCV aynı zamanda bir karaciğer hastalığı olup karaciğerde siroz ve kansere kadar gidebilen ağır sonuçlara neden olabilmektedir [193].

HCV virüsünün başlıca bulaşma yöntemi insandan insana parenteral temas ile olmaktadır. En önemli bulaşma şekli ise damar içi uyuşturucu kullananların iğne paylaşımı ve benzeri ekipmanları ortak kullanmaları sonucunda gerçekleşmektedir. HCV'nin taşıyıcı olan anneden doğan bebeğe de bulaşabildiği gibi cinsel yolla da bulaşabildiği yapılan çalışmalarda gösterilmektedir [194].

HCV enfeksiyonunun karaciğer anomalileri olduğu çeşitli testlerle kanıtlanmış kişilerin tedavi araması gerekmektedir. HCV tipine bağlı olarak mevcut tedavi yöntemi pegile interferon ile antiviral ilaç olan ribavirinin ortak kullanılmasıdır. Son yıllarda telaprevir ve boceprevir etken maddesi içeren yeni ilaçların piyasaya girmesi ile tedaviye cevap verme oranlarının yükseleceği çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir [195].

### 5.2.2. Çalışma dönemi, belirleme dönemi ve indeks tarihi

Sağlık verisi çalışmalarının öncelikli yapılan işlemi çalışma döneminin (*study period*) belirlenmesidir. Çalışma dönemi yapılan çalışmanın en geniş zaman aralığını oluşturur. Bir başka deyişle çalışma dönemi yapılan çalışmanın en alt ve en üst zaman sınırlarını çizer. Çalışma dönemi belirlendikten sonra hastaların takip sürelerini kapsayan çalışma dönemi içinde yeni bir alt ve üst zaman sınırlarının oluşturulduğu belirleme dönemi (*identification period*) saptanır. Belirleme döneminin başlangıç zamanı ile çalışma döneminin başlangıç zamanı arasındaki fark hastaların takip edildiği temel dönem (*baseline period*) veya indeks tarihi öncesi dönem (*pre-index period*) olarak tanımlanmaktadır. Aynı bakış açısı ile bu sefer çalışma döneminin bitiş süresi ile belirleme döneminin bitiş süresi arasındaki fark

<sup>15</sup> Ribo Nükleik Asit (RNA) bir nükleik asit olup vücut hücrelerinde işlev gören yönetici moleküllerdendir.

ise izlenen dönem (*follow up period*) veya indeks tarihi sonrası dönem (*post-index period*) olarak tanımlanır. Bu tayin edilen iki takip süresine çalışmanın niteliğine göre karar verilmektedir. Karar aşamasında konu ile ilgili bir sağlık uzmanına danışmak yararlı olacaktır.

Sağlık verisi çalışmalarının belki de en önemli kavramlarından birisi indeks tarihidir (*index date*). İndeks tarihi belirleme dönemi sınırları da dahil olmak üzere belirleme döneminin içerisinde kullanılan ilk ilaç (reçete) tarihi veya ilk tanı (teşhis) tarihidir. Böylelikle indeks tarihinin zaman sınırları belirleme dönemi tarafından çizilmiş olur. İndeks tarihi belirleme döneminin alt sınırından küçük, üst sınırından büyük olamaz. Dolayısıyla indeks tarihi ataması yapılmadan önce veri çok iyi incelenmeli ve kontrol edilmelidir. Aksi takdirde indeks tarihi belirlemede yapılacak yanlışlar analiz sonuçlarını tamamıyla değiştirecek ve karar vericiyi yanlış yönlendirebilecektir. Bir başka önemli nokta ise indeks tarihi belirlemede çalışmanın konusuna göre farklılıklar yaşanabilmesidir. Bazı sağlık araştırmalarında kontrol grubu bireyleri sağlıklı kişilerden oluşabilir veya bireyler araştırma konusu tanımı almış ancak ilaç tedavisi almayan grubu oluşturabilir. Böyle durumlarda kontrol grubu ve tedavi grubu karşılaştırma analizlerinde seçim yanlılığına düşmemek amacıyla kontrol grubu bireylerine indeks tarihi rassal biçimde atanır. Böylelikle iki grup içinde bulunan her bir birey, belirleme dönemi içerisinde atanmış indeks tarihlerinin öncesi ve sonrasında saptanmış aralıklar dahilinde takip edilerek çeşitli analizler gerçekleştirilebilir.



Şekil 5.1. Çalışma dönemi, belirleme dönemi ve indeks tarihi

Bu tez çalışmasının çalışma dönemi, belirleme dönemi ve indeks tarihi Şekil 5.1.'de gösterildiği gibi belirlenmiştir. İlk olarak veri setinin imkan verdiği en geniş zaman aralığı olan 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri alt ve üst sınır tarihleri olarak saptanmış ve bu iki tarih aralığı çalışma dönemi olarak oluşturulmuştur. Daha sonrasında belirleme dönemi tarihleri için öncelikle çalışmanın niteliğine uygun olacak takip süreleri kararlaştırılmıştır. Verilen 6 aylık geri ve 1 yıllık ileri takip süreleri kararınca 01 Temmuz 2009 ve 31 Aralık 2010 tarihleri elde edilmiş ve bu zaman aralığı çalışmanın belirleme dönemini oluşturmuştur. Dolayısıyla indeks tarihi 01 Temmuz 2009 ve 31 Aralık 2010 tarihleri arasında belirlenmelidir.

İndeks tarihi çalışmanın tedavi ve kontrol gruplarındaki hastalara atanacaktır. Her iki grupta HCV tanısı almış hastalardan oluşmaktadır. Tedavi grubu HCV hastalarının tedaviye başladığı yani pegile interferon ile antiviral ilaç olan ribavirinin kombine kullanılmaya başlandığı hastalardan oluşurken kontrol grubu, HCV tanısı olup tedaviye başlanılmayan hastalardan oluşmaktadır. Bu doğrultuda tedavi grubu için indeks tarihleri HCV tanısı almış hastaların tedaviye başladığı bir başka deyişle anılan ilaçların kombine kullanılmaya başlandığı ilk tarihler olarak atanmıştır. Kontrol grubu hastaları ise tanıyı almış ancak tedavilerine başlanılmamış hastalardan oluştuğundan ileri ve geri takiplerin yapılacağı indeks tarihi rassal olarak hastalara atanmıştır.

Örneğin tedavi grubundaki bir hastanın indeks tarihi yani tedaviye başladığı ilk tarih 20 Ağustos 2009 ise bu hastanın 6 aylık geri takibi (indeks tarihi öncesi dönemi) 20 Şubat 2009 ve 1 yıllık ileri takibi (indeks tarihi sonrası dönemi) 20 Ağustos 2010 olacaktır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Altı aylık geri ve bir yıllık ileri takip dönemi

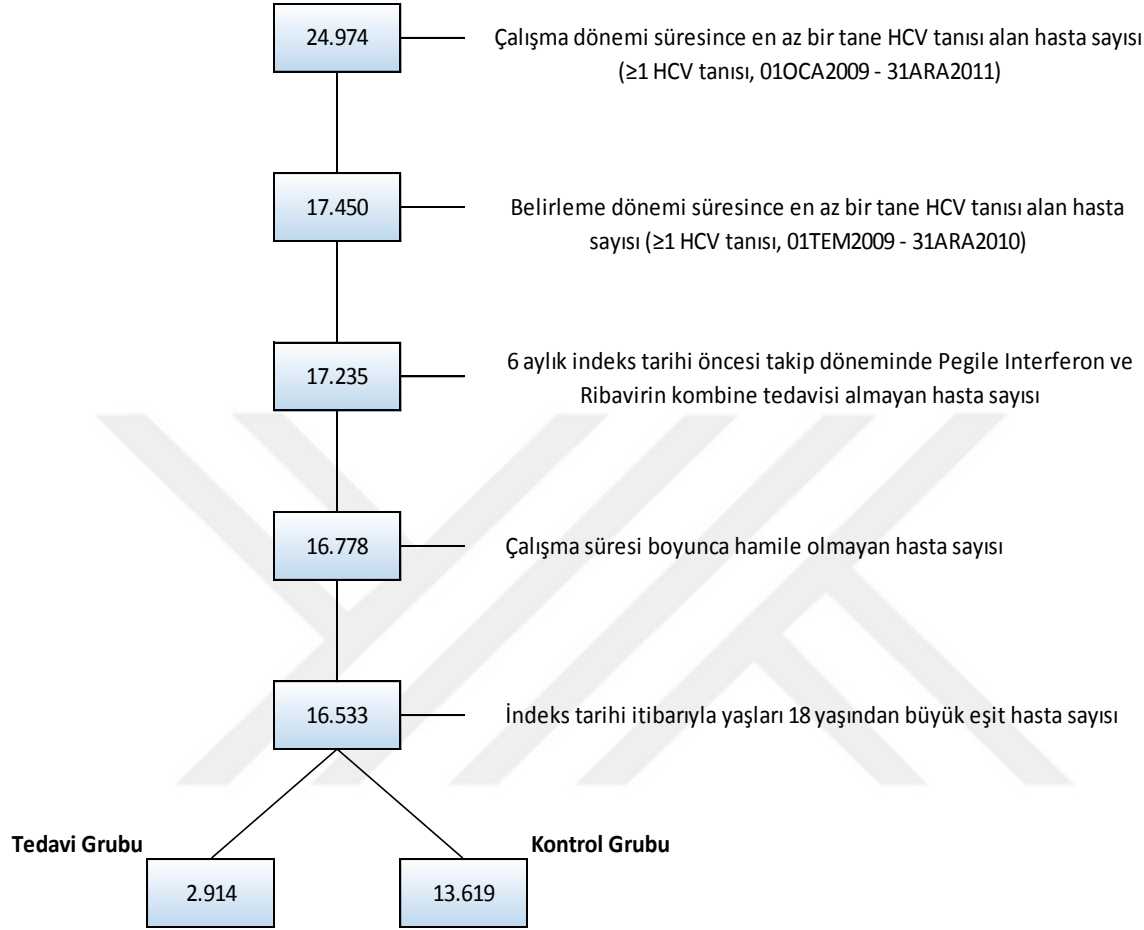
Dolayısıyla örnekteki hastanın verisi 20 Şubat 2009 ve 20 Ağustos 2010 tarihleri arasında incelemeye tabii tutulacaktır. Ayrıca Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi eğer hastanın indeks tarihi 31 Aralık 2010 olsa idi, 1 yıllık ileri takip tarihi 31 Aralık 2011 olacaktı. Aynı şekilde eğer hastanın indeks tarihi 01 Temmuz 2009 olsa idi, 6 aylık geri takip tarihi 01 Ocak 2009 olacaktı. Görüldüğü gibi belirleme dönemi içerisinde belirlenen indeks tarihleri üzerinden yapılan takipler her zaman çalışma dönemi içerisinde kalacaktır.

### 5.2.3. Aşındırma işlemi ve dahili - harici kriterler

Sağlık verisi analizlerinin ilk aşaması olan çalışma dönemi, belirleme dönemi, indeks tarihi atama işlemi ve takip sürelerinin kararlarının verilmesinden sonra analize tabii tutulacak grupların örnek büyüklüklerinin belirlenmesi yapılmaktadır. Veri, çalışma döneminden başlayıp belirli kriterlere maruz kalarak aşına aşına son hacmine ulaşır. Aşınarak elde edilen verinin aşama aşama çizdiği yol aşınma tablosunda (*attrition table*) veya grafiğinde gösterilir. Aşındırma işlemindeki amaç karşılaştırılacak grupları etkileyen faktörlerden arındırarak net kıyaslamayı yapabilmektir. Bu işlem dahili kriterler (*inclusion criteria*) ve harici kriterler (*exclusion criteria*) yardımıyla yapılmaktadır. Dahili kriterler gruplardaki hastalarda var olmasını istenen özellikleri oluşturur. Harici kriterler ise gruplardaki hastalardan dışlanması gereken özelliklerden oluşmaktadır. Araştırma konusuna göre net karşılaştırmayı yapabilmek için tedavi ve kontrol gruplarındaki hastaların birlikte dahili ve harici kriterlere maruz bırakılması gerekmektedir. Aksi takdirde dengesiz ve yanlı sonuçlar elde edilebilecektir.

Çalışmada aşınma tablosu oluşturulurken 2 adet harici ve 1 adet dahili kriter uygulanmıştır. Harici kriterlerden ilki hastaların 6 aylık indeks tarihi öncesi takip döneminde pegile interferon ve ribavirin kombine tedavisini kullanmamış olmalarıdır. Bu kriterdeki amaç tedaviye daha önce başlayan hastaları dışlayarak yeni başlayan hastalardan oluşan bir grup elde edip maliyet farklılığını daha belirgin bir şekilde ortaya koymaktır. İkinci harici kriter ise çalışma dönemi boyunca hamile olan hastaların dışlanmasıdır. Bunun nedeni hamile hastalara uygulanan tedavinin hamilelik süresince hamileliğin durumuna göre farklılık göstermesidir. Bu farklılığın

ortadan kaldırılması adına hamile hastalar çalışma dönemi boyunca analizden çıkarılmıştır.



Şekil 5.3. Aşındırma işlemi ve dahili - harici kriterler

Araştırmadaki dahili kriter indeks tarihi itibarıyla hastaların yaşlarının 18 yaşından büyük eşit olma şartıdır. Dolayısıyla çalışmaya sadece yetişkin hastalar dahil edilmiş olmaktadır. Bu uygulanan kriterlerin sonucunda tedavi ve kontrol grubundaki analize başlanacak örnek büyüklükleri elde edilmiştir.

Şekli 5.3.'de elde edilen aşınma tablosunda da görüldüğü gibi veri setinde çalışma dönemi süresince en az bir tane HCV tanısı almış hasta sayısı 24,974'tür. Bir başka ifade ile veri setindeki 24,974 hastada 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri arasında en az bir tane HCV tanısı bulunmuştur. İkinci aşamada ise belirleme dönemi süresince en az bir tane HCV tanısı almış hasta sayısı araştırılmış ve 17,450 hasta tespit edilmiştir. Dolayısıyla 7,524 hasta belirleme dönemi dışında kaldığından bir başka deyişle bu hastaların ileri ve geri takip süresi çalışma dönemi

dışında kalıp takibi yapılamayacağından hastalar çalışmadan çıkarılmıştır. Üçüncü aşamaya geçilirken hastalara indeks tarihi atması yapılmıştır. Tedavi gurubuna dahil edilecek hastalar için ilk ilaç tedavisine başlanıldığı gün indeks tarihi olarak saptanırken kontrol grubu hastaları için belirleme dönemi içerisinde bulunan rassal bir tarih indeks tarihi olarak atanmıştır. İndeks tarihi ataması gerçekleştirildikten sonra hastalar ileri ve geri takip edilebileceğinden dahili ve harici kriterlere maruz bırakılmıştır. Üçüncü aşamada ilk harici kriter olan 6 aylık indeks tarihi öncesi takip döneminde pegile interferon ve ribavirin kombine tedavisi almayan hasta sayısı araştırılmıştır. Bunun sonucunda 215 hastanın geri takip dönemlerinde yani 6 aylık geçmişlerinde tedaviyi önceden aldıkları tespit edilmiş ve çalışmadan bu hastalar dışlanmıştır. İlk harici kriter uygulamasından sonraki işlem elde kalan 17,235 hastadan ikinci harici kriter olan çalışma dönemi boyunca hamile tanısı almış hastaların çıkartılması olmuştur. 17,235 hasta çalışma dönemi boyunca incelenmiş ve 457 hastanın bu dönem süresince hamile tanısı aldığı ortaya çıkmıştır. 457 hamile hasta çalışmadan dışlanıp elde kalan 16,778 hastanın yetişkin olanları yani dahili kriter olan indeks tarihi itibarıyla yaşları 18 yaşından büyük eşit olan hastalar çalışma kapsamına alınmıştır. Son kriterin uygulanmasından sonra nihai örnek büyüklüğü 16,533 hasta olarak belirlenmiştir. Hastalar tedavi ve kontrol gruplarına ayrıldığında ise 2,914 hastanın tedavi grubunda 13,619 hastanın ise kontrol grubunda olduğu görülmüştür. Dolayısıyla çalışmada ekonometri analizleri toplam 16,533 hasta üzerinden gerçekleşecek olup modellere eklenecek tedavi adındaki kukla değişken ile gruplar arası sağlık harcamaları farklılıkları değerlendirilebilecektir. Aşınma tablosunda hasta sayılarının yukarıdan aşağıya azalarak, harici ve dahili kriterler uygulandıkça aşınarak ilerlediği ve bunun sonucunda nihai örnek büyüklüğüne ulaşıldığı dikkatten kaçmamalıdır.

#### **5.2.4. Analiz değişkenleri ve tanımlayıcı istatistik tabloları**

Çalışmanın analiz değişkenleri 6 ana başlıkta toplanmış olup ana başlıklardan bazıları kendi içerisinde kırılımlara ayrılmıştır. Böylelikle kırılımların hem modele etkisi hem de kendi içerisindeki farklılıkları değerlendirilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Analiz değişkenleri

<b>Yaş</b>
18-29
30-39
40-49
50-59
60↑
<b>Cinsiyet</b>
Kadın
<b>Bölge</b>
Marmara
Ege
Akdeniz
Karadeniz
İç Anadolu
Doğu Anadolu
Güney Doğu Anadolu
<b>Hastalıklar</b>
Elixhauser indeksi
Siroz
Safra hastalığı
Hepatit B
AIDS
Kronik damar hastalıkları
Konjestif kalp yetmezliği
Diyaliz
Solunum yolları hastalıkları
Karaciğer kanseri
Diğer kanser türleri
Hipertansiyon
Dişabet
Psikolojik bozukluklar
Karaciğer nakli
Kansızlık
Kaşıntı
Bulantı
Dişare
<b>Hastaneler</b>
Özel
Üniversite
Devlet
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>

İlk ana değişken yaş<sup>16</sup> olarak belirlenmiş ve kendi içerisinde 18-29, 30-39, 40-49, 50-59 ve 60 yaş ve üstü olmak üzere 5 kırılımda incelenmiştir. Yaş değişkeni ve kırılımları hastalığın hangi yaş aralıklarında yoğunlaştığını görmek açısından nemli bir gösterge olup hemen hemen bütün sağlık çalışmalarında kullanılmaktadır.

<sup>16</sup> Yaş değişkeni her hasta için indeks tarihinin doğum tarihinden çıkarılması ile elde edilmiştir.

İkinci ana başlık cinsiyettir. Cinsiyet değişkeni, kadın ve erkek olmak üzere cinsiyet farklılıklarının tanı ve tedaviye olan etkisini ölçülmek amaçlı kullanılmaktadır. Cinsiyet değişkeni bu çalışmada kadın değişkeni olarak tek değişkende ele alınmıştır

Bir diğer ana başlık ise bölgelerdir ve Türkiye'deki 7 bölge (Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu) analize dahil edilmiştir. Bölgeler değişkenleri, tanı ve tedavi üzerindeki bölgesel farklılıkların ve yoğunlukların tahlil edilebilmesi amacıyla modellere dahil edilen bir diğer önemli değişkenlerdendir.

Hastalıklar başlığı kendi içinde araştırma konusu ile ilgili hastalıkları barındırmaktadır. Bu hastalıklar konunun uzmanı hekimlere danışarak belirlenmelidir. Belirlenen hastalıklar sayesinde tedavi ve kontrol grubundaki hastaların hastalık öyküsü takip edilirken hastalıkların modele etkisi ölçülüp farklılıklar da değerlendirilebilmektedir. Sırasıyla hastalık değişkenleri siroz, safra hastalığı, hepatit B, AIDS, kronik damar hastalıkları, konjestif kalp yetmezliği, diyaliz, solunum yolları hastalıkları, karaciğer kanseri, diğer kanser türleri, hipertansiyon, diyabet, psikolojik bozukluklar, karaciğer nakli, kansızlık, kaşıntı, bulantı, diyare olarak belirlenmiş ve hastaların veri üzerinden 6 aylık geri takibi yapılarak etiketleme işlemi yapılmıştır. Hastalık başlığının bir diğer önemli değişkeni Elixhauser indekstir<sup>17</sup>. Elixhauser indekste indeksi oluşturan 31 adet hastalığın hastanın öyküsünde bulunma sayıları hesaplanmaktadır. Hasta geçmişinde ne kadar çok indeksteki hastalıkları barındırarak analize dahil oluyorsa hastalık seviyesi o kadar yüksek değerlendirilmektedir. Örneğin bir hastanın elixhauser indeks değeri 7 hesaplandı. Hesaplanan bu değer indeksteki 31 adet hastalıktan 7'sinin hastanın geçmişinde bulunduğunu ifade etmektedir. Bir diğer hastanın da indeks değerinin 2 olarak hesaplandığı varsayılır ise ilk hastanın ikinci hastaya göre çok daha fazla hastalık taşıdığı, çok daha fazla hastalık ile ilgilenmek zorunda olduğu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla elixhauser indeks gruplar arası karşılaştırma analizlerinde bir grubun diğer bir gruba göre daha fazla hastalıklı olmasının veya daha yüksek

---

<sup>17</sup> Elixhauser indeks kapsamındaki 31 adet hastalık ve ICD-10 kodları Ek-1 kısmında yer almaktadır.

oranda hastalık taşıyıp taşımadığının tespitine olanak sağladığından sağlık araştırmaları için son derece önemli bir değişkendir.

Modelde kullanılacak bir diğer değişken başlığı ise hastane yapılarıdır. Hastaneler devlet, üniversite ve özel olmak üzere 3 ayrı yapıda incelenmiştir. Araştırma konusunun tanı ve tedavi aşamalarının hangi tip hastanelerde gerçekleştiği bilgisi araştırma sonuçlarına göre karar vericiyi uzmanlaşmış sağlık birimleri oluşturma konusunda fikir verebilmektedir.

En son değişken ise gruplar içerisindeki hastaların indeks tarihinden sonraki 1 yıllık takip döneminde hayatta olup olmama durumlarının etiketlenmesidir. Elde edilen bu ölüm oranları (*mortality*) sağlık ekonometrisinin bir başka konusu olan yaşam analizlerinde (*survival analyses*) kullanılmaktadır. Yaşam analizi modellerininin sağlık harcaması analizi modellerinden ayrı olmasına karşın ölüm oranının sağlık harcaması ile doğrudan ilişkisi olduğundan bu çalışmada da değişken olarak ele alınmıştır.

#### Tanımlayıcı istatistik tabloları

Bir veya birden fazla değişken dağılımını karşılaştırmak için kullanılan ve ayrıca eldeki örnek verilerle frekans dağılımlarını sayısal olarak özetleyen değerlere tanımlayıcı istatistikler denmektedir. Bu özet değerlerden oluşan tablolar ise tanımlayıcı istatistik tablolarını oluşturmaktadır. Dolayısıyla araştırmanın ilk tablosu herhangi bir model çalıştırmadan verinin kendisi ile bir başka değişle verinin ham hali ile değişkenler arasındaki farklılıkların görüleceği tanımlayıcı istatistik tablosunu oluşturmaktır. İki grup arası ortalama farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının kararı sürekli değişkenlerde t-testi ile kategorik değişkenlerde ise ki-kare testi ile yapılmıştır (Çizelge 5.4).<sup>18</sup>

Sürekli değişkenlerde iki bağımsız grubun ortalamalarının birbirinden farklı olup olmadığı,

<sup>18</sup> Tablo 5.2. ve analiz sonuçları içeren diğer tablolar için p-değerinin kritik ölçüsü 0,05 olarak alınmıştır.

$$H_0: \mu_1 = \mu_0$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_0$$

hipotezi kurularak test edilmiştir. Kullanılan  $t$  istatistiği ise iki grup varyanslarının homojen olmadığı durumda<sup>19</sup>

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_0^2}{n_0}}}$$

olarak hesaplanmıştır.  $t$  istatistiğinin serbestlik derecesi ise

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_0^2}{n_0}\right)^2}{\frac{1}{n_1-1} \left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2 + \frac{1}{n_0-1} \left(\frac{s_0^2}{n_0}\right)^2}$$

denklemini ile elde edilmiştir.<sup>20</sup>

Örneğin Çizelge 5.4'deki Yaş değişkeni için tedavi grubunda  $\bar{x}_1 = 53.0$  ve  $s_1^2 = 11.7^2$  olup kontrol grubunda  $\bar{x}_0 = 52.8$  ve  $s_0^2 = 15.3^2$ 'tür. Dolayısıyla  $t$  istatistiği

$$t = \frac{53.0 - 52.8}{\sqrt{\frac{11.7^2}{2914} + \frac{15.3^2}{13619}}} = 0.4541$$

olarak elde edilmiştir. Serbestlik derecesi ise

<sup>19</sup> Sürekli değişkenler için popülasyon varyanslarının eşitliği  $F$  testi kullanılarak yapılmıştır. Örneği verilen Yaş değişkeni için hesaplanan  $F$  kritik değeri,  $\frac{s_1^2}{s_0^2} = \frac{11.7^2}{15.3^2} = 0.5890$ , olarak elde edilmiş olup tablo değerleri  $[F_{(0.975, 2913, 13618)} = 0.9445, F_{(0.025, 2913, 13618)} = 1.0577]$  aralığında bulunmadığından  $t$  istatistiği iki grup varyanslarının homojen olmadığı durum için kullanılmıştır. Ayrıca çalışmadaki diğer sürekli değişkenler olan Elixhauser indeks ve sağlık harcaması değişkenleri içinde gruplar arası popülasyon varyanslarının eşitliği sağlanmadığından aynı  $t$  istatistiği kullanılmıştır.

<sup>20</sup>  $i = 1$  tedavi grubunu,  $i = 0$  kontrol grubunu ifade etmekte olup  $\bar{x}_i$  grubun örnek ortalamasını,  $s_i^2$  standart sapmasını ve  $n_i$  örnek büyüklüğünü ifade etmektedir.

$$df = \frac{\left(\frac{11.7^2}{2914} + \frac{15.3^2}{13619}\right)^2}{\frac{1}{2914-1} \left(\frac{11.7^2}{2914}\right)^2 + \frac{1}{13619-1} \left(\frac{15.3^2}{13619}\right)^2} \cong 5265$$

olarak bulunmuştur.

Hesaplanan  $t$  istatistik değeri (0.4541) ve serbestlik derecesine (5265) karşılık gelen p-değeri ise 0.6498'dir. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'te bulunan tablolardaki sürekli değişkenler yukarıda açıklandığı şekilde hesaplanmıştır.

Kategorik değişkenler için ise iki bağımsız grubun oranları arasında bir fark olup olmadığı,

$$H_0: p_1 = p_0$$

$$H_A: p_1 \neq p_0$$

hipotezleri ile yapılmıştır.<sup>21</sup>

Çalışmada kategorik değişkenler 2 grup için 2 çıktıda incelendiğinden dört gözlü ihtimal tablosu ( $2 \times 2$  contingency table) üzerinden ki-kare testi uygulanmıştır.<sup>22</sup>

Test istatistiği

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Gözlenen değer} - \text{Beklenen değer})^2}{\text{Beklenen değer}}$$

formülü ile ve  $r$  satır sayısı,  $c$  kolon sayısı olmak üzere serbestlik derecesi  $(r - 1)(c - 1)$  olarak hesaplanmaktadır. Çalışma tabloları kategorik değişkenlerde  $2 \times 2$  boyutunda olduğundan serbestlik derecesi 1'dir.

<sup>21</sup>  $p_1$  tedavi grubundaki kategorik değişkeninin oranını ifade ederken  $p_0$  aynı değişkenin kontrol grubundaki oranını ifade etmektedir.

<sup>22</sup> İki bağımsız grup oranları arasında bir fark olup olmadığı iki taraflı Z testi ile de yapılabilmektedir. Ancak  $2 \times 2$  boyutundaki tabloda ki-kare testinin serbestlik derecesi 1 olduğundan ki-kare testi ile elde edilen p-değerleri Z testi ile elde edilen p-değerleri ile aynıdır. Çalışmada ki-kare testinin kullanılması hem konu ile ilgili literatürde tercih edilmesi hem de ki-kare testinin gerektiğinde iki veya daha fazla oranın karşılaştırılmasına olanak sağlamasıdır.

Çizelge 5.4'te kronik damar hastalıkları kategorik değişkeni ele alındığında Çizelge 5.2 oluşturulmuştur.

Çizelge 5.2. 2x2 Gözlenen değerler tablosu

		Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	Toplam
Kronik damar hastalığı öyküsü	Yok	2624	12421	15045
	Var	290	1198	1488
Toplam		2914	13619	16533

Çizelge 5.2'de görüldüğü gibi tedavi grubunda kronik damar hastalığı öyküsü olan hasta sayısı 290 olmayan hasta sayısı 2,624'tür. Kontrol grubunda ise bu değerler sırasıyla 1,198 ve 12,421 olarak gözlenmiştir. Bu elde edilmiş gözlenen değerler kullanılarak Çizelge 5.3'te beklenen değerler tablosu oluşturulmuştur.

Çizelge 5.3. 2x2 Beklenen değerler tablosu

		Tedavi Grubu	Kontrol Grubu	Toplam
Kronik damar hastalığı öyküsü	Yok	2651.73	12393.27	15045
	Var	262.27	1225.73	1488
Toplam		2914	13619	16533

Beklenen değerler ilgili sıra ve kolonun toplam değerlerinin çarpımının genel toplama bölünmesi sonucu bulunmuştur. Örneğin tedavi grubundaki kronik kalp hastalığı öyküsüne sahip olan hastaların beklenen değeri  $\frac{2914 \times 1488}{16533} = 262.27$ 'dir. Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'teki gözlenen ve beklenen değerleri kullanarak ki-kare istatistiği

$$\chi^2 = \frac{(2624 - 2651.23)^2}{2651.23} + \dots + \frac{(1198 - 1225.73)^2}{1225.73} = 3.9127$$

olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan ki-kare değeri (3.9127) ve serbestlik derecesine (1) karşılık gelen p-değeri ise 0.0479'dur. Sürekli değişkenlerde olduğu gibi kategorik değişkenlerde de Çizelge 5.4'te bulunan istatistik değerleri yukarıda açıklandığı şekilde elde edilmiştir.

Sağlık araştırmalarında kullanılan bir diğer önemli istatistik ise standart fark değerleridir. Özellikle PSM yönteminin uygulama öncesi ve sonrasında hastaların geçmiş dönem özelliklerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle son dönem çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [196,197]. Standart fark sürekli değişkenler için

$$d = 100 \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_0|}{\sqrt{\frac{s_1^2 + s_0^2}{2}}}$$

olarak hesaplanırken kategorik değişkenler için

$$d = 100 \frac{|p_1 - p_0|}{\sqrt{\frac{p_1(1-p_1) + p_0(1-p_0)}{2}}}$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır [198,199].

Çizelge 5.4'te standart fark Yaş sürekli değişkeni için

$$d = 100 \frac{|53.0 - 52.8|}{\sqrt{\frac{11.7^2 + 15.3^2}{2}}} = 0.8$$

olarak bulunurken, kronik damar hastalıkları kategorik değişkeni için

$$d = 100 \frac{|0.100 - 0.088|}{\sqrt{\frac{0.100(1-0.100) + 0.088(1-0.088)}{2}}} = 4.0$$

olarak elde edilmiştir.

Tedavi grubuna dahil 2,914 hasta ile kontrol grubuna dahil 13,619 hastanın Çizelge 5.4'deki tanımlayıcı istatistik tablosu tekrar incelendiğinde iki gruptaki hastaların yaklaşık olarak ortalama 53 yaşında olduğu ve yaş farkının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır. Ancak yaş kırılımlarına bakıldığında 40-49 yaş aralığı dışındaki 18-29, 30-39, 50-59 ve 60 yaş üstü yaş aralıklarında anlamlı farklılıklar gözlemlenmektedir.



Çizelge 5.4. Tanımlayıcı istatistik tablosu

Özellikler	Tedavi Grubu (N=2,914)		Kontrol Grubu (N=13,619)		P değeri	Standart Fark
	N/Ort.	%/Std	N/Ort.	%/Std		
<b>Yaş</b>	53.0	11.7	52.8	15.3	0.6498	0.8
18-29	148	5.1%	1346	9.9%	<.0001	18.3
30-39	272	9.3%	1447	10.6%	0.0383	4.3
40-49	509	17.5%	2186	16.1%	0.0603	3.8
50-59	1055	36.2%	3559	26.1%	<.0001	21.9
60↑	930	31.9%	5081	37.3%	<.0001	11.4
<b>Cinsiyet</b>						
Kadın	1639	56.2%	7683	56.4%	0.8681	0.3
<b>Bölge</b>						
Marmara	1008	34.6%	4546	33.4%	0.2088	2.6
Ege	371	12.7%	1768	13.0%	0.7149	0.7
Akdeniz	340	11.7%	1421	10.4%	0.0501	3.9
Karadeniz	358	12.3%	1311	9.6%	<.0001	8.5
İç Anadolu	616	21.1%	3976	29.2%	<.0001	18.6
Doğu Anadolu	44	1.5%	214	1.6%	0.8083	0.5
Güney Doğu Anadolu	177	6.1%	383	2.8%	<.0001	15.9
<b>Hastalıklar</b>						
Elixhauser indeksi	2.7	1.8	2.0	2.0	<.0001	37.2
Siroz	179	6.1%	1304	9.6%	<.0001	12.8
Safra hastalığı	113	3.9%	347	2.5%	<.0001	7.5
Hepatit B	476	16.3%	2007	14.7%	0.0284	4.4
AIDS	6	0.2%	173	1.3%	<.0001	12.5
Kronik damar hastalıkları	290	10.0%	1198	8.8%	0.0479	4.0
Konjestif kalp yetmezliği	41	1.4%	266	2.0%	0.0475	4.2
Diyaliz	47	1.6%	119	0.9%	0.0003	6.7
Solunum yolları hastalıkları	390	13.4%	1458	10.7%	<.0001	8.2
Karaciğer kanseri	22	0.8%	264	1.9%	<.0001	10.3
Diğer kanser türleri	113	3.9%	577	4.2%	0.3793	1.8
Hipertansiyon	824	28.3%	3398	25.0%	0.0002	7.5
Diyabet	442	15.2%	1952	14.3%	0.2449	2.4
Psikolojik bozukluklar	517	17.7%	1461	10.7%	<.0001	20.2
Karaciğer nakli	6	0.2%	76	0.6%	0.0141	5.7
Kansızlık	381	13.1%	1373	10.1%	<.0001	9.4
Kaşıntı	61	2.1%	220	1.6%	0.07	3.5
Bulantı	96	3.3%	335	2.5%	0.0103	5.0
Diyare	127	4.4%	570	4.2%	0.6733	0.9
<b>Hastaneler</b>						
Özel	213	7.3%	1132	8.3%	0.0724	3.7
Üniversite	1054	36.2%	6176	45.3%	<.0001	18.8
Devlet	1647	56.5%	6311	46.3%	<.0001	20.5
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	38	1.3%	443	3.3%	<.0001	13.1

Cinsiyet değişkeni incelendiğinde iki grupta da hastaların yüzde 56'sının kadın olduğu görülmektedir.

Bölgesel farklılıklar değerlendirildiğinde Marmara, Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgesinde anlamlı farklılıklar oluşmazken Karadeniz, İç Anadolu ve Güney

Doğu Anadolu Bölgesinde yoğunluk farklılıkları gözlemlenmektedir. Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinde tedavi grubu hastaları kontrol grubu hastalarına göre daha yoğunlukta iken İç Anadolu Bölgesinde yüzde 29.2'lik payı ile kontrol grubu hastaları tedavi grubuna göre daha yoğunluktadır.

Hastalıklar başlığı altında tedavi ve kontrol grubundaki hastaların hastalık öykülerine bakıldığında tedavi grubu hastalarının ortalama elixhauser indeks değerinin 2.7 ve kontrol grubundaki hastaların ise 2.0 olarak hesaplandığı görülmektedir. Elixhauser indeks değerinin oluşma şekli ve tanımı analiz değişkenleri kısmında yapılmıştır. Dolayısıyla çalışmanın ham verisi ile elde edilen indeks sonuçlarına göre tedavi grubundaki hastaların kontrol grubu hastalarına kıyasla 6 aylık geçmiş dönemlerinde daha çok hastalık taşıdıkları ortaya çıkmaktadır. Tablodaki diğer hastalıklar incelendiğinde 14 hastalık arasında farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu farklılık tespit edilen 14 hastalık içerisinde safra hastalığı, hepatit B, kronik damar hastalıkları, diyaliz, solunum yolları hastalıkları, hipertansiyon, psikolojik bozukluklar, kansız ve bulantı tanılarının tedavi grubu hastalarında daha çok görülmesine karşın siroz, AIDS, konjestif kalp yetmezliği, karaciğer kanseri, karaciğer nakli tanılarında ise kontrol grubu hastaları daha çok gözlemlenmiştir. Diğer kanser türleri, diyabet, kaşıntı ve diyare tanılarında ise gruplar arası anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir.

Çizelge 5.4'ten hastane yapıları incelendiğinde iki grubunda özel hastanedeki muayene işlemlerinde anlamlı farklılık oluşmamıştır. Tedavi grubu hastalarının yüzde 56.5'inin muayene işlemleri devlet hastanelerinde görülürken kontrol grubundaki hastaların devlet hastanelerinde işlem görme yüzdesi 46.3 olmuştur. Ayrıca kontrol grubu hastalarının üniversite hastanelerinde muayene olma yüzdesi 45.3 iken tedavi grubu hastalarının üniversite hastanelerinde muayene olma yüzdesi 36.2 olarak ortaya çıkmıştır.

İki gruptaki hastaların atanmış indeks tarihlerinden itibaren 1 yıllık takip süreleri içerisindeki vefat durumları incelendiğinde tedavi grubunda 38 hastanın, kontrol grubunda ise 443 hastanın hayatını kaybettiği gözlemlenmektedir. Bir başka değişle yüzdesel olarak tedavi grubu hastalarının yüzde 1.3'ü bir yıl içerisinde hayatını

kaybederken kontrol grubundaki hastaların yüzde 3.3'ü hayatını kaybetmiş ve oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmüştür.

Çizelge 5.5. Ham veri ortalama sağlık harcaması farkı

	Tedavi Grubu		Kontrol Grubu		P değeri	Standart Fark
	Ortalama	Std	Ortalama	Std		
<b>Toplam Harcama</b>	30.334,42 ₺	34964,2	6.020,55 ₺	20866,0	<.0001	84,4
	<b>Harcama Farkı</b>	<b>24.313,87 ₺</b>	<b>Ham veri ortalama farkı</b>			

Çalışmanın odak noktası olan sağlık harcamaları farkları ham veri üzerinden Çizelge 5.5'te sunulmuştur. Toplam sağlık harcamaları ayaktan tedavi, hastane günü birlik ve yatış işlemleri, laboratuvar tetkikleri, tedavi amaçlı kullanılan malzeme ve ilaç giderlerinin tümünü içermektedir. İki gruptaki hastalar 1 senelik indeks tarihi sonrası dönemi boyunca takip edilip yukarıda belirtilen kalemlerin maliyetleri oluşturulmuştur. Elde edilen maliyetler sonucu oluşan ortalama sağlık harcamaları farkı tablosu incelendiğinde HCV tanısı tedavisinin ilaç maliyeti görece yüksek olduğundan tedavi grubu hastalarının yıllık 30,334.42 TL. ve kontrol grubu hastalarının yıllık 6,020.55 TL. sağlık harcaması yaptığı görülmektedir. Dolayısıyla istatistiksel açıdan da anlamlı olan harcama farkı 24,313.87 TL. olarak hesaplanmıştır. Dikkat edildiği üzere elde edilen bu fark ham veri üzerinden hesaplanmıştır. Oysa ki ham veri içerisinde gözlenebilen ve gözlenemeyen yanlılıkları da barındırdığından verdiği sonuç karar verici mekanizmayı yanlış yönlendirebilmektedir. Bu nedenle gözlenebilen ve gözlenemeyen yanlılıkların bertaraf edildiği ekonometri modelleri ile maliyet farkları hesaplanmalı ve politika üretici uygulanan modeller sonucunda karar vermelidir.

### 5.2.5. Eğilim skoru eşleştirme yöntemi uygulaması

Gözlemsel çalışmalardaki temel sorunun hastaların tedavi veya kontrol gruplarına yerleştirilirken uygulanan yöntemin rassal biçimde gerçekleştirilemediğinden ve bunun sonucunda tahmin edilecek tedavi etkisinin yanlı olabileceğinden bahsedilmişti. Ayrıca gözleme dayalı üretilen verideki seçim

yanlılığının açık, gizli veya her iki yanlılığı da kapsayacak şekilde olabileceği ve eğilim skorları analizinin tedavi ve kontrol grupları arasındaki gözlenebilen özellikleri başka bir değişle verideki açıklayıcı değişkenleri dikkate alarak dengeli gruplar oluşturmak suretiyle gözlenebilen yanlılığı azaltması eğilim skoru eşleştirme bölümünde açıklanmıştır.

Dolayısıyla açıklamalar doğrultusunda eğilim skorları oluşturulurken Çizelge 5.1'de belirtilen bütün değişkenler lojistik regresyonun açıklayıcı değişkenleri olarak modelde kullanılmıştır. Regresyonun bağımlı değişkeni ise hastanın tedavi grubunda olup olmama durumunu gösteren "tedavi" adlı değişken olmuştur. Tedavi değişkeni eğer hasta tedavi grubunda ise 1, değil ise 0 değeri verilerek işaretlenmiştir. İfade edildiği şekilde çalıştırılan lojistik regresyonun sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi lojistik regresyon çıktısının önemli göstergelerinden birisi odds oranıdır. Açıklayıcı değişkenler üzerinden oluşan iki grup arası farklılıkları değerlendirebilmek amacıyla odds oranı kullanılmaktadır. Lojistik regresyon sonucuna göre elde edilen odds oranları yorumlanırken dikkat edilmesi gereken husus bağımlı değişkende 1 olarak işaretlenen gruptur. Çünkü yorumlama bu gruba göre başka bir değişle bu grup üzerinden gerçekleşmektedir. Bu nedenle çalışmada bağımlı değişken içinde tedavi grubu 1 olarak işaretlendiğinden yorumlama tedavi grubu üzerinden olmaktadır. Örneğin Çizelge 5.6 incelendiğinden elixhauser indeksin odds oranı 1.43 olarak görülmektedir. Dolayısıyla bu oran tedavi grubundaki hastaların kontrol grubundaki hastalara göre geçmişlerinde 1.43 kat daha fazla hastalık öyküsü barındırdığını söylemektedir. İndeks tarihinden önceki 6 aylık dönemde siroz tanısı alma durumu ile indeks tarihinden sonraki 1 senelik dönem içerisindeki ölüm durumlarına bakıldığında ise tedavi grubundaki hastaların kontrol grubundaki hastalara göre sırasıyla 0.34 ve 0.36 oranlarında daha az risk ile siroz ve ölüm durumuyla karşılaştıkları söylenebilir.

Çizelge 5.6. Lojistik regresyon sonuçları

Tedavi	Odds			P-değeri	95% Güvenilirlik	
	Oranı	Std.	z		Alt Sınır	Üst Sınır
Yaş	0.9487	0.0053	-9.47	0.0000	0.9384	0.9591
30-39	2.4527	0.3090	7.12	0.0000	1.9160	3.1397
40-49	4.9060	0.7582	10.29	0.0000	3.6239	6.6417
50-59	10.1476	1.9682	11.95	0.0000	6.9385	14.8409
60↑	12.2154	3.0750	9.94	0.0000	7.4582	20.0070
Kadın	0.8910	0.0393	-2.61	0.0090	0.8171	0.9715
Güney Doğu Anadolu	2.3620	0.4638	4.38	0.0000	1.6075	3.4708
Marmara	1.1236	0.1975	0.66	0.5070	0.7962	1.5857
Ege	1.0268	0.1869	0.15	0.8850	0.7187	1.4669
Akdeniz	1.2428	0.2276	1.19	0.2350	0.8680	1.7794
Karadeniz	1.3748	0.2520	1.74	0.0830	0.9598	1.9691
İç Anadolu	0.8414	0.1496	-0.97	0.3310	0.5939	1.1921
Siroz	0.3381	0.0326	-11.26	0.0000	0.2800	0.4083
Kronik damar hastalıkları	0.8816	0.0685	-1.62	0.1050	0.7571	1.0266
Konjestif kalp yetmezliği	0.3021	0.0586	-6.17	0.0000	0.2066	0.4419
Diyaliz	0.6336	0.1215	-2.38	0.0170	0.4351	0.9226
Solunum yolları hastalıkları	0.6847	0.0492	-5.28	0.0000	0.5948	0.7881
Safra hastalığı	1.3032	0.1539	2.24	0.0250	1.0340	1.6426
Hepatit B	0.7704	0.0487	-4.13	0.0000	0.6807	0.8719
AIDS	0.1024	0.0437	-5.33	0.0000	0.0443	0.2366
Karaciğer kanseri	0.2986	0.0714	-5.05	0.0000	0.1869	0.4772
Diğer kanser türleri	0.5020	0.0583	-5.93	0.0000	0.3998	0.6304
Hipertansiyon	0.7069	0.0407	-6.02	0.0000	0.6314	0.7914
Diyabet	0.7099	0.0465	-5.23	0.0000	0.6243	0.8072
Psikolojik bozukluklar	1.1385	0.0705	2.09	0.0360	1.0084	1.2854
Karaciğer nakli	0.1905	0.0862	-3.66	0.0000	0.0784	0.4627
Kansızlık	1.0209	0.0703	0.30	0.7640	0.8921	1.1683
Kaşıntı	1.1114	0.1740	0.67	0.5000	0.8177	1.5106
Bulantı	1.1262	0.1440	0.93	0.3530	0.8765	1.4470
Diyare	0.9237	0.0986	-0.74	0.4570	0.7493	1.1385
Elixhauser indeksi	1.4400	0.0236	22.27	0.0000	1.3945	1.4869
Devlet	1.3899	0.1178	3.89	0.0000	1.1772	1.6410
Üniversite	0.9710	0.0852	-0.34	0.7370	0.8175	1.1533
Ölüm (bir yıl içerisinde)	0.3638	0.0679	-5.42	0.0000	0.2523	0.5245
Sabit	0.2628	0.0649	-5.41	0.0000	0.1620	0.4263

Lojistik regresyonun yakınsayabildiği (*converge*) yani katsayı tahmininin sorunsuz yapılabildiği bir başka değişle modelin iyi çalıştığı görüldükten sonra<sup>23</sup> regresyon çıktısından elde edilen eğilim skorları ile eşleşme yönteminin belirlenmesi

<sup>23</sup> Sağlık araştırmalarında kullanılan lojistik regreyon ile tanı testlerinin değerlendirilmesi ROC (Alıcı İşlem Karakteristikleri, *Receiver Operating Characteristics*) eğrisi altındaki alan ve sınıflama oranları (*classification rate*) ile yapılmaktadır [200, 201]. Çizelge 5.6'da sunulan lojistik regresyonun ROC eğrisi altında kalan alan 0.71 ve genel sınıflama oranı ise yüzde 82 bulunmuştur. Bu ölçütler de modelin uygun olduğunu göstermektedir.

gerekmektedir. Çalışmada tedavi ve kontrol grubundaki hastaların her biri için hesaplanan eğilim skorlarının belirlenen bir  $b$  bandı çevresinde eşleşebileceği kaliper eşleşme yöntemi uygulanmıştır.

Bu aşamada bir diğer önemli noktanın ifade edilmesi gerekmektedir. Eşleşme sonrası tedavi ve kontrol grupları karşılaştırılırken kullanılacak istatistik testleri tanımlayıcı tabloda (Çizelge 5.4) kullanılan istatistik testleri ile aynı olmayacaktır. Tanımlayıcı tabloda tedavi ve kontrol grupları birbirinden bağımsız iki ayrı grup olarak düşünüldüğünden sürekli değişkenler için t testi, kategorik değişkenler için ki-kare testi uygulanmıştır. Ancak şimdiki durumda gruplar geçmiş dönem özelliklerinden elde edilen eğilim skorları ile eşleştirildiğinden birbirilerine bağımlı hale gelmişlerdir. Dolayısıyla ortaya geçmiş dönem özellikleriyle benzetilmiş iki bağımlı grup çıkmıştır. Bu nedenle Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.13 arasında sürekli değişkenler için ilişkili ölçümlerde kullanılan “paired t testi”, kategorik değişkenler için ise McNemar testi kullanılmıştır.

Sürekli değişkenlerde birbirleri ile bağımlı iki grup ortalamalarının birbirinden farklı olup olmadığı,

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_A: \mu_d \neq 0$$

hipotezi kurularak test edilmiştir. Kullanılan paired t testi ise 4 aşamada özetlenebilir.

$d_i = i$ . sıradaki eşleşen iki gözlemin farkı

$n$  = örnek büyüklüğü

$\bar{d}$  = örnek farklarının ortalaması

$\hat{\sigma}$  = örnek farklarının standart sapması

$T = n-1$  serbestlik derecesinde t dağılımının kritik değeri

$t$  = hesaplanan t istatistiği

$p$  = t istatistiği için p değeri

olmak üzere,

1. Örnek farklarının ortalaması hesaplanır.

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$$

2. Örnek farklarının standart sapması hesaplanır.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + \dots + (d_n - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

3. Test istatistiği hesaplanır.

$$t = \frac{\bar{d} - 0}{\hat{\sigma} / \sqrt{n}}$$

4. p- değeri hesaplanır ve hipotez karara bağlanır.

$$p = 2 \cdot Pr(T > |t|)$$

Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.13'de sürekli değişkenler için hesaplan p-değerleri yukarıdaki işlemler uygulanarak elde edilmiştir.

Kategorik değişkenler için ise iki bağımlı grubun oranları arasında bir fark olup olmadığı,

$$H_0: p_1 = p_0$$

$$H_A: p_1 \neq p_0$$

hipotezleri ile yapılmıştır.

McNemar test istatistiğinin hesaplanabilmesi için Çizelge 5.7'nin oluşturulması gerekmektedir. Test istatistiği  $b$  ve  $c$  değerleri üzerinden hesaplanmaktadır. Kategorik değişkenlerde aynı kukla değişkenler gibi veri içerisinde 1 ve 0 değerlerini

almaktadır. 1 ilgili değişkendeki durumun var olduğunu 0 ise olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla  $b$  değeri eşleşen ikili gözlemlerdeki ilgili değişkendeki durumun tedavi grubunda olmayıp kontrol grubunda olması olaylarının toplamı olarak elde edilmektedir. Bir başka ifadeyle  $b$  değeri eşleşen ikili gözlemlerde tedavi grubunda 0 olup kontrol grubunda 1 olan gözlem sayılarının toplamıdır. Aynı şekilde  $c$  değeri de eşleşen ikili gözlemlerde tedavi grubunda 1 olup kontrol grubunda 0 olan gözlem sayılarının toplamıdır.

Çizelge 5.7. 2x2 McNemar tablosu

		Kontrol Grubu		Toplam
		0	1	
Tedavi Grubu	0	$a$	$b$	$a+b$
	1	$c$	$d$	$c+d$
Toplam		$a+c$	$b+d$	$n$

McNemar test istatistiği serbestlik derecesi 1 olarak ki-kare dağılmaktadır ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\chi^2 = \frac{(b - c)^2}{b + c}$$

Hesaplanan ki-kare kritik değeri ve serbestlik derecesine (1) karşılık gelen p-değerine göre hipotez karara bağlanmaktadır [202]. Dolayısıyla Çizelge 5.8. ve Çizelge 5.13'de kategorik değişkenler için hesaplan p-değerleri yukarıdaki işlemler neticesinde elde edilmiştir.

Çizelge 5.8. PSM yöntemi kaliper eşleşmesi -I-

Özellikler	Tedavi Grubu (N=2,914)		Kontrol Grubu (N=2,914)		P değeri	Standart Fark
	N/Ort.	%/Std	N/Ort.	%/Std		
<b>Yaş</b>	53.0	11.7	52.9	12.2	0.9142	0.3
18-29	148	5.1%	138	4.7%	0.4561	1.6
30-39	272	9.3%	284	9.7%	0.5434	1.4
40-49	509	17.5%	525	18.0%	0.5459	1.4
50-59	1055	36.2%	1038	35.6%	0.5983	1.2
60↑	930	31.9%	929	31.9%	0.9756	0.1
<b>Cinsiyet</b>						
Kadın	1639	56.2%	1648	56.6%	0.7941	0.6
<b>Bölge</b>						
Marmara	1008	34.6%	1059	36.3%	0.1219	3.7
Ege	371	12.7%	398	13.7%	0.2643	2.7
Akdeniz	340	11.7%	339	11.6%	0.9653	0.1
Karadeniz	358	12.3%	345	11.8%	0.5762	1.4
İç Anadolu	616	21.1%	575	19.7%	0.1310	3.5
Doğu Anadolu	44	1.5%	42	1.4%	0.8252	0.6
Güney Doğu Anadolu	177	6.1%	156	5.4%	0.2151	3.1
<b>Hastalıklar</b>						
Elixhauser indeksi	2.7	1.8	2.7	2.2	0.7305	0.7
Siroz	179	6.1%	177	6.1%	0.9087	0.3
Safra hastalığı	113	3.9%	108	3.7%	0.7307	0.9
Hepatit B	476	16.3%	476	16.3%	0.9999	0.0
AIDS	6	0.2%	7	0.2%	0.7389	0.7
Kronik damar hastalıkları	290	10.0%	290	10.0%	0.9999	0.0
Konjestif kalp yetmezliği	41	1.4%	33	1.1%	0.3458	2.5
Diyaliz	47	1.6%	39	1.3%	0.3827	2.3
Solunum yolları hastalıkları	390	13.4%	354	12.1%	0.1495	3.7
Karaciğer kanseri	22	0.8%	26	0.9%	0.5553	1.5
Diğer kanser türleri	113	3.9%	114	3.9%	0.9459	0.2
Hipertansiyon	824	28.3%	821	28.2%	0.9252	0.2
Diyabet	442	15.2%	432	14.8%	0.7070	1.0
Psikolojik bozukluklar	517	17.7%	493	16.9%	0.3691	2.2
Karaciğer nakli	6	0.2%	7	0.2%	0.7815	0.7
Kansızlık	381	13.1%	357	12.3%	0.3272	2.5
Kaşıntı	61	2.1%	55	1.9%	0.5775	1.5
Bulantı	96	3.3%	84	2.9%	0.3485	2.4
Diyare	127	4.4%	138	4.7%	0.4671	1.8
<b>Hastaneler</b>						
Özel	213	7.3%	185	6.3%	0.1311	3.8
Üniversite	1054	36.2%	1035	35.5%	0.5669	1.4
Devlet	1647	56.5%	1694	58.1%	0.1645	3.3
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	38	1.3%	43	1.5%	0.5529	1.5

Kaliper bandının ilk sınır değeri diğer araştırmalarda salık verildiği üzere elde edilen eğilim skorlarının standart sapmasının 1/4 'ü alınarak saptanmıştır. Dolayısıyla Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9 eğilim skorları standart sapmasının 1/4 'ü

alınarak hesaplanan 0.02701 bandında eşleşme yapılarak oluşturulmuştur. Daha sonraki tablolarda ise kaliper eşleşmesi 0.01 ve 0.001 sınırlarında daha da daraltılarak yapılmış ve bu eşleşmeler sonucunda oluşan farklılıklar değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.8 incelendiğinde eğilim skoru eşleştirme yönteminin ne kadar iyi çalıştığı ve ne kadar dengeli gruplar yarattığı görülmektedir. 2,914 hastadan oluşan tedavi grubu hastaları tüm veri üzerinden elde edilen eğilim skorları standart sapmasının  $1/4$  'ü alınarak hesaplanan 0.02701 kaliper bandında kontrol grubundaki 2,914 hasta ile eşleşmiştir. Eşleşme tedavi grubundan hiç hasta kaybetmeden gerçekleşmiştir. Tablodaki tüm değişkenler için p-değerine bakıldığında gruplar arası hiçbir değişkenin birbirinden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıkta olmadığı anlaşılmaktadır. Bu, eşleşmenin iyi gerçekleşip gerçekleşmediği konusunda da çok önemli bir kriteri oluşturur. Eğer eşleşme iyi çalışmaz ise dengeli gruplar bir başka değişle istatistiksel açıdan anlamlı farklılıkların bulunmadığı gruplar oluşmaz. Eğer böyle bir durum ile karşılaşılır ise Çizelge 5.6'daki sonucu verilen lojistik regresyon modeli yeni değişkenler ile veya modeldeki bazı değişkenler çıkarılarak tekrar çalıştırılıp yeni eğilim skorları elde edilmelidir.

Çizelge 5.4'deki ham veri üzerinden oluşan farklılıklar eşleşme sonrası Çizelge 5.8'de görüldüğü gibi ortadan kaybolmuştur. Örneğin elixhauser indeks değişkeni tedavi grubundaki 2,914 hasta için 2.7 kontrol grubundaki 13,619 hasta için 2.0 olarak elde edilmişti. Ancak eşleşmeden sonra kontrol grubundaki 13,619 hastadan 2,914'ü seçilmiş ve seçilen hastaların elixhauser indeks değeri tedavi grubundaki hastalar gibi 2.7 çıkmıştır. Bölgesel farklılıklar açısından ham veri incelendiğinde İç Anadolu Bölgesinde kontrol grubundaki hastaların kendi içinde tedavi grubuna göre daha fazla yoğunlaştığı görülmektedir. Eşleşmeden sonra ise bölgeler arasındaki dağılım sadece İç Anadolu Bölgesinde değil bütün bölgelerde dengeli dağılmış ve anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir.

Eğilim skoru eşleştirme yöntemi ile kontrol değişkenleri üzerinden gözlenebilen yanlılığın ortadan kaldırılması sonucu elde edilen ortalama sağlık harcamaları farklılığı Çizelge 5.9'da sunulmuştur.

Çizelge 5.9. PSM yöntemi ortalama sağlık harcama farkı -I-

	Tedavi Grubu		Kontrol Grubu		P değeri	Standart Fark
	Ortalama	Std	Ortalama	Std		
<b>Toplam Harcama</b>	30,334.42 ₺	34964.2	7,074.98 ₺	23848.3	<.0001	77.72
	<b>Harcama Farkı</b>	<b>23,259.44 ₺</b>	<b>0,02701 bandında Kaliper Eşleştirme</b>			

Çizelge 5.9'da tedavi ve kontrol grubundaki 2,914 hastanın ortalama sağlık harcamaları incelendiğindedevam grubunda eşleşme sonrası hasta kaybı yaşanmadığından Çizelge 5.5'te belirtildiği gibi yine 30,334.42 TL. olarak gerçekleşmiştir. Buna karşın 13,619 hasta içinden eşleşme sonucu seçilen 2,914 kontrol grubu hastasının ortalama sağlık harcaması 7,074.98 TL. olarak gerçekleşmiştir. İki grup arası oluşan ortalama sağlık harcaması farkı ise istatistiksel açıdan anlamlı olup 23,259.44 TL. olmuştur.

Kaliper bandı 0.01 ile eşleşme gerçekleştiğinde grup başına 2 hastanın gruptan düştüğü, analize dahil edilmediği görülmektedir (Çizelge 5.10). Dolayısıyla karşılaştırma 2,912 hasta üzerinden gerçekleşmiştir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken husus kontrol grubundaki 2,912 hastanın Çizelge 5.8'de incelenen 2,914 hasta içinden değil gruptaki tüm veriden yani 13,619 hasta içinden elde edildiğidir. Yapılacak yeni eşleşmeler önceden yapılmış eşleşmeler üzerinden değil her defasında verinin kendisine gidilerek yapılmalıdır. 0.01 kaliper bandında yapılan eşleşme iyi çalışmış ve Çizelge 5.10'da görüldüğü gibi analiz değişkenleri arasında anlamlı farklılıklar oluşmamış olup birbirleri ile benzer gruplar elde edilmiştir.

Gruplar arası 2,912 hastanın ortalama sağlık harcaması karşılaştırıldığında tedavi grubundaki hastaların bir yıllık sağlık harcaması 30,332.53 TL. iken kontrol grubu hastalarının bir yıllık sağlık harcaması 7,127.41 TL. olarak bulunmuştur. İki grup arasındaki fark ise 23,205.12 TL. olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10. PSM yöntemi kaliper eşleşmesi -II-

Özellikler	Tedavi Grubu (N=2,912)		Kontrol Grubu (N=2,912)		P değeri	Standart Fark
	N/Ort.	%/Std	N/Ort.	%/Std		
<b>Yaş</b>	53.0	11.7	52.9	12.2	0.8943	0.3
18-29	148	5.1%	138	4.7%	0.4561	1.6
30-39	272	9.3%	284	9.8%	0.5434	1.4
40-49	509	17.5%	525	18.0%	0.5459	1.4
50-59	1053	36.2%	1038	35.6%	0.6414	1.1
60↑	930	31.9%	927	31.8%	0.9267	0.2
<b>Cinsiyet</b>						
Kadın	1637	56.2%	1647	56.6%	0.7717	0.7
<b>Bölge</b>						
Marmara	1007	34.6%	1058	36.3%	0.1219	3.7
Ege	371	12.7%	398	13.7%	0.2651	2.7
Akdeniz	340	11.7%	339	11.6%	0.9653	0.1
Karadeniz	357	12.3%	345	11.8%	0.6056	1.3
İç Anadolu	616	21.2%	575	19.7%	0.1310	3.5
Doğu Anadolu	44	1.5%	42	1.4%	0.8252	0.6
Güney Doğu Anadolu	177	6.1%	155	5.3%	0.1949	3.3
<b>Hastalıklar</b>						
Elixhauser indeksi	2.7	1.8	2.7	2.2	0.7237	0.7
Siroz	179	6.1%	177	6.1%	0.9087	0.3
Safra hastalığı	111	3.8%	108	3.7%	0.8364	0.5
Hepatit B	475	16.3%	476	16.3%	0.9706	0.1
AIDS	6	0.2%	7	0.2%	0.7389	0.7
Kronik damar hastalıkları	290	10.0%	289	9.9%	0.9645	0.1
Konjestif kalp yetmezliği	41	1.4%	33	1.1%	0.3458	2.5
Diyaliz	47	1.6%	38	1.3%	0.3232	2.6
Solunum yolları hastalıkları	390	13.4%	354	12.2%	0.1502	3.7
Karaciğer kanseri	22	0.8%	26	0.9%	0.5553	1.5
Diğer kanser türleri	112	3.8%	114	3.9%	0.8918	0.4
Hipertansiyon	822	28.2%	820	28.2%	0.9501	0.2
Diyabet	442	15.2%	432	14.8%	0.7074	1.0
Psikolojik bozukluklar	515	17.7%	491	16.9%	0.3698	2.2
Karaciğer nakli	6	0.2%	7	0.2%	0.7815	0.7
Kansızlık	380	13.0%	357	12.3%	0.3473	2.4
Kaşıntı	61	2.1%	55	1.9%	0.5775	1.5
Bulantı	95	3.3%	84	2.9%	0.3837	2.2
Diyare	126	4.3%	138	4.7%	0.4352	2.0
<b>Hastaneler</b>						
Özel	213	7.3%	185	6.4%	0.1311	3.8
Üniversite	1053	36.2%	1034	35.5%	0.5669	1.4
Devlet	1646	56.5%	1693	58.1%	0.1645	3.3
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	38	1.3%	43	1.5%	0.5529	1.5

Çizelge 5.11. PSM yöntemi ortalama sağlık harcama farkı -II-

	Tedavi Grubu		Kontrol Grubu		P değeri	Standart Fark
	Ortalama	Std	Ortalama	Std		
<b>Toplam Harcama</b>	30,332.53 ₺	34971.5	7,127.41 ₺	24712.8	<.0001	76.64
	<b>Harcama Farkı</b>	<b>23,205.12 ₺</b>	<b>0.01 bandında Kaliper Eşleştirme</b>			

Kaliper eşleşmesinin en dar hali ile yapılan en son eşleşmesi 0.001 bandında gerçekleştirilmiştir. Bant çok daraldığından artık tedavi grubundaki her hasta kontrol grubundaki neredeyse kendine tamamıyla benzer nitelikteki hasta ile eşleşmektedir. Bant sınırı daraldıkça eşleşme daha güçlü olacaktır ve her hasta bir diğer grupta kendine benzer özellikte bir eş bulamayacaktır. 0.001 sınırında gerçekleşen eşleşme sonucunda 2,852 hasta birbiri ile eşleşebilmiş, 62 hasta çalışma dışı kalmıştır. Çizelge 5.12’de görüldüğü gibi iki grup arasında analize tabii olan özellikler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir. Dikkat edildiği üzere elde edilen bütün değişken değerleri birbirlerine çok yakın niteliktedir. Daha önceden de belirtildiği gibi bunun nedeni kaliper bandının çok daraltılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Böylelikle gözlenebilen yanlılık sorununun da üstesinden gelinmiş olmaktadır.

Çizelge 5.13’de gruplardaki 2,852 hastanın ortalama sağlık harcaması farkları sunulmuştur. Tablo incelendiğinde tedavi grubu hastalarının ortalama sağlık harcaması 30,096.23 TL. olarak hesaplanmıştır. Buna karşın kontrol grubu hastalarının ortalama sağlık harcaması 7,009.74 TL. olarak bulunmuştur. İki grup arasındaki ortalama sağlık harcaması farkı ise 23,086.49 TL. olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.12. PSM yöntemi kaliper eşleşmesi -III-

Özellikler	Tedavi Grubu (N=2,852)		Kontrol Grubu (N=2,852)		P değeri	Standart Fark
	N/Ort.	%/Std	N/Ort.	%/Std		
<b>Yaş</b>	52.9	11.8	52.9	12.3	0.9866	0.0
18-29	148	5.2%	138	4.8%	0.4561	1.6
30-39	269	9.4%	280	9.8%	0.5761	1.3
40-49	502	17.6%	513	18.0%	0.6729	1.0
50-59	1020	35.8%	1004	35.2%	0.6136	1.2
60↑	913	32.0%	917	32.2%	0.9018	0.3
<b>Cinsiyet</b>						
Kadın	1606	56.3%	1617	56.7%	0.7475	0.8
<b>Bölge</b>						
Marmara	989	34.7%	1041	36.5%	0.1122	3.8
Ege	364	12.8%	390	13.7%	0.2803	2.7
Akdeniz	337	11.8%	328	11.5%	0.6911	1.0
Karadeniz	346	12.1%	332	11.6%	0.5400	1.5
İç Anadolu	607	21.3%	570	20.0%	0.1688	3.2
Doğu Anadolu	43	1.5%	42	1.5%	0.9115	0.3
Güney Doğu Anadolu	166	5.8%	149	5.2%	0.3018	2.6
<b>Hastalıklar</b>						
Elixhauser indeksi	2.6	1.7	2.6	2.1	0.5671	1.2
Siroz	177	6.2%	171	6.0%	0.7273	0.9
Safra hastalığı	106	3.7%	104	3.6%	0.8875	0.4
Hepatit B	460	16.1%	465	16.3%	0.8515	0.5
AIDS	6	0.2%	7	0.2%	0.7389	0.7
Kronik damar hastalıkları	280	9.8%	278	9.7%	0.9279	0.2
Konjestif kalp yetmezliği	39	1.4%	32	1.1%	0.4061	2.2
Diyaliz	44	1.5%	34	1.2%	0.2513	3.0
Solunum yolları hastalıkları	369	12.9%	339	11.9%	0.2176	3.2
Karaciğer kanseri	22	0.8%	26	0.9%	0.5553	1.5
Diğer kanser türleri	111	3.9%	111	3.9%	0.9999	0.0
Hipertansiyon	797	27.9%	795	27.9%	0.9493	0.2
Diyabet	434	15.2%	412	14.4%	0.3996	2.2
Psikolojik bozukluklar	488	17.1%	464	16.3%	0.3588	2.3
Karaciğer nakli	6	0.2%	7	0.2%	0.7815	0.7
Kansızlık	363	12.7%	347	12.2%	0.5065	1.7
Kaşıntı	60	2.1%	51	1.8%	0.3930	2.3
Bulantı	91	3.2%	80	2.8%	0.3869	2.3
Diyare	125	4.4%	137	4.8%	0.4315	2.0
<b>Hastaneler</b>						
Özel	211	7.4%	181	6.3%	0.1027	4.2
Üniversite	1039	36.4%	1022	35.8%	0.6051	1.2
Devlet	1602	56.2%	1649	57.8%	0.1596	3.3
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	38	1.3%	42	1.5%	0.6326	1.2

Çizelge 5.13. PSM yöntemi ortalama sağlık harcama farkı -III-

	Tedavi Grubu		Kontrol Grubu		P değeri	Standart Fark
	Ortalama	Std	Ortalama	Std		
<b>Toplam Harcama</b>	30,096.23 ₺	34355.7	7,009.74 ₺	24678.5	<.0001	77.18
	<b>Harcama Fark 23,086.49 ₺</b>		<b>0.001 bandında Kaliper Eşleştirme</b>			

### 5.2.6. Genelleştirilmiş doğrusal modeli uygulaması

Standart regresyon modellerinin en önemli varsayımlarından bir tanesi bağımlı değişkenin normal dağılıma sahip olduğu varsayımdır. Ancak gerçek dünya verisi ile analiz yapıldığında veriler çoğunlukla normal dağılmadığı için bu varsayım geçerliliğini yitirmektedir. Dolayısıyla ekonometri modeli kurulurken öncelikle değişkenin hangi dağılımdan geldiği saptanmalıdır. Genelleştirilmiş doğrusal modeller dağılım konusunda esneklik sağladığından araştırmalarda oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Yöntemin bu denli tercih edilmesi sadece verinin dağılımına göre çalışması değil aynı zamanda gözlenebilen yanlılığı da bertaraf etmesinden kaynaklanmaktadır.

GLM çalıştırılmadan önce yapılması gereken verinin geldiği dağılım ailesinin ve bağ fonksiyonunun bulunmasıdır. Verinin hangi dağılım ailesinde iyi çalışacağını saptamak için Düzeltilmiş Park Testi (*Modified Park Test*) [203,204] ve hangi bağ fonksiyonu ile bağlanılacağını bulmak için de Pregibon Bağ Testi (*Pregibon's goodness-of-link test*) [205,206] kullanılmaktadır. İki testinde çalışma mantığı birbirine çok benzemektedir. Park testi modelin hata teriminin karesini, Pregibon testi ise bağımlı değişkenin tahmin edilen değerlerini ve karesini bağımlı değişken üzerinden regresyona koymaktadır. Tekrar regresyona koyma işleminin arkasındaki mantık işe şudur: Örneğin park testi modelin hata teriminin karesini tekrar bağımlı değişken ile regresyona koymaktadır ve çıkan sonucun istatistiksel olarak anlamsız olmasını beklemektedir. Çünkü bir ekonometri modelinin açıklanamayan kısmı hata teriminde gizlenmektedir. Eğer hata terimi karesi ile model tekrar çalıştırılır ve katsayısı anlamsız bulunur ise model üzerinde bir açıklayıcılığı yok anlamı çıkacaktır. Dolayısıyla ilk kurulan model geçerli olacaktır.

Çalışmanın bağımlı değişkeni sağlık harcamaları olduğundan bağ fonksiyonu logaritmik fonksiyon olarak seçilmiştir. Maliyet değişkenleri genellikle uygulamalarda logaritması alınarak kullanılır. Böylece verideki farklılıklar düzleştirilmiş (*smoothing*) olur. Bu nedenle emek iktisadında işçilerin ücret modellemesinde ücret değişkeninin logaritmasının alınması gibi sağlık araştırmalarında da harcama, maliyet değişkenlerinin logaritması alınmaktadır. Bu nedenle çalışmada logaritmik bağ fonksiyonunun testi yapılmıştır.

Çizelge 5.14. Düzeltilmiş Park testi ve Pregibon bağ testi sonuçları

**Düzeltilmiş Park Testi (Aile için):**

	Ki-Kare	p-değeri
<b>Gamma:</b>	3.0656	0.0800
<b>Gaussian NLLS:</b>	15.9318	0.0001
<b>Ters Gaussian veya Wald:</b>	21.3634	0.0000

**GDM Log Bağı Testi**

<b>Pregibon Bağ Testi:</b>	0.5554
----------------------------	--------

Çizelge 5.14'teki uyum testi sonuçları kurulan hipotezlerde önerilen dağılımın veya kullanılan bağ fonksiyonunun uygun olup olmadığının kararını vermektedir. Sonuçlar incelendiğinde düzeltilmiş Park testinin GLM için gamma ailesini önerdiği görülmektedir. Dikkat edildiği üzere normal dağılım (Gaussian) kullanılması test sonuçlarına göre uygun bulunmamıştır. Logaritmik bağ fonksiyonu için Pregibon bağ testi sonucuna bakıldığında ise 0.5554 p-değeri ile fonksiyonun uyumlu olduğuna dair kurulan hipotezin kabul edildiği görülmektedir. Dolayısıyla çalışmanın verisine uygulanacak GLM elde edilen bulgular ışığında gamma ailesi ve logaritmik bağ fonksiyonu ile çalıştırılmıştır (Çizelge 5.15).<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Bölüm 3.3.2.'de açıklanan ve Tablo 3.1'de sunulan gamma dağılımının bağ fonksiyonu  $g(\mu_i) = -1/\theta$  olarak bulunmuş ve ters fonksiyon olarak tanımlanmıştır. Dikkat edileceği üzere bu elde edilen sonuç teorik çıkarımdır ve gamma dağılımı ile daima ters bağ fonksiyonu kullanılacak anlamını taşımaz. Dolayısıyla uygulamada verinin tipine uygun bağ fonksiyonu seçilmelidir. Yukarıda da açıklandığı üzere maliyet değişkenlerine uygulanacak en uygun bağ fonksiyonu logaritmiktir.

Çizelge 5.15. GLM sonuçları -I-

Özellikler	Katsayı	Sth.	z	P-değeri	95% Güvenilirlik		Marjinal etki dy/dx
					Alt Sınır	Üst Sınır	
Tedavi	1.7340	0.0666	26.04	0.0000	1.6035	1.8645	<b>22,701.49 ₺</b>
<b>Yaş</b>	0.0025	0.0059	0.42	0.6730	-0.0090	0.0140	16.33 ₺
30-39	0.3791	0.1267	2.99	0.0030	0.1307	0.6275	2,928.21 ₺
40-49	0.4926	0.1568	3.14	0.0020	0.1852	0.7999	3,882.10 ₺
50-59	0.4759	0.1992	2.39	0.0170	0.0854	0.8664	3,526.51 ₺
60↑	0.4461	0.2633	1.69	0.0900	-0.0699	0.9622	3,159.35 ₺
<b>Cinsiyet</b>							
Kadın	-0.2868	0.0514	-5.58	0.0000	-0.3875	-0.1861	- 1,936.82 ₺
<b>Bölgeler</b>							
Güney Doğu Anadolu	0.1412	0.2380	0.59	0.5530	-0.3253	0.6077	997.14 ₺
Marmara	-0.0029	0.2016	-0.01	0.9890	-0.3980	0.3923	- 18.90 ₺
Ege	-0.0662	0.2086	-0.32	0.7510	-0.4750	0.3426	- 427.02 ₺
Akdeniz	0.0141	0.2111	0.07	0.9470	-0.3997	0.4278	93.66 ₺
Karadeniz	-0.0134	0.2116	-0.06	0.9490	-0.4281	0.4012	- 88.25 ₺
İç Anadolu	-0.2387	0.2024	-1.18	0.2380	-0.6354	0.1580	- 1,499.60 ₺
<b>Hastalıklar</b>							
Elixhauser indeksi	0.2182	0.0206	10.60	0.0000	0.1779	0.2585	1,441.90 ₺
Siroz	0.0380	0.0964	0.39	0.6930	-0.1509	0.2269	255.10 ₺
Kronik damar hastalıkları	0.0779	0.0906	0.86	0.3900	-0.0996	0.2555	531.84 ₺
Konjestif kalp yetmezliği	-0.3222	0.1891	-1.70	0.0880	-0.6928	0.0484	- 1,831.18 ₺
Diyaliz	1.3539	0.2521	5.37	0.0000	0.8598	1.8480	18,726.63 ₺
Solunum yolları hastalıkları	-0.1846	0.0854	-2.16	0.0310	-0.3520	-0.0173	- 1,137.37 ₺
Safra hastalığı	-0.1236	0.1514	-0.82	0.4140	-0.4204	0.1732	- 770.86 ₺
Hepatit B	0.1231	0.0749	1.64	0.1000	-0.0237	0.2700	850.05 ₺
AIDS	-0.7563	0.2457	-3.08	0.0020	-1.2380	-0.2747	- 3,535.39 ₺
Karaciğer kanseri	-0.0238	0.1952	-0.12	0.9030	-0.4063	0.3587	- 155.51 ₺
Diğer kanser türleri	0.2507	0.1285	1.95	0.0510	-0.0011	0.5025	1,863.40 ₺
Hipertansiyon	-0.1151	0.0676	-1.70	0.0890	-0.2477	0.0175	- 740.01 ₺
Diyabet	-0.0640	0.0746	-0.86	0.3910	-0.2102	0.0823	- 413.32 ₺
Psikolojik bozukluklar	0.0302	0.0786	0.38	0.7010	-0.1240	0.1843	201.69 ₺
Karaciğer nakli	1.2035	0.3532	3.41	0.0010	0.5112	1.8957	15,317.40 ₺
Kansızlık	0.1697	0.0832	2.04	0.0410	0.0067	0.3327	1,200.28 ₺
Kaşıntı	0.2271	0.1950	1.16	0.2440	-0.1551	0.6093	1,678.35 ₺
Bulantı	0.1148	0.1576	0.73	0.4660	-0.1940	0.4237	801.85 ₺
Diyare	0.1263	0.1251	1.01	0.3130	-0.1188	0.3714	884.92 ₺
<b>Hastaneler</b>							
Devlet	-0.0147	0.0942	-0.16	0.8760	-0.1994	0.1700	- 97.24 ₺
Üniversite	0.2590	0.0959	2.70	0.0070	0.0711	0.4469	1,744.33 ₺
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	0.4794	0.1492	3.21	0.0010	0.1870	0.7718	4,008.56 ₺
Sabit	7.5783	0.2771	27.35	0.0000	7.0352	8.1214	

Çizelge 5.15'teki gamma ailesi ve logaritmik bağ fonksiyonu ile çalıştırılan GLM değerlendirilirken tedavi ve kontrol grupları arasındaki değişken farklarını

gösteren marjinal etki<sup>25</sup> kısmı dikkate alınmalıdır. İki grup arasındaki sağlık harcaması farkı ise tedavi değişkeninin karşısında sunulmuştur. Tedavi değişkeni karşısındaki marjinal etkiye bakıldığında tedavi ve kontrol grupları arasındaki sağlık harcaması farkının 22,701.49 TL. olarak gerçekleştiği görülmektedir.

Dikkat edildiği üzere Çizelge 5.15'te incelenen GLM tedavi kukla değişkeni ve bölüm 5.2.4'te açıklanan kontrol değişkenleri ile oluşturulmuştur. Buna ek olarak, etkisini saptamak amacıyla bölüm 5.2.5'te elde edilen eğilim skorları PS1-PS10 değişken adları olmak üzere 10 ayrı bölüme ayrılarak modele katılmıştır. Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi eğilim skorları en küçük değerden en büyük değere doğru sıralanmış ve birbirine frekansça denk 10 ayrı bölüme ayrılmıştır. Eğilim skorlarının gruplandığı en küçük grup PS1 ve ortalaması 0.0458, en büyük grup ise PS10 ve ortalaması 0.4169'dur.

Çizelge 5.16. Bölümlere ayrılmış eğilim skorları

	N			Ort.	Std.	Min.	Max.
	Tedavi	Kontrol	Topl.				
PS1	47	1607	1654	0.0458	0.0159	0.0035	0.0660
PS2	91	1562	1653	0.0790	0.0073	0.0660	0.0910
PS3	144	1509	1653	0.1015	0.0060	0.0910	0.1115
PS4	162	1492	1654	0.1217	0.0059	0.1115	0.1319
PS5	246	1411	1657	0.1428	0.0063	0.1319	0.1538
PS6	313	1336	1649	0.1649	0.0064	0.1538	0.1764
PS7	342	1312	1654	0.1904	0.0084	0.1765	0.2055
PS8	438	1215	1653	0.2238	0.0111	0.2056	0.2444
PS9	525	1128	1653	0.2759	0.0203	0.2444	0.3151
PS10	606	1047	1653	0.4169	0.0954	0.3152	0.8500

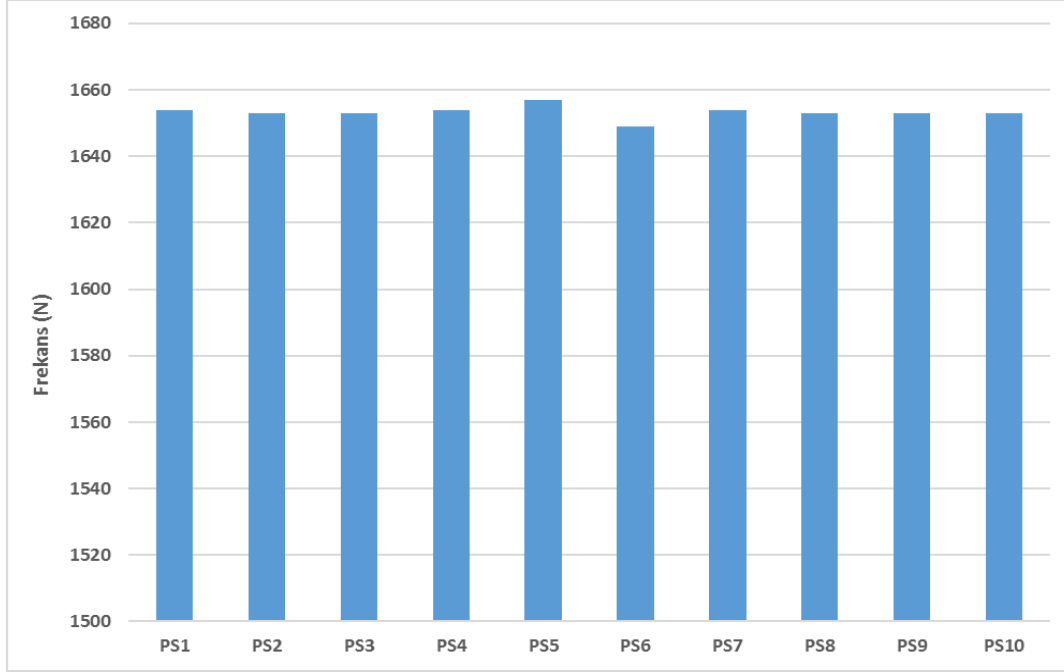
Çalışmanın örnek büyüklüğü 16,533 hastadan oluştuğundan 10'a ayrılan her bir eğilim skoru grubu 1,653 hasta içerecek şekilde elde edilmiştir. Şekil 5.4'te de

<sup>25</sup>Marjinal etki alınan türevin sayısal ifadesi olarak ifade edilmektedir.  $h$  çok küçük bir sayı olmakla birlikte  $f$  fonksiyonunda  $x$ 'in marjinal etkisi

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

olarak hesaplanmaktadır.

görüldüğü gibi 10 bölüme ayrılmış eğilim skorları grupları birbirine denk ve 1,653 hasta etrafında oluşturulmuştur.



Şekil 5.4. On bölüme ayrılmış (PS1-PS10) eğilim skorları dağılımı

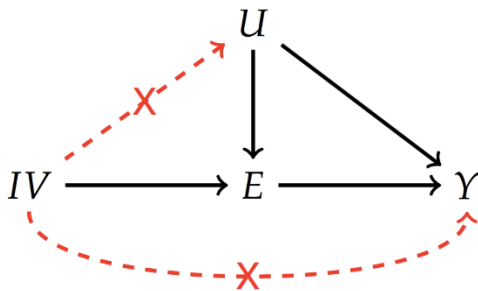
Çizelge 5.17’de PS1-PS10 eğilim skor grupları eklenerek çalıştırılmış GLM sunulmuştur. Çoklu bağlantı (*multicollinearity*) sorunu ile karşılaşmamak için Çizelge 5.15’te olduğu gibi yaş grubunda 18-29 yaş aralığı değişkeni, bölgeler grubunda Doğu Anadolu Bölgesi değişkeni, hastaneler grubunda özel hastaneler değişkeni modelde tutulmadığı gibi eğilim skorları grubundan da PS1 değişkeni modelden çıkarılmıştır. Yapılan bu düzenleme ile çalıştırılan modelin sonuçları incelendiğinde tedavi ve kontrol grupları arasındaki sağlık harcama farklılığının 22,524.25 TL. olarak gerçekleştiği gözlemlenmektedir.

Çizelge 5.17. GLM sonuçları -II-

Özellikler	Katsayı	Sth.	z	P değeri	95% Güvenilirlik		Marjinal etki dy/dx
					Alt Sınır	Üst Sınır	
Tedavi	1.7293	0.0651	26.55	0.0000	1.6017	1.8570	22,524.25 ₺
<b>Eğilim Skorları Grupları</b>							
PS 2	0.1275	0.1382	0.92	0.3560	-0.1435	0.3984	884.32 ₺
PS 3	0.1000	0.1617	0.62	0.5360	-0.2170	0.4169	685.97 ₺
PS 4	0.2936	0.1824	1.61	0.1080	-0.0640	0.6511	2,182.94 ₺
PS 5	0.1361	0.2013	0.68	0.4990	-0.2585	0.5306	947.27 ₺
PS 6	0.3843	0.2210	1.74	0.0820	-0.0488	0.8174	2,971.18 ₺
PS 7	0.3664	0.2404	1.52	0.1270	-0.1047	0.8376	2,811.10 ₺
PS 8	0.3248	0.2646	1.23	0.2200	-0.1939	0.8434	2,447.20 ₺
PS 9	0.3420	0.2973	1.15	0.2500	-0.2406	0.9246	2,596.37 ₺
PS 10	0.3357	0.3715	0.90	0.3660	-0.3924	1.0638	2,541.60 ₺
<b>Yaş</b>	0.0112	0.0091	1.24	0.2160	-0.0066	0.0290	73.85 ₺
30-39	0.2012	0.1750	1.15	0.2500	-0.1419	0.5442	1,437.90 ₺
40-49	0.2233	0.2656	0.84	0.4000	-0.2972	0.7438	1,589.65 ₺
50-59	0.0900	0.3666	0.25	0.8060	-0.6285	0.8085	605.16 ₺
60↑	0.0261	0.4236	0.06	0.9510	-0.8041	0.8563	172.50 ₺
<b>Cinsiyet</b>							
Kadın	-0.2657	0.0524	-5.07	0.0000	-0.3683	-0.1631	- 1,785.63 ₺
<b>Bölgeler</b>							
Güney Doğu Anadolu	0.0983	0.2568	0.38	0.7020	-0.4050	0.6016	678.45 ₺
Marmara	0.0049	0.1970	0.02	0.9800	-0.3813	0.3911	32.16 ₺
Ege	-0.0474	0.2032	-0.23	0.8150	-0.4458	0.3509	- 307.18 ₺
Akdeniz	0.0102	0.2076	0.05	0.9610	-0.3967	0.4171	67.41 ₺
Karadeniz	-0.0222	0.2103	-0.11	0.9160	-0.4343	0.3899	- 145.02 ₺
İç Anadolu	-0.1798	0.1993	-0.90	0.3670	-0.5705	0.2109	- 1,139.60 ₺
<b>Hastalıklar</b>							
Elixhauser indeksi	0.1788	0.0507	3.53	0.0000	0.0795	0.2781	1,178.04 ₺
Siroz	0.1802	0.1637	1.10	0.2710	-0.1406	0.5010	1,280.12 ₺
Kronik damar hastalıkları	0.0948	0.0896	1.06	0.2900	-0.0808	0.2704	649.76 ₺
Konjestif kalp yetmezliği	-0.1711	0.2339	-0.73	0.4650	-0.6295	0.2874	- 1,039.33 ₺
Diyaliz	1.4079	0.2530	5.56	0.0000	0.9120	1.9038	20,055.95 ₺
Solunum yolları hastalıkları	-0.1438	0.0960	-1.50	0.1340	-0.3319	0.0443	- 896.75 ₺
Safra hastalığı	-0.1576	0.1508	-1.05	0.2960	-0.4532	0.1380	- 964.90 ₺
Hepatit B	0.1473	0.0785	1.88	0.0600	-0.0064	0.3011	1,023.08 ₺
AIDS	-0.4697	0.3491	-1.35	0.1780	-1.1539	0.2145	- 2,481.98 ₺
Karaciğer kanseri	0.1149	0.2340	0.49	0.6240	-0.3438	0.5736	800.50 ₺
Diğer kanser türleri	0.3423	0.1544	2.22	0.0270	0.0398	0.6449	2,651.57 ₺
Hipertansiyon	-0.0821	0.0789	-1.04	0.2980	-0.2368	0.0726	- 530.21 ₺
Diyabet	-0.0197	0.0848	-0.23	0.8170	-0.1859	0.1466	- 128.70 ₺
Psikolojik bozukluklar	0.0241	0.0786	0.31	0.7590	-0.1300	0.1782	160.33 ₺
Karaciğer nakli	1.4301	0.3918	3.65	0.0000	0.6623	2.1980	20,798.48 ₺
Kansızlık	0.1681	0.0812	2.07	0.0380	0.0090	0.3272	1,184.74 ₺
Kaşıntı	0.1870	0.1906	0.98	0.3270	-0.1866	0.5606	1,350.71 ₺
Bulantı	0.1067	0.1540	0.69	0.4880	-0.1950	0.4085	740.06 ₺
Diyare	0.1563	0.1232	1.27	0.2050	-0.0853	0.3978	1,106.99 ₺
<b>Hastaneler</b>							
Devlet	-0.0673	0.1020	-0.66	0.5090	-0.2673	0.1327	- 443.01 ₺
Üniversite	0.2593	0.0934	2.78	0.0060	0.0762	0.4424	1,741.19 ₺
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	0.6369	0.1875	3.40	0.0010	0.2694	1.0044	5,759.91 ₺
Sabit	7.2202	0.3694	19.55	0.0000	6.4962	7.9442	

### 5.2.7. Enstrümantal değişken modeli uygulaması

Enstrümantal değişken yöntemi modeldeki hata terimi ile kontrol değişkeninin ilişkisi ile ortaya çıkan içsellik sorununu çözmeyi amaçlayan, bu sorunu gidermek için kullanılırken hem gözlenebilen hem de gözlenemeyen yanlılığı ortadan kaldıran etkin bir yöntemdir. Veri analizinde yaş, bölgesel veya ırksal farklılıklar gibi gözlenebilen yanlılığa neden olabilecek sorunlar önceki bölümlerde çalıştırılan GLM ve PSM yöntemleri ile çözülebilmektedir. Ancak analizde analiz çıktısını etkileyen hastalığın şiddet seviyesi, hastalık tanısında ve tedavisinde hekimin davranış şekli gibi gözlenemeyen yanlılıklarda oluşabilmektedir. Bu türden oluşabilecek yanlılığın giderilebilmesi için güçlü bir enstrümantal değişken geliştirilerek kontrol edilmesi gerekmektedir. Güçlü bir enstrümanın ( $IV$ ) ise Şekil 5.5'te görüldüğü ve bölüm 3.3'te anlatıldığı gibi öncelikle çıktı ( $Y$ ) ile direkt ilişkisi olmaması bir başka değişle ilişkinin dolaylı (*indirect*) yani kontrol değişkeni ( $E$ ) üzerinden olması, ikinci olarakta modelin hata terimi ( $U$ ) ile ilişkisi olmaması gerekmektedir. Aksi durumda enstrüman zayıf olacaktır ve bu elde edilen enstrümanın zayıf olması ile karşılaşılabilecek problemler bölüm 3.4.3'te ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 5.5. IV ilişki şeması

Çalışma için kullanılan enstrüman, bölgede bulunan hastanelerdeki Gastroentoloji ve Endokrinoloji servislerinin toplam bölgedeki hastanelere oranı olarak geliştirilmiştir. Daha sonra bu oran 3'e bölünmüş (düşük – orta – yüksek) ve 3. kısım yani elde edilen oranlardan bu servislerin en çok yoğunlukta bulunduğu kısım “GE Oran” kukla değişkeni olarak tanımlanmıştır. Çünkü HCV tanısı ve tedavisi bu iki alanın uzmanlığındadır. Dolayısıyla geliştirilen bu değişkenin tedavi ve kontrol grubuna atanan hastalara etkisinin direkt olacağı ve toplam oluşacak maliyete etkisinin bu etki üzerinden yani “Tedavi” değişkeni üzerinden dolaylı

gerçekleşeceği ön görüşünde bulunulmuştur. Yapılan bu öngörünün geçerli bir öngörü olup olmadığını göstermek aynı zamanda geliştirilen enstrümanın güçlü bir enstrüman mı yoksa zayıf bir enstrüman mı olduğunu göstermekle eş değer olacaktır. Bu nedenle öncelikle enstrümanın yani “GE Oran” değişkeninin “Tedavi” değişkeni ile olan ilişkisine bir başka değişle hastaların gruplarda bulunmasına Gastroentoloji ve Endokrinoloji servislerinin etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı kontrol edilmiştir. “Tedavi” değişkeni bağımlı değişken olarak 0 ve 1 değerlerinden oluştuğundan Çizelge 5.18’de çalıştırılan lojistik regresyon<sup>26</sup> ile enstrüman arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi enstrüman 6.46 hesaplanan z değeri ile anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla enstrümanın model içerisinde anlamlı bulunması enstrümantal değişken yöntemi bölümünde açıklanan enstrümanın geçerli olması için gereken iki koşuldan birinin sağlandığını göstermektedir.

IV’nin çıktı değişkeni olan yapılan sağlık harcamaları ile direkt ilişkisinin olmadığını yorumunu yapabilmek için ise Çizelge 5.19’da sunulan bulguları incelemek gerekmektedir. Dikkat edildiği üzere “GE Oran” değişkeninin ayrıldığı üç kısmın Çizelge 5.19’da verilen değişkenler üzerindeki dağılımları incelenmiştir. Buradaki amaç dağılımların birbirine denk olduğunu görebilmektir. Böylelikle bir grup bir diğer gruba göre baskın olmayacak ve harcama değişkeni dolaylı yünden denk seviyede etkilenecektir. Aksi takdirde bir gruba olan yoğunlaşma yanlılık yaratacak ve bilgi hata teriminde saklanacaktır. Bu amaç doğrultusunda değerlendirme yapıldığında çalışmadaki 16,533 hastanın 5,592’sinin 1. kısımda, 5,611’inin 2. kısımda ve 5,330’unun ise 3. kısımda yer aldığı görülmektedir. Yüzdeler dilim olarak ise sırasıyla yüzde 33.82, yüzde 33.94 ve yüzde 32.24’lük bir dağılım söz konusudur. Dolayısıyla gruplar arası dağılım birbirine oldukça yakındır. Değişkenler üzerinden dağılım incelendiğinde örneğin; 40-49 yaş aralığındaki hastalar örnek büyüklüğüne göre kendi aralarında ortalama yüzde 5.4 etrafında dağılırken 50-59 yaş aralığındaki hastaların kendi arasında ortalama yüzde 9.3 etrafında dağıldığı gözlemlenmektedir. İndeks tarihi öncesi 6 aylık dönemdeki hastalıklar incelendiğinde Siroz hastalığının ortalama yüzde 3 seviyesinde diyabet hastalığının ise ortalama yüzde 4.8 seviyesinde dağıldığı görülmektedir. Böylelikle

---

<sup>26</sup> Çizelge 5.18’de sunulan lojistik regresyonun ROC eğrisi altında kalan alan 0.72 ve genel sınıflama oranı ise yüzde 82’dir.

diğer değişkenler de kendi grup ortalamalarının etrafında birbirlerine oldukça yakın toplandığından yöntem uygulamasının ikinci koşulunda sağlandığına kanaat getirip uygulama aşamasına geçilmiştir.

Çizelge 5.18. IV yöntemi enstrüman testi

Tedavi	Odds			P-değeri	95% Güvenilirlik	
	Oranı	Std	z		Alt Sınır	Üst Sınır
Yaş	0.9485	0.0053	-9.48	0.0000	0.9382	0.9589
30-39	2.3881	0.3013	6.90	0.0000	1.8649	3.0580
40-49	4.7705	0.7383	10.10	0.0000	3.5223	6.4608
50-59	9.8859	1.9202	11.80	0.0000	6.7559	14.4660
60↑	11.8913	2.9976	9.82	0.0000	7.2554	19.4895
Kadın	0.8905	0.0394	-2.62	0.0090	0.8166	0.9711
Güney Doğu Anadolu	2.3430	0.4600	4.34	0.0000	1.5946	3.4427
Marmara	1.4452	0.2600	2.05	0.0410	1.0158	2.0561
Ege	1.2280	0.2258	1.12	0.2640	0.8565	1.7608
Akdeniz	1.4640	0.2703	2.06	0.0390	1.0195	2.1023
Karadeniz	1.4075	0.2579	1.87	0.0620	0.9828	2.0157
İç Anadolu	1.0025	0.1800	0.01	0.9890	0.7050	1.4254
Siroz	0.3368	0.0325	-11.27	0.0000	0.2787	0.4069
Kronik damar hastalıkları	0.8821	0.0686	-1.61	0.1070	0.7573	1.0274
Konjestif kalp yetmezliği	0.3012	0.0585	-6.18	0.0000	0.2059	0.4406
Diyaliz	0.6551	0.1258	-2.20	0.0280	0.4497	0.9544
Solunum yolları hastalıkları	0.6740	0.0485	-5.48	0.0000	0.5853	0.7761
Safra hastalığı	1.2919	0.1529	2.16	0.0300	1.0245	1.6291
Hepatit B	0.7733	0.0489	-4.07	0.0000	0.6832	0.8753
AIDS	0.1105	0.0472	-5.16	0.0000	0.0478	0.2552
Karaciğer kanseri	0.2998	0.0718	-5.03	0.0000	0.1875	0.4793
Diğer kanser türleri	0.5036	0.0586	-5.89	0.0000	0.4008	0.6327
Hipertansiyon	0.6993	0.0404	-6.20	0.0000	0.6245	0.7830
Diyabet	0.7151	0.0469	-5.12	0.0000	0.6288	0.8131
Psikolojik bozukluklar	1.1206	0.0695	1.84	0.0660	0.9924	1.2655
Karaciğer nakli	0.1885	0.0853	-3.69	0.0000	0.0776	0.4578
Kansızlık	1.0094	0.0696	0.14	0.8920	0.8818	1.1554
Kaşıntı	1.1100	0.1740	0.67	0.5050	0.8164	1.5092
Bulantı	1.1228	0.1439	0.90	0.3660	0.8734	1.4434
Diyare	0.9220	0.0986	-0.76	0.4470	0.7477	1.1369
Elixhauser indeksi	1.4450	0.0237	22.41	0.0000	1.3992	1.4923
Devlet	1.4123	0.1198	4.07	0.0000	1.1959	1.6677
Üniversite	1.0056	0.0885	0.06	0.9490	0.8463	1.1949
Ölüm (bir yıl içerisinde)	0.3647	0.0683	-5.38	0.0000	0.2526	0.5265
<b>GE Oran</b>	<b>1.4011</b>	<b>0.0731</b>	<b>6.46</b>	<b>0.0000</b>	<b>1.2649</b>	<b>1.5520</b>
Sabit	0.1985	0.0498	-6.44	0.0000	0.1214	0.3246

Çizelge 5.19. GE Oran dağılımı

	GE Oran							
	1 (Düşük)		2 (Orta)		3 (Yüksek)		Toplam	
	N	%	N	%	N	%	N	%
	5592	33.82%	5611	33.94%	5330	32.24%	16533	100.00%
<b>Yaş</b>								
18-29	675	4.08%	540	3.27%	279	1.69%	1494	9.04%
30-39	623	3.77%	610	3.69%	486	2.94%	1719	10.40%
40-49	942	5.70%	881	5.33%	872	5.27%	2695	16.30%
50-59	1529	9.25%	1530	9.25%	1555	9.41%	4614	27.91%
60↑	1823	11.03%	2050	12.40%	2138	12.93%	6011	36.36%
<b>Cinsiyet</b>								
Kadın	3109	18.80%	3125	18.90%	3088	18.68%	9322	56.38%
<b>Hastalıklar</b>								
Elixhauser	2.1		2.1		2.2			
Siroz	466	2.82%	511	3.09%	506	3.06%	1483	8.97%
Safra hastalığı	124	0.75%	158	0.96%	178	1.08%	460	2.78%
Hepatit B	952	5.76%	773	4.68%	758	4.58%	2483	15.02%
AIDS	119	0.72%	54	0.33%	6	0.04%	179	1.08%
Kronik damar hastalıkları	487	2.95%	485	2.93%	516	3.12%	1488	9.00%
Konjestif kalp yetmezliği	83	0.50%	103	0.62%	121	0.73%	307	1.86%
Diyaliz	72	0.44%	65	0.39%	29	0.18%	166	1.00%
Solunum yolları hastalıkları	508	3.07%	595	3.60%	745	4.51%	1848	11.18%
Karaciğer kanseri	106	0.64%	93	0.56%	87	0.53%	286	1.73%
Diğer kanser türleri	238	1.44%	256	1.55%	196	1.19%	690	4.17%
Hipertansiyon	1372	8.30%	1308	7.91%	1542	9.33%	4222	25.54%
Diyabet	777	4.70%	803	4.86%	814	4.92%	2394	14.48%
Psikolojik bozukluklar	538	3.25%	658	3.98%	782	4.73%	1978	11.96%
Karaciğer nakli	33	0.20%	25	0.15%	24	0.15%	82	0.50%
Kansızlık	546	3.30%	588	3.56%	620	3.75%	1754	10.61%
Kaşıntı	91	0.55%	88	0.53%	102	0.62%	281	1.70%
Bulantı	139	0.84%	120	0.73%	172	1.04%	431	2.61%
Diyare	215	1.30%	225	1.36%	257	1.55%	697	4.22%
<b>Ölüm (bir yıl içerisinde)</b>	122	0.74%	124	0.75%	114	0.69%	360	2.18%

Enstrümantal değişken uygulaması iki aşamalı en küçük kareler yöntemi ile elde edilmiştir. Dolayısıyla anımsanacağı gibi öncelikle ilk aşama regresyonunda enstrümanla çalışan modelin uyumlu değerleri hesaplanacak ve ikinci aşama olarak

elde edilen bu değerler ana modelde yerine konularak tahmin gerçekleştirilecektir. Dikkat edileceği gibi Çizelge 5.18'de çalıştırılan model uygulamanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Çünkü enstrüman diğer kontrol değişkenleri ile birlikte modelde kullanılmıştır.  $T$  tedavi değişkeni,  $GE$  enstrümantal değişken ve  $X$  diğer kontrol değişkenleri olmak üzere

$$T = \beta_{1i}X_i + \beta_2GE + u \quad (5.1)$$

modeli çalıştırılmış ve  $\beta_2$  katsayısı anlamlı bulunmuştur. Bu sefer 5.1 modelinden tahmin edilecek  $\hat{T}$  uyumlu değerlerinin ikinci aşamayı oluşturacak,  $Y$  sağlık harcaması değişkeni olmak üzere

$$Y = \gamma_{1i}X_i + \gamma_2\hat{T} + v \quad (5.2)$$

modelinde kullanılması gerekmektedir. Bir başka ifade ile  $\hat{T}$  uyum değerleri ilk modelin hata terimi,  $r$  ile  $T$  değişkeninin toplamından elde edildiği için

$$Y = \phi_{1i}T + \phi_{2i}X_i + \phi_3r + \epsilon \quad (5.3)$$

modeli tahminde kullanılmaktadır. Böylelikle tedavi değişkeni üzerinden gruplar arası karşılaştırma olanağı ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla 5.3 modeli ile yöntem ilk aşamadaki modelin hata terimlerini ikinci aşama modelinin içinde kullanarak sonuca gitmektedir [207,208].

5.1 ve 5.3 modelleri kullanılarak yapılan iki aşamalı enstrümantal değişken yönteminin sonuçları Çizelge 5.20'de sunulmuştur. Tablodaki tedavi ve kontrol grupları arasındaki değişken farklarını gösteren marjinal etki kısmı incelendiğinde iki grup arasındaki sağlık harcaması farkının 20,136.94 TL. olduğu görülmektedir.<sup>27</sup>

Çizelge 5.20'de sunulan tablo modelde kullanılan diğer kontrol değişkenleri için de önemli yorumlar içermektedir. Örneğin diyaliz ve karaciğer nakli pahalı

<sup>27</sup> Dikkat edildiği üzere 5.3 modeli normal dağılım varsayımlarına dayanan standart regresyon modeline uymadığından GLM'nin veri yapısına uygun olan logaritmik bağ fonksiyonu ve gamma ailesi biçimi kullanılmıştır.

işlemler olduğundan tabloda istatistiksel açıdan anlamlı ve harcama artırıcı unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 5.20. IV yöntemi sonuçları

Toplam Harcama	Katsayı	Std.	z	P değeri	95% Güvenilirlik		Marjinal etki dy/dx
					Alt Sınır	Üst Sınır	
Tedavi	1.6204	0.1547	10.48	0.0000	1.3173	1.9235	<b>20,136.94 ₺</b>
Yaş	0.0018	0.0060	0.30	0.7670	-0.0099	0.0134	11.65 ₺
30-39	0.3934	0.1286	3.06	0.0020	0.1412	0.6455	3,056.80 ₺
40-49	0.5147	0.1600	3.22	0.0010	0.2012	0.8283	4,090.02 ₺
50-59	0.5096	0.2045	2.49	0.0130	0.1087	0.9105	3,809.00 ₺
60↑	0.4799	0.2679	1.79	0.0730	-0.0453	1.0050	3,417.52 ₺
Kadın	-0.2884	0.0517	-5.58	0.0000	-0.3897	-0.1871	- 1,947.45 ₺
Güney Doğu Anadolu	0.1595	0.2403	0.66	0.5070	-0.3115	0.6305	1,136.28 ₺
Marmara	0.0034	0.2028	0.02	0.9870	-0.3941	0.4009	22.42 ₺
Ege	-0.0635	0.2097	-0.30	0.7620	-0.4744	0.3475	- 409.68 ₺
Akdeniz	0.0199	0.2123	0.09	0.9250	-0.3962	0.4361	132.81 ₺
Karadeniz	-0.0057	0.2129	-0.03	0.9790	-0.4229	0.4116	- 37.32 ₺
İç Anadolu	-0.2368	0.2035	-1.16	0.2450	-0.6356	0.1620	- 1,487.76 ₺
Siroz	0.0243	0.0984	0.25	0.8050	-0.1685	0.2171	162.05 ₺
Kronik damar hastalıkları	0.0754	0.0911	0.83	0.4080	-0.1032	0.2540	513.69 ₺
Konjestif kalp yetmezliği	-0.3342	0.1906	-1.75	0.0800	-0.7079	0.0394	- 1,888.83 ₺
Diyaliz	1.3484	0.2535	5.32	0.0000	0.8516	1.8453	18,586.38 ₺
Solunum yolları hastalıkları	-0.1887	0.0860	-2.20	0.0280	-0.3572	-0.0202	- 1,160.53 ₺
Safra hastalığı	-0.1192	0.1523	-0.78	0.4340	-0.4178	0.1793	- 745.14 ₺
Hepatit B	0.1170	0.0757	1.55	0.1220	-0.0314	0.2654	805.82 ₺
AIDS	-0.7779	0.2484	-3.13	0.0020	-1.2649	-0.2910	- 3,602.36 ₺
Karaciğer kanseri	-0.0340	0.1966	-0.17	0.8630	-0.4194	0.3513	- 221.27 ₺
Diğer kanser türleri	0.2424	0.1296	1.87	0.0610	-0.0116	0.4964	1,794.13 ₺
Hipertansiyon	-0.1199	0.0683	-1.76	0.0790	-0.2537	0.0139	- 769.91 ₺
Diyabet	-0.0692	0.0753	-0.92	0.3580	-0.2167	0.0784	- 445.90 ₺
Psikolojik bozukluklar	0.0335	0.0792	0.42	0.6720	-0.1217	0.1886	223.97 ₺
Karaciğer nakli	1.1880	0.3556	3.34	0.0010	0.4911	1.8849	14,978.97 ₺
Kansızlık	0.1702	0.0836	2.04	0.0420	0.0063	0.3341	1,204.11 ₺
Kaşıntı	0.2295	0.1961	1.17	0.2420	-0.1548	0.6138	1,697.75 ₺
Bulantı	0.1172	0.1584	0.74	0.4600	-0.1934	0.4277	819.00 ₺
Diyare	0.1243	0.1257	0.99	0.3230	-0.1221	0.3708	870.22 ₺
Elixhauser indeksi	0.2222	0.0212	10.46	0.0000	0.1806	0.2639	1,468.25 ₺
Devlet	-0.0085	0.0950	-0.09	0.9290	-0.1948	0.1778	- 56.23 ₺
Üniversite	0.2604	0.0964	2.70	0.0070	0.0715	0.4493	1,753.52 ₺
Ölüm (bir yıl içerisinde)	0.4702	0.1504	3.13	0.0020	0.1754	0.7650	3,912.40 ₺
Hata terimi	0.0465	0.0572	0.81	0.4170	-0.0657	0.1586	306.95 ₺
Sabit	7.6002	0.2797	27.17	0.0000	7.0520	8.1484	

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 01 Ocak 2009 ve 31 Aralık 2011 tarihleri arasında tedavi ve kontrol gruplarına ayrılan HCV tanısı almış hastaların yapmış olduğu sağlık harcamaları üç farklı risk uyumlu ekonometrik model üzerinden karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları hesaplanan sağlık harcamaları farklarına göre küçükten büyüğe doğru sıralanarak Çizelge 6.1'de sunulmuştur.

İlk olarak PSM yöntemi eğilim skorlarının standart sapmasının yüzde 25'lik kaliper bandı aralığında uygulanmıştır. Uygulanan bu kaliper band aralığı ile 2,914 tedavi grubu hastası hiç hasta kaybı yaşanmadan kontrol grubunda bulunan 13,619 hastadan 2,914'ü ile eşleşmiştir. Eşleşme sonrası yapılan gruplar arası sağlık harcamaları farkı ise 23,259.44 TL. olarak gerçekleşmiştir. Daha sonra kaliper bandı 0.01 ve 0.001 aralıklarında daraltılmış ve bu daraltılmış eşleşme sonucunda karşılaştırılan gruplar arasında sırasıyla 2 ve 62 hasta eşleşmemiştir. Dolayısıyla gruplar 0,01 kaliper bandında 2,912, 0.001 kaliper bandında ise 2,852 hasta üzerinden oluşmuştur. Sağlık harcamaları farkı ise 0.01 kaliper bandında 23,205.12 TL. olarak hesaplanırken 0.001 kaliper bandında 118.63 TL.'lık bir fark ile 23,086,49 TL. olarak hesaplanmıştır.

Karşılaştırılan gruplar arasında oluşan sağlık harcamalarındaki farklılığı saptamak amacıyla uygulanan ikinci yöntem ise GLM olmuştur. GLM yöntemi için öncelikle bağımsız değişkenin dağılım ailesi ve modelde kullanılacak bağ fonksiyonu belirlenmiştir. Yapılan uyum testleri sonucunda model gamma dağılım ailesi ve logaritmik bağ fonksiyonu üzerinden çalıştırılmıştır. Çalıştırılan model sonucunda elde edilen sağlık harcamaları farkı 22,701.49 TL. olarak gerçekleşmiştir. Bir sonraki aşamada ise modele çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlere ek olarak PSM yöntemi ile elde edilen eğilim skorları 10 parçaya bölünerek eklenmiştir. Bu model sonucunda ise sağlık harcamaları farkı 22,524.25 TL. olarak bulunmuştur.

Son olarak IV yöntemi uygulanarak tedavi ve kontrol grupları arasındaki sağlık harcamaları farkı ortaya konmuştur. IV yönteminde kullanılacak enstrüman için öncelikle bölgede bulunan hastanelerdeki Gastroentoloji ve Endokrinoloji servislerinin toplam bölgedeki hastanelere oranı hesaplanmış ve bu hesaplanan

oran düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Daha sonra yüksek olarak belirlenen 3. kısım bir başka değişle anılan servislerin en çok yoğunlukta bulunduğu kısım enstrümantal değişken olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan entrümanın güçlü bir entrüman olduğu ve sağlık harcamalarını direkt olarak etkilemediği gösterildikten sonra iki aşamalı en küçük kareler yöntemi ile IV uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonucunda ise tedavi ve kontrol grupları arası sağlık harcamaları farkı 20,136.94 TL. olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.1. Tedavi ve kontrol grupları arası sağlık harcamaları farkları

Model	Fark
IV	20,136.94 ₺
GLM (PS1-PS10 eklenmiş)	22,524.25 ₺
GLM	22,701.49 ₺
PSM (Kaliper= 0,001)	23,086.49 ₺
PSM (Kaliper= 0,01)	23,205.12 ₺
PSM (Kaliper= 1/4.std)	23,259.44 ₺

Çizelge 6.1’de gördüğü gibi PSM ve GLM yöntemlerinden elde edilen sonuçlar birbirine yakındır. Bu benzerliğin nedeni Bölüm 3’te anlatıldığı gibi her iki yöntemde gözlenebilen yanlılığı kontrol etmesinden kaynaklanmaktadır. Shah ve diğerlerinin 2005’te yayınladıkları makalede PSM ve GLM yöntemini kullanan 43 farklı çalışma incelenmiş ve sadece çalışmaların yüzde 10’unda yöntemler arası anlamlı farklılıklar saptanmıştır [209]. Stürmer ve diğerlerinin 2006 yılında yayınladıkları makaleye göre ise anılan yöntemlerin uygulandığı 69 çalışma ele alınmış ve bu 69 çalışmadan 9’unda yöntemler arası fark yüzde 20’nin üzerinde

çıkıştır [210]. Bu tez çalışmasında da kullanılan PSM ve GLM yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasındaki fark yüzde 3.3'ü geçmemektedir.

Güçlü enstrümanın kullanılması koşulu ile IV yöntemi diğer PSM ve GLM yöntemlerine göre daha üstün bir yöntemdir. Bunun nedeni IV yönteminin diğer yöntemler gibi sadece gözlenebilen yanlılığı değil gözlenemeyen yanlılığı da kontrol edebilmesinden kaynaklanmaktadır.<sup>28</sup> Öte yandan, yapılan çalışmalar zayıf bir enstrümanın kullanılması durumunda tedavinin hastalıktan daha kötü sonuçlar vereceğini ortaya koymaktadır [8,10]. Bu tez çalışmasında HCV hastasının tedavi mi yoksa kontrol grubunda mı yer alması gerektiğine karar veren ve yapılan testlerle kanıtlanan güçlü bir enstrüman kullanılmıştır. Dolayısıyla tedavi alan HCV hastaları ile tedavi almayan HCV hastaları arasındaki gerçek sağlık harcaması farkı 20,136.94 TL.'dir.

Dikkat edildiği üzere veri tipine uygun ekonometrik modeller kullanılmadığında elde edilen fark 24,313.87 TL. olarak bulunmuştu (Çizelge 5.5). Görüldüğü gibi IV yöntemine göre, tedavi alan HCV hastaları ile tedavi almayan HCV hastaları arasındaki sağlık harcaması farkı hasta başına 4,176.93 TL. daha fazla hesaplanmıştır. Çalışmadaki örnek büyüklüğü olan 24,974 HCV hastasının tamamının tedavi altına alındığı düşünülüğünde ise hesaplanan fazlalık yaklaşık olarak 105 Milyon TL. olmaktadır. Böylelikle ülkemizde verideki yanlılığın da kontrol edilerek HCV hastalığının tedavisi için yapılması gereken sağlık harcamaları gerçek anlamda ilk defa ortaya çıkartılmıştır. Aynı zamanda risk uyumlu modeller kullanılarak çok sınırlı sayıda uluslararası çalışma bulunan literatürdeki konuyla ilgili önemli bir boşluk doldurulmuş olup karar verici mekanizmanın elde edilen sonuçlar ışığında politika belirlemesine yardımcı olunmuştur. Dolayısıyla yapılan bu çalışmanın katkısı ile belirlenecek politikalar ülkemiz sağlık bütçesini doğrudan etkileyeceği gibi HCV hastalarının tedaviye başlatılıp başlatılmayacağı gibi çok önemli bir konuya da yön verecektir.

---

<sup>28</sup> Çalışmada kullanılan GLM ve IV modelleri için karşılaştırma ölçütü olarak AIC (Akaike Bilgi Kriteri - *Akaike Information Criterion*) kullanılmış ve ölçüt değerler sırasıyla 19.6 ve 19.0 çıkmıştır. IV modelinin daha az ölçüm değerine sahip olması beklenen bir sonuçtur. Ancak farkın az olması enstrümanın gücü hakkında bilgi vermeyeceği gibi IV modelinin tercih edilmesinin sağlık verisindeki gözlenemeyen yanlılığı da kontrol etmesinden kaynaklı olduğu dikkat edilmesi gereken husustur.

Sonuç olarak; tedavi alan HCV hastaları ile tedavi almayan HCV hastaları arasındaki gerçek sağlık harcaması farkı 20,136.94 TL.'dir. Dolayısıyla karar verici mekanizma belirleyeceği politikaları geçerliliği sağlanan ekonometrik yöntemlerin sonuçları doğrultusunda belirlemelidir. Ayrıca bu tez çalışmasında veri tipine uygun olarak seçilen ekonometrik modeller sadece HCV hastaları üzerinden çalıştırılmıştır. ICD-10 sınıflamasına göre 2,000'in üzerinde ana hastalık grubu bulunmaktadır ve bu hastalıkları tedavi etmekte yaklaşık 19,000 ilaç kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu tez çalışmasında Bölüm 5'te bütün ayrıntıları ile anlatılan yöntemler doğrultusunda diğer hastalık ve tedavi çeşitleri incelenmeli ve gerçek sağlık harcamaları ortaya çıkarılarak politika yapıcıya sunulmalıdır.



## KAYNAKLAR

1. T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Hıfzıssıhha Mektebi Müdürlüğü (2006). *Türkiye Ulusal Sağlık Hesapları Hane Halkı Sağlık Harcamaları 2002-2003*. (Birinci Baskı), Ankara: Bakanlık Yayın No: 691.
2. Hanson, K. and Berman, P. (1998). Private Health Care Provision in Developing Countries: A Preliminary Analysis of Levels and Composition. *Health Policy and Planning*, 13(3), 195-211.
3. Öztürk, S. ve Uçan, O. (2017). Türkiye’de Sağlık Harcamalarında Artış Nedenleri: Sağlık Harcamalarında Artış-Büyüme İlişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 139-152.
4. Baser, O. (2007). Choosing Propensity score Matching Over Regression adjustment for Casual Inference: When, Why and How It Makes Sense. *Journal of Medical Economics*(10), 379-391.
5. Rosenbaum, P.and Rubin, D. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
6. Nelder, J. A. and Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*,135(3),370-384.
7. Baser, O. (2006). Too much ado about propensity score models? Comparing methods of propensity score matching. *Value in Health* (9), 377-385.
8. Baser, O. (2009). Too Much Ado about Instrumental Variable Approach: Is the Cure Worse Than The Disease? *Value in Health*, 12(8), 1201-1209.
9. Stukel, T.A., Fisher, E.S., Wennberg, D.E., Alter, D.A., Gottlieb, D.J. and Vermeulen, M.J. (2007). Analysis of Observational Studies in the Presence of Treatment Selection Bias: Effects of Invasive Cardiac Management on AMI Survival Using Propensity Score and Instrumental Variable Methods. *JAMA*, 297(3), 278.
10. Staiger, D.and Stock, J. (1997). Instrumental Variables Regression with Weak Instruments. *Econometrica*, 65, 557–586.
11. İnternet: Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference. (June, 1946). *WHO definition of Health*. Web: <http://www.who.int/about/definition/en/print.html> adresinden 3 Ocak 2014’de alınmıştır.
12. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2011). *Sağlığın Teşviki ve Geliştirilmesi Sözlüğü*. (Birinci Baskı), Türkiye: Anıl Matbaacılık, 1.

13. Atabey, E.S. (2012).*Sağlık Sistemleri ve Sağlık Politikası*. Ankara: Gazi Kitabevi,6.
14. Bircher, J. (2005). Towards a dynamic definition of health and disease. *Medicine, Health Care and Philosophy*, 8(3), 335-376.
15. Saracci, R. (1997). The World Health Organisation needs to reconsider its definition of health.*British Medical Journal*, 314(7091), 1409-1419.
16. Parsons, T. (1972). *Definitions of health and illness in the light of American values and social structures*. Patients, physicians, and illness. New York: Serbest Baskı, 10.
17. İnternet: Sağlık. (2016). *Sağlık tanımı*. Web: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sağlık> adresinden 12 Mart 2016'da alınmıştır.
18. Dunn, H.L. (1977). What high level wellness means. *Health Values*, 1(1), 9-16.
19. Dunn, H.L. (1959). High Level Wellness for Man and Society. *American Journal of Puplic Health*, 49(6), 788.
20. Üstün, B. and Jakob, R. (2005). Calling a spade a spade: Meaningful definitions of health conditions. *Bulletin of the World Health Organization*,83(11), 802.
21. Belek, İ., Onuroğulları, H., Nalçacı, E. ve Ardıç, F. (1998). *Türkiye için sağlık tezi*. İstanbul: Sorun Yayıncılık, 25.
22. T.C. Sağlık Bakanlığı. (1961). *Sağlık hizmetlerinin sosyalleştirilmesi hakkında kanun*. 10795(224), madde 2.
23. T.C. Sağlık Bakanlığı, Tedavi Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2011).*Türkiye'de Özellikli Planlama Gerektiren Sağlık Hizmetleri* (Yayın No: 836). Ankara: AG Design, Önsöz, Sunuş.
24. Hekimler ve Tabip Odası Yöneticileri için Mevzuat (2007). *Temel Sağlık Hizmetleri Uluslararası Konferansı*. Alma Ata Bildirisi.
25. İnternet: T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu. (2016). *Hastanelerin sektörlere göre dağılımı*. Web: <http://rapor.saglik.gov.tr/istatistik/rapor/> adresinden 14 Aralık 2016'da alınmıştır.
26. Altay, A. (2007). Sağlık Hizmetlerinin Sunumunda Yeni Açılımlar ve Türkiye Açısından Değerlendirmesi. *Sayıştay Dergisi*, 64, 33-58.
27. İnternet: Aktan, C.C. ve Işık, K.A. (2007).*Sağlık Hizmetlerinin Sunumu Ve Alternatif Yöntemler*. Değişim Çağında Sağlık Hizmetleri. Web: <http://www.canaktan.org/ekonomi/saglik-degisim-caginda/pdf-aktan/sunum-alternatif.pdf> adresinden 10 Haziran 2016'da alınmıştır.
28. İnternet: Murat. (2014). *Sağlık hizmetleri nelerdir? Sağlık hizmetleri kaçaya ayrılır?* Web: <http://www.bilgiduragi.com/konu/saglik-hizmetleri-nelerdir-kisaca.2701/> adresinden 03 Aralık 2016'da alınmıştır.

29. Lee, K. (2001). An Overview of Global Health and Environmental Risks (çev. O. Hayran). *Yeni Türkiye Özel Sayısı*, 2(40).
30. Akyıldız, N. (2001). Türkiye’de Temel Sağlık Hizmetleri. *Yeni Türkiye Özel Sayısı*, 39.
31. İnternet: SGK Rehberi (2013). *Kişiyeye yönelik koruyucu sağlık hizmetleri nelerdir?* Web: <http://www.sgkrehberi.com/haber/25285> adresinden 12 Şubat 2016’da alınmıştır.
32. T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara İl Sağlık Müdürlüğü. (2014). *Aile Hekimliği Uygulaması Nedir?*El kitapçığı, 3.
33. Bulutoğlu K. (2001). *Kamu Ekonomisine Giriş, Demokraside Devletin Ekonomik Bir Kuramı*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınevi, 271.
34. Gazi, A., Tengilimoğlu, D., Top M. ve Tarcan, M. (2009). Sağlık Bakanlığı’na Bağlı Hastanelerde Performansa Dayalı Ek Ödeme Sisteminin (PDEOS) Personel Tarafından Değerlendirilmesi: Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Örneği. *Finans Politik&Ekonomik Yorumlar*, 46(538), 53-73
35. İnternet: Akdur, R. (1999). Türkiye’de Sağlık Hizmetleri ve Avrupa Topluluğu Ülkeleri İle Kıyaslama. *A.Ü.T.F. Halk Sağlığı Anabilim Dalı*.Web:[http://www.recepakdur.com/upload/ab\\_turkiye\\_kiyaslama.pdf](http://www.recepakdur.com/upload/ab_turkiye_kiyaslama.pdf) adresinden 15 Mart 2016’da alınmıştır.
36. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2008).*Hasta ve Yaşlı Hizmetleri Sağlığını Koruma*. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara,32.
37. Kavuncubaşı, Ş. ve Kısa, A. (2002). *Sağlık Kurumları Yönetimi*. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, Önlisans Programı. 1429(767), 26-41.
38. Altındiş, M. (2012). *Sağlık ve Sağlık Hizmetleri*. *Sağlık Kurumları Yönetimi-I*. Atatürk Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi.5-10.
39. Başer, D.A, Kahveci, R., Koç, M., Kasım., Şencan, İ. ve Özkara, A. (2015). Etkin Sağlık Sistemleri İçin Güçlü Birinci Basamak. *Ankara Medical Journal*, 15(1).
40. Öcek, Z. ve Soyer, A. (2007). *Birinci Basamak Sağlık Hizmetleri Birikimimiz: 2000-2004 Türkiye Fotoğrafı*. Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları, 11.
41. Starfield B. (2003). *The Effectiveness of Primary Health Care*. Chapter 1. In: Lakhani M, Southgate L, eds. *A Celebration of General Practice*. Oxon, UK: Radcliffe, 19-36.
42. Allen, J. and Gay B. (2002). *The European Definition of General Practice/Family Medicine*. WONCA EUROPE 2011 Edition, 8-12.
43. Kringos, D.S., Boerma, W.G.W., Hutchinson, A., Van, der Zee, J.andGroenewegen, P.P. (2010). *The Breadth of Primary Care: A Systematic Literature Review of Its Core Dimensions*. BMC Health Services Research, 10-65.

44. Starfield, B., Shi L. and Macinko, J., (2005).Contribution of Primary care to Health Systems and Health. *The Milbank Quarterly*,83(3), 457-502.
45. Starfield, B. (2006). State of the Art in Research on Equity in Health.*Journal of Health Politics, Policy and Law*, 31(1).
46. Macinko, J. and Starfield, B. (2009). The Impact of Primary Healthcare on Population Health in Low- and Middle- Income. *Journal of Ambulatory Care Management*, 32(2), 50-171.
47. T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu. (2012). *Sağlık Uygulama Tebliği*. Sağlık Hizmetleri sunucuları. Madde: 2.1. Sağlık Kuruluşları.
48. Demirbilek, S. ve Çolak, M. (2008). Sağlık Hizmetlerinde Kalite: Manisa İli Örneği.*Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, 91-111.
49. Dinçer. T., Kavuncubaşı, Ş. ve Aloğlu, E. (1994). Tedavi Edici Sağlık Hizmetlerinin Kullanımı. *Toplum ve Hekim*, 8(62), 115-121.
50. Çetinyalçın, İ. ve Oğuz, H. (1995). H.- *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon: Anlamı, Amacı, Dünü, Bugünü, Yarını*. Tıbbi Rehabilitasyon. *Nobel Tıp*, 1-16.
51. İnternet: Kalyon, T. (2008). *Tıbbi Rehabilitasyon*. Sağlıklı Bir Yaşam İçin. Web: <http://tuncalpkyon.com/2008/09/22/tibbi-rehabilitasyon/> adresinden 10 Eylül 2016'da alınmıştır.
52. İnternet: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2016). *Hasta ve Yaşlı Hizmetleri*. Rehabilitasyon Hizmetleri. Web: <http://www.megep.meb.gov.tr/mteprogram/modul/moduller/Rehabilitasyon%20Hizmetleri.pdf> adresinden 11 Eylül 2016 'da alınmıştır.
53. Hecht, R. and Mosgrove P. (1993). Rethinking The Government's Role in Health. *Finance and Development*. 30(3).
54. Orhaner E. (2006). Türkiye'de Sağlık Hizmetlerinin Finansmanı ve Genel Sağlık Sigortası. *Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1.
55. Lee, K. and Goodman, H. (2002). Global Policy Networks: The Propagation of Health Care Financing Reform Since the 1980s. *Health Policy in a Globalising World*, 97-119.
56. Mossialos, E. and Dixon, A. (2002). Funding Health Care: An Introduction. *Funding Health Care: Options for Europe*. 1-30.
57. Güvercin, A., Mil, H.B. ve Tarım, B. (2016). Sağlık Hizmetlerinin Finansmanı ve Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK). *Bartın İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(13), 81-92.
58. İnternet: Aktan, C.C., Işık, K.A. (2007).*Sağlık Hizmetlerinin Finansmanı ve Alternatif Yöntemler*.Değişim Çağında Sağlık Hizmetleri. Web: <http://www.canaktan.org/ekonomi/saglik-degisim-caginda/pdf-aktan/finansmanalternatif.pdf> adresinden 19 Ağustos 2016'da alınmıştır.

59. Ferranti, D.D. (1985). *Paying For Health Services in Developing Countries: An Overview*. World Bank Staff Working Paper, The WorldBank, Washington, DC. USA, 721.
60. Getzen, T. (1997). *Health Economics: Fundamentals and Flows Of Funds*. Healthcare Financial Management. New York: Temple University Press.
61. İnternet: Ekici, D. (2013). *Sağlık Finansman Yöntemleri*. Sağlık Finansmanı. Web: <http://www.dilekekici.com/bilgi/saglik-finansman-yontemleri/> adresinden 16 Aralık 2016'da alınmıştır.
62. Wild, C. and Gibis, B. (2003). Evaluations of health interventions in social insurance-ased countries: Germany, the Netherlands and Austria. *Health Policy*, 63, 187-196.
63. Tatar M. (2011). *Sağlık Hizmetlerinin Finansman Modelleri: Sosyal Sağlık Sigortasının Türkiye'de Gelişimi*. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 1, 103.
64. Murray, C.J. and Frenk, J. (2000). A Framework for Assessing th Performance of Health Systems. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(6),724.
65. İstanbulluoğlu, H., Güleç, M. ve Oğur R. (2010). Sağlık Hizmetlerinin Finansman Yöntemleri. *Dirim Tıp Gazatesi*, 2,89.
66. Atasever, M. (2014). *Türkiye Sağlık Hizmetlerinin Finansmanı ve Sağlık Harcamalarının analizi 2002-2013 Dönemi*. T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara, Yayın No: 983.
67. Adıgüzel, O. ve Özkan, D.S. (2013). Sağlıkta Dönüşüm Programı Hakkında Kavramsal Çerçeve. *Sosyal Güvenlik Dünyası Dergisi*, 16(87),23-36.
68. Sülkü, S.N. (2011). *Türkiye'de Sağlıkta Dönüşüm Program Öncesi ve Sonrasında Sağlık Hizmetlerinin Sunumu*. Finansmanı ve Sağlık Harcamaları. T.C. Maliye Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara, 2011/414.
69. Yıldırım, H.H. (2013). *Türkiye Sağlık Sistemi: Sağlıkta Dönüşüm Programı Değerlendirme Raporu*. Sağlık ve Sosyal Hizmet Çalışanları Sendikası, (Birinci Baskı), Ankara: Sağlık-Sen Yayınları-21.
70. Pekten, A. (2006). Genel Sağlık Sigortası Sistemi ve Getirdiği Yenilikler. *Sayıştay Dergisi*, 61, 119-137.
71. Yıldırım, H.H., Yıldırım, T. ve Akbulut, Y. (2012). *Sağlık Sigortacılığı*. (Birinci Baskı), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını, 2527(1498).
72. İnternet: Ekodialog. (2010). *Ekonomi Nedir, Ekonomi Sınıflandırması*. Özgün Ekonomi ve Makale Arşivi. Web: <http://www.ekodialog.com/Konular/ekonomi.html> adresinden 10 Haziran 2015'ta alınmıştır.
73. Şenatalar, B. (2003). *Sağlık Ekonomisine Genel Bakış*. *İstanbul Bilgi Üniversitesi*, Türkiye: Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 25(4).

74. Tıraş, H.H. (2013). Sağlık Ekonomisi: Teorik Bir İnceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 125-152.
75. Tokat, M. (1994). *Sağlık Ekonomisi*. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını, 793(403).
76. Çalışkan, Z. (2008). Sağlık Ekonomisi: Kavramsal Bir Yaklaşım. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(2), 31-32.
77. İnternet: Sur, H. (2014). *Sağlık ve Sağlık Ekonomisi*. Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği Dergisi. Web: [www.medikalplus.com/saglik/142-saglik-ve-saglik-ekonomisi](http://www.medikalplus.com/saglik/142-saglik-ve-saglik-ekonomisi) adresinden 22 Nisan 2015'te alınmıştır.
78. Tutar, F. ve Kılınç, N. (2007). Türkiye'nin Sağlık Sektöründeki Ekonomik Gelişmişlik Potansiyeli ve Farklı Ülke Örnekleriyle Mukayasesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 31-54.
79. Sherman, F., Goodman, A.C. and Stano, M. (1997). *The Economics of Health and Health Care*. (İkinci Baskı), Upper Saddle River: Prentice Hall, 143-186.
80. Akar, S. (2014). Türkiye'de Sağlık Harcamaları, Sağlık Harcamalarının Nisbi Fiyatı ve ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Yönetim ve Ekonomi*, 21, 1.
81. Ersöz, F. (2008). Türkiye İle Oecd Ülkelerinin Sağlık Düzeyleri Ve Sağlık Harcamalarının Analizi. *İstatistikçiler Dergisi*, 2, 95-104.
82. Tokgöz, E. (1981). *Sosyal Gelişimde Sağlık*. Türkiye 2. İktisat Kongresi Sosyal Gelişme ve İstihdam Komisyonu Tebliğleri. Türkiye: DPT Yayınları, 1783,499.
83. Yalçın, A.Z. ve Çakmak, F. (2016). Türkiye'de Kamu Sağlık Harcamalarının İnsani Gelişim Üzerindeki Etkisi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(4), 705-723.
84. Culyer, A. (1990). Cost Containment in Europe, in: OECD, Health Care Systems in Transition. *OECD*, Paris, 29-40.
85. Gerdtham, U. and Jönsson B. (2000). International comparison of Health Expenditure. *In Handbook of Health Economics*, 1A, 11-53.
86. Last, J.M. (1995). *A dictionary of epidemiology*. (Üçüncü Baskı), New York: Oxford University Press.
87. İnternet: Bilgel, N. ve Aydın, S. (2003). *Aile Doktorluğunda Temel Epidemiyolojik Ve İstatistiksel Kavramlar*. Web: [http://www.ailehekimineyapar.com/AHU-WEB/aile-epidemioloji.htm#\\_ftn1](http://www.ailehekimineyapar.com/AHU-WEB/aile-epidemioloji.htm#_ftn1) adresinden 13 Ekim 2016'da alınmıştır.
88. İnternet: Köksal, S. (2006). *Epidemiyolojik Araştırmalar – I*. Web: <http://www.selcukkoksal.com/contact/Epidemiyolojik%20Ara%C5%9Ft%C4%B1rmalar-I.pdf> adresinden 22 ağustos 2016'da alınmıştır.

89. Sümbüloğlu, K. ve Sümbüloğlu, V. (1988). *Sağlık Bilimlerinde Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Hatiboğlu Basım Yayın.
90. Akan H. (2014). Bilimsel Araştırmalarda Planlama ve Tasarım. *Antibiyotik ve Kemoterapi Derneği Dergisi*, 28(Ek2), 101-104.
91. Akbulut, T. ve Sabuncu, H.H. (1993). *Sağlık Bilimlerinde Araştırma Yöntemleri Epidemiyoloji Prensip ve Uygulamalar*. Türkiye: Sistem Yayıncılık.
92. Bonita, R., Beaglehole, R. and Kjellström, T. (2009). *Temel Epidemiyoloji* (çev. S. Mollahalioğlu, M. Kosdak, Z. Çipil, F. Karaman). T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Sağlık Kurumu Yayınları No:758. (Eserin orijinali 2006'da yayımlandı.), 2009-19.
93. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Sekreterliği. (2011). *Epidemiyolojik Yöntemler*. Modül Kodu: 720S00018, 17-25.
94. İnternet: İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi (2014). *Sağlık Araştırmalarında Amaca Göre Farklı Tasarımlar*. Web: <http://istanbultip.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2014/02/arastirmatasarimi2014.pdf> adresinden 12 Mart 2016'da alınmıştır.
95. İnternet: Efe, C. (2013). *Araştırma Yöntem ve Teknikleri*. Bülent Ecevit Üniversitesi. Web: <http://gokcebey.beun.edu.tr/ders-notlari/ogr-gor-ceren-efe/> adresinden 16 Haziran 2016'te alınmıştır.
96. İnternet: Bekiroğlu, Nural. (2015). *Biyoistatistik*. Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi. Web:[http://dosya.marmara.edu.tr/tip/btbad/G\\_s\\_Cerrahi\\_Biyoistatistik.pdf](http://dosya.marmara.edu.tr/tip/btbad/G_s_Cerrahi_Biyoistatistik.pdf) adresinden 17 Haziran 2016'te alınmıştır.
97. Van Belle, G., Fisher, L.D., Heagerty, P. and Lumley, T. (2004). *Biostatistics A Methodology for the Health Sciences*. (İkinci Baskı) New York: John Wiley & Sons, Inc.
98. Çakır, B. (2010). *Tıbbi Araştırma Teknikleri: Temel Özellikler, Yarar ve Kısıtlar, Olası Hata Kaynakları*. Hacettepe Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı.
99. İnternet: Ergör, Gül. (2011). *Temel Araştırma Teknikleri*. Web:[http://file.toraksorg.tr/TORAKSFD23NJKL4NJ4H3BG3JH/kisokulu6-ppt-pdf/temel\\_arastirma\\_teknikleri.pdf](http://file.toraksorg.tr/TORAKSFD23NJKL4NJ4H3BG3JH/kisokulu6-ppt-pdf/temel_arastirma_teknikleri.pdf) adresinden 11 Eylül 2016'da alınmıştır.
100. İnternet: Dönmez, L. (2013). *Temel Araştırma Teknikleri*. Web: [tipeu.cumhuriyet.edu.tr/Donem3/.../9VAKAKONTROLARASTIRMALARI.ppt](http://tipeu.cumhuriyet.edu.tr/Donem3/.../9VAKAKONTROLARASTIRMALARI.ppt) adresinden 12 Eylül 2016'da alınmıştır.
101. Hulley, S.B., Cummings, S.R., Browner, W.S., Grady, D.G. and Newman, T.B. (2013). *Designing Clinical Research*. New York: Lippincott Williams & Wilkins.
102. Kelsey, J.L. (1996). *Methods in Observational Epidemiology*. USA: Oxford University Press.

103. Funai, E.F., Rosenbush, E.J., Lee, M.J. and Del Priore, G. (2001). Distribution of study designs in four major US journals of obstetrics and gynecology. *Gynecol Obstet Invest*, 51,8-11.
104. Rothman, N., Cantor, K.P., Blair, A., Bush, D., Brock, J.W. and Helzlsouer, K. (1997). A nested case-control study of non-Hodgkin lymphoma and serum organochlorine residues. *The Lancet*, 350, 240-244.
105. İnternet: Saka, G. (2011). *Analitik Epidemiyolojik Araştırmalar*. Dicle Üniversitesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı. Web: <http://www.dicle.edu.tr/Contents/8bd1c32f-e287-46ba-8a34-a560258d6b23.pdf> adresinden 10 Ekim 2016'da alınmıştır.
106. Grimes, D.A. and Schulz, K.F. (2002). An overview of clinical research: the lay of the land. *The Lancet*, 359(930), 57-61.
107. İnternet: Klinik araştırmalar derneği (2015). *Klinik araştırma nedir?* Web: <http://www.klinikarastirmalar.org.tr/toplumsal.php?content=1> adresinden 15 Eylül 2016'da alınmıştır.
108. İnternet: Trpharm. (2015). Klinik araştırmalar. Web: [http://www.trpharm.com/?page\\_id=22&lang=tr](http://www.trpharm.com/?page_id=22&lang=tr) adresinden 15 Eylül 2016'da alınmıştır.
109. İnternet: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim dalı. (2015). Web: <http://www.ctf.edu.tr/halk/Epi3.pdf> adresinden 17 Eylül 2016'da alınmıştır.
110. İnternet: Klinik araştırmalar derneği (2015). *Klinik araştırmalar neden yapılır?* Web: <http://www.klinikarastirmalar.org.tr/toplumsal.php?content=2> adresinden 17 Eylül 2016'da alınmıştır.
111. İnternet: SPR araştırma Eğitim Danışmanlık (2016). Saha araştırması. Web: <http://spr.com.tr/?p=4856> adresinden 20 Eylül 2016'da alınmıştır.
112. İnternet: Köksal, S. (2008). *Klinik Araştırmalar*. Web: <http://194.27.141.9/dosya-depo/ders-notlari/serdar-selcuk-koksal/Klinik%20Ara%FEt%FDrmalar.pdf> adresinden 20 Eylül 2016'da alınmıştır.
113. Rossi, P.H. and Freeman, H.E. (1993). *Evaluation: A Systematic Approach*. (Beşinci baskı), Newbury Park, Kaliforniya: Sage Publications.
114. Ozminkowski, R.J. and Brach, L.G. (1998). *On the Economic Analysis of Interventions of Aged Populations in "Public Health and Aging."* Baltimore, Maryland: John Hopkins University Press.
115. Rubin, D. B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(5), 688-701.
116. Holland, P. W. (1986). Statistics and causal inference. *Journal of the American Statistical Association*, 81(396), 945-960.

117. Sobel, M. E. (1996). An introduction to causal inference. *Sociological Methods and Research*, 24(3), 353-379.
118. Winship, C. and Morgan, S. L. (1999). The estimation of causal effects from observational data. *Annual Review of Sociology*, 25, 659-706.
119. Rosenbaum, P. R. (2010). *Observational studies*. (İkinci baskı). New York: Springer-Verlag.
120. Imbens, G. W. (2004). Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: A review. *Review of Economics and Statistics*, 86(1), 4-29.
121. Rubin, D. B. (1980). Randomization analysis of experimental data: The Fisher randomization test comment. *Journal of the American Statistical Association*, 75(371), 591-593.
122. Rubin, D. B. (1986). Statistics and causal inference: Comment: Which ifs have causal answers. *Journal of the American Statistical Association*, 81(396), 961-962.
123. Hosmer, D. and Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. (İkinci Baskı). New York: John Wiley & Sons, Inc.
124. Szumilas, M. (2015). Explaining Odds Ratios. *Journal of Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry Review*, 24(1), 58-60.
125. Çoşkun, S., Çoşkun, A., Kartal, M. ve Bircan, H. (2004). Lojistik Regresyon Analizinin İncelenmesi ve Diş Hekimliğinde Bir Uygulaması. *Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 7(1), 41-50.
126. Sümbüloğlu K. ve Akdağ B. (2009). *İleri Biyoistatistiksek Yöntemler (Tıp Alanında Uygulamalar)*. Ankara: Hatipoğlu Yayıncılık.
127. Agresti, A. (2013). *Categorical Data Analysis*. (Üçüncü Baskı). Hoboken, New Jersey: Wiley.
128. Rosenbaum, P. R. and Rubin, D. B. (1985). Constructing a control group using multivariate matched sampling methods that incorporate the propensity score. *American Statistician*, 39(1), 33-38.
129. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
130. Hill, J. and Reiter, J.P. (2006). Interval estimation for treatment effects using propensity score matching. *Statistics in Medicine*, 25(13), 2230-2256.
131. Stuart, E.A. (2010). Matching methods for causal inference: A review and a look forward. *Statistical Science*, 25(1), 1-21.
132. Cochran, W. G. and Rubin, D. B. (1973). Controlling bias in observational studies: A review. *Sankhya: The Indian Journal of Statistics*, 35(4), 417-446.

133. Austin, P. C. (2011). An introduction to propensity score methods for reducing the effects of confounding in observational studies. *Multivariate Behavioral Research*, 46(3), 399–424.
134. Dehejia, R. H. and Wahba, S. (2002). Propensity score matching methods for non-experimental causal studies. *Review of Economics and Statistics*, 84, 151-161.
135. Rosenbaum, P. R. and Rubin, D. B. (1984). Reducing bias in observational studies using subclassification on the propensity score. *Journal of the American Statistical Association*, 79(387), 516–524.
136. Cochran, W. G. (1965). The planning of observational studies of human populations. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 128(2), 234–266.
137. Li, M. (2012). Using the Propensity Score Method to estimate Casual Effects: A Review and Practical Guide. SAGE, *Organizational Research Methods*, 0(00), 1-39.
138. Heckman, J. J., Ichimura, H. and Todd, P. E. (1997). Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme. *Review of Economic Studies*, 64(4), 605–654.
139. İnternet: Şeker, Ş.E. (2011). *Mahalanobis Mesafesi (Mahalanobis distance)*. Web: <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2011/06/23/mahalanobis-mesafesi-mahalanobis-distance/> adresinden 15 Ekim 2016'da alınmıştır.
140. Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik SPSS ve LISREL Uygulamaları*. (İkinci Baskı), Ankara: Ayrıntı Matbaası.
141. Rubin, D. B. and Thomas, N. (2000). Combining propensity score matching with additional adjustments for prognostic covariates. *Journal of the American Statistical Association*, 95(450), 573-585.
142. Guo, S., Barth, R. P. and Gibbons, C. (2006). Propensity score matching strategies for evaluating substance abuse services for child welfare clients. *Children and Youth Services Review*, 28(4), 357-383.
143. Diamond, A. and Sekhon, J. S. (2013). Genetic matching for estimating causal effects: A general multivariate matching method for achieving balance in observational studies. *Review of Economics and Statistics*, 95(3), 932-945.
144. Wooldridge, J.M. (2009). *Introductory Econometrics A Modern Approach*. (Dördüncü Baskı). South-Western Cengage Learning, USA: Macmillan Publishing.
145. Deb, P., Manning, W.G. and Norton, E. (2013). Modeling Health Care Costs and counts. *IHEA World Congress in Sydney, Australia*.
146. Dobson, A.J. (2002). *An Introduction to Generalized Linear Models*. Chapman & Hall/CRC, (İkinci Baskı), New York: A CRC Press Company.

147. Grimmett, G. and Stirzaker, D. (1992). *Probability and Random Processes*. (İkinci Baskı), Oxford, İngiltere: Oxford University Press.
148. Pfeiffer, P. E. and Schum, D. A. (1973). *Introduction to Applied Probability*. New York: Academic Press.
149. Papoulis, A. (1984). *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*. (İkinci Baskı), New York: McGraw-Hill.
150. Feller, W. (1968). *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*. (Üçüncü Baskı), New York: Wiley, (1).
151. Patel, J. K. and Read, C. B. (1982). *Handbook of the Normal Distribution*. New York: Dekker.
152. Spiegel, M. R. (1992). *Theory and Problems of Probability and Statistics*. New York: McGraw-Hill.
153. Jambunathan, M. V. (1954). Some Properties of Beta and Gamma Distributions. *Annals of Mathematical Statistics* (25), 401-405.
154. Fox, J. (2016). *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*. (Üçüncü Baskı), McMaster University, ABD: SAGE Publications, (15).
155. Thompson, R. and Baker, R. J. (1981). Composite Link Functions in Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Seri C*, 30(2), 125-131.
156. Hogg, R. V. and Craig, A. T. (1995). *Introduction to Mathematical Statistics*. (Beşinci Baskı), New Jersey: Prentice Hall.
157. McCullagh, P. and Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models*. (İkinci Baskı), Londra: Chapman and Hall.
158. Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J. and Wasserman, W. (1996). *Applied Linear Statistical Models*. (Dördüncü Baskı), Şikago: Irwin.
159. Rao, C. R. (1973). *Linear Statistical Inference and Its Applications*. (İkinci Baskı), New York: Wiley.
160. Jones, M. A. (2010). Models for Health Care. *Health, Econometrics and Data Group*, The University of York, Working Paper 10(01), 3-7.
161. Jones, M. and Andrew. (2010). Models for Health Care. *Health, Econometrics and Data Group*, The University of York, Working Paper 10(01), 3-7.
162. Goldberger, A. S. (1962). Best Linear Unbiased Prediction in the Generalized Linear Regression Model. *Journal of the American Statistical Association*, 57(298), 369-375.
163. Zheng, B. and Agresti A. (1999). Summarizing the predictive power of a generalized linear model. *Statistics In Medicine*, (19), 1771-1781.

164. Turner, H. (2008). Introduction to Generalized Linear Models. *Economic and social Research Council National Centre for Research Methods*, University of Warwick, İngiltere, (04), 22-24.
165. Şenel, T., Cengiz, M. A., Savaş, N. ve Terzi, Y. (2009). Çoklu Doğrusal Regresyonda Model Seçiminde Genelleştirilmiş Toplamsal Modellerin Kullanımı. *Erzincan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2).
166. Çodur, M. Y., Tortum, A. ve Çodur, M. (2013). Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile Erzurum Kuzey Çevre Yolu Kaza Tahmin Modeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 79-84.
167. Newhouse, J.P. and McClellan, M. (1998). Econometrics In Outcomes Research: The Use of Instrumental Variables. *Public Health*, 19, 17-34.
168. İnternet: Cameron, C.A. (2013). *Instrumental Variables Estimator*. Web: <http://cameron.econ.ucdavis.edu/e240a/ch04iv.pdf> adresinden 10 Kasım 2016'da alınmıştır.
169. Sülkü, S.N. (2016). *Ekonometrik Teori*. (Birinci Basım), Gazi Kitabevi, Ankara: İksan Matbaası.
170. Greene, W.H. (2011). *Econometric Analysis*. (Yedinci Baskı). New Jersey: Prentice-Hall.
171. Yoshimoto, H. (2008). *Instrumental Variable (IV) and Two Stage Least Square (2SLS) Estimators*. TA Note: System Models, 1(2).
172. Bekker, P.A. and Van der Ploeg, J. (2005). Instrumental Variable Estimation Based on Grouped Data. *Statistica Neerlandica* 59, 239-267
173. Wooldridge, J.M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. (İkinci Baskı), Massachusetts Institute of Technology, ABD: MIT Press.
174. Cameron, A.C. and Trivedi, P.K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. (Birinci Baskı), New York: Cambridge University Press.
175. Dufour, J.M. (2003). Identification, Weak Instruments, and Statistical Inference in Econometrics. *Canadian Journal of Economics*, 36, 767-808.
176. Stock, J.H., Wright, J.H. and Yogo, M. (2002). A Survey of Weak Instruments and Weak Identification in Generalized Method of Moments. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20, 518-529.
177. James, L. R. and Singh, B. K. (1978). An introduction to the logic, assumptions, and basic analytic procedures of two-stage least squares. *Psychological Bulletin*, 85(5), 1104-1122.
178. Scott, A. J. and Holt, D. (1982). The effect of two-stage sampling on ordinary least squares methods. *Journal of the American Statistical Association*, 77(380), 848-854.

179. Angrist, J. D. and Imbens, G. W. (1995). Two-stage least squares estimation of average causal effects in models with variable treatment intensity. *Journal of the American Statistical Association*, 90(430), 431-442.
180. Rice, J.B., Kirson, N.Y., Shei, A., Cummings, A.K.G., Bodhar, K., Birnbaum, H.G. and Ben-Joseph, R. (2014). Estimating the Costs of Opioid Abuse and Dependence from an Employer Perspective: a Retrospective Analysis Using Administrative Claims Data. *Applied Health Economics and Health Policy*, 12, 435-446.
181. Lutz, W., Schiefele, A.K., Wucherpfenning, F., Rubel, J. and Slutz, N. (2016). Clinical effectiveness of cognitive behavioral therapy for depression in routine care: A propensity score based comparison between randomized controlled trials and clinical practice. *Journal of Affective Disorders*, 189, 150-158.
182. Haas, L., Stargardt, T. and Schreyoegg, J. (2012). Cost-effectiveness of open versus laparoscopic appendectomy: a multilevel approach with propensity score matching. *The European Journal of Health Economics*, 13(5), 549-560.
183. Baumler, M., Stargardt, T., Schreyögg, J. and Busse, R. (2012). Cost effectiveness of drug-eluting stents in acute myocardial infarction patients in Germany: results from administrative data using a propensity score-matching approach. *Applied Health Economics and Health Policy*, 10(4), 235-248.
184. Eaddy, M., Seal, B., Tangirala, K., Davies, E.H. and O'Day, K. (2012). Economic Implications of Rasburicase Treatment in adult Patients with Tumour Lysis Syndrome. *Applied Health Economics and Health Policy*, 10(6), 431-440.
185. Pruitt, Z., Robst, J., Langland-Orban, B. and Brooks, R.G. (2015). Healthcare Costs Associated with Antiretroviral Adherence Among Medicaid Patients. *Applied Health Economics and Health Policy*, 13, 69-80.
186. Ying, Q., Fu, A.Z., Gordon, G.L. and Dale, B.C. (2010). Healthcare Costs of Atypical Antipsychotic Use for Patients with Bipolar Disorder in a Medicaid Programme. *Applied Health Economics and Health Policy*, 8(3), 167-177.
187. Viswanathan, H.N., Curtis, J.R., Yu, J., White, J., Stolshek, B.S., Merinar, C., Balasubramanian, A., Kallich, J.D., Adams, J.L. and Wade, S.W. (2012). *Applied Health Economics and Health Policy*, 10(3), 163-173.
188. Gowrisankaran, G. and Town, R.J. (1999). Estimating the quality of care in hospitals using instrumental variables. *Journal of Health Economics*, 18(1999), 747-767.
189. Hafsteinsdottir, J.G.E. and Sicilliani, L. (2012). Hospital cost sharing incentives: evidence from Iceland. *Empirical Economics*, 42, 539-561.
190. Baser, O., Burkan, A., Baser, E., Köseerli, R., Ertugay, E. ve Altınbaş, A. (2013). High cost patients for cardiac surgery and hospital quality in Turkey. *Health Policy*, 109(2), 143-9.

191. Baser, O., Burkan, A., Baser, E., Köseerli, R., Ertugay, E. ve Altınbaş, A. (2013). Health Care Costs Associated with Ankylosing Spondylitis in Turkey: An Analysis from Nationwide Real-World Data. *International Journal of Rheumatology*, Hindawi Publishing Corporation, Article ID:139608, 7.
192. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *ICD (Uluslararası Tanı Sınıflaması)'nın Genel Yapısı*. Sağlık Hizmetleri Sekreterliği, Ankara, 346SBI036.
193. Şentürk, H. (2002). Hepatit C. *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, Hepato-Bilier Sistem ve Pankreas Hastalıkları, Sempozyum Dizisi*, 28, 79-85.
194. Şimşek, M. ve Sultan, N. (2013). Hepatit Virüsleri için Dezenfaeksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları. *Viral Hepatitis Journal*, 19, 37-42.
195. Kömür, S., Kuşçu, F., Ulu, A., İnal, A.S., Kurtaran, B., Taşova, Y. ve Aksu, A.S.Z. (2016). Kronik hepatit C enfeksiyonunda tedavi yaklaşımı. *Çukurova Medical Journal*, 41(2), 342-346.
196. Austin, P.C. and Mamdani, M.M. (2006). A comparison of propensity score methods: A case-study estimating the effectiveness of post-AMI statin use. *Statistics in Medicine*, 25, 2084–106.
197. Ekundayo, O.J., Adamopoulos, C., Ahmed, M.I., Pitt, B. and Young, J.B. (2010). Oral potassium supplement use and outcomes in chronic heart failure: a propensity-matched study. *International Journal of Cardiology*, 141, 167–74.
198. Flury, B.K. and Reidwyl, H. (1986). Standard distance in univariate and multivariate analysis. *American Statistical Association*, 40, 249–51.
199. Wang, Y., Cai, H., Li, C., Jiang, Z., Wang, L. and Song, J.X. (2013). Optimal Caliper Width for Propensity Score Matching of Three Treatment Groups: A Monte Carlo Study. *Plos One*, 8(12), e81045.
200. Kanık, E. A. ve Erden, S. (2003). Tanı Testlerinin Değerlendirilmesinde ROC (Receive Operating Characteristics) Eğrisinin Kullanımı. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. (3), 260-264.
201. Park, S.H., Goo, J.M. and Jo, C.H. (2004). Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve: Practical Review for Radiologists. *Korean Journal of Radiology*, (5), 11-18.
202. McNemar, Q. (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, 12 (2), 153-157.
203. Park, R.E. (1966). Estimation with heteroscedastic error terms. *Econometrica*, 34, 888.
204. Manning, W.G. and Mullahy, J. (2001). Estimating log models: to transform or not to transform? *Journal of Health Economics*, 20(4), 461-494.

205. Pregibon, D. (1980). Goodness of link tests for generalized linear models. *Applied Statistics*,(29), 15-24.
206. Tukey, J. W. (1949). One degree of freedom for non-additivity. *Biometrics*, (5), 232-242.
207. Shea, D.G., Terza, J.V., Stuart, B.C. and Briesacher, B. (2007). Estimating the Effects of Prescription Drug Coverage fro Medicare Beneficiaries. *Health research and Educational Trust*, 42(3), 933-949.
208. Terza, J.V., Basu, A. And Rathouz P.J. (2007). Two-Stage residual inclusion estimation: Addressing endogeneity in health econometric modeling. *Journal of Health Economics*, 27(2008), 531-543.
209. Shah, B.R., Laupacis, A., Hux, J.E.and Austin, P.C. (2005). Propensity score methods gave similar results to traditional regression modeling in observational studies: a systematic review. *Journal of Clinical Epidemiology*, 58(6), 550-9.
210. Stürmer, T., Joshi, M., Glynn, R.J., Avorn, J., Rothman, K.J.and Schneeweiss, S. (2006). A review of the application of propensity score methods yielded increasing use, advantages in specific settings, but not substantially different estimates compared with conventional multivariable methods. *Journal of Clinical Epidemiology*,59(5), 437e1-437e24.



**EKLER**



## EK-1. Elixhauser İndeks Tanıları ve ICD-10 Kodları

	TANI	ICD-10
1	Konjestif kalp yetmezliği	I09.9, I11.0, I13.0, I13.2,I25.5, I42.0, I42.5-I42.9, I43.x, I50.x, P29.0
2	Kalp atım anormallikleri	I44.1-I44.3, I45.6, I45.9, I47.x-I49.x, R00.0, R00.1, R00.8, T82.1, Z45.0, Z95.0
3	Kalp kapağı hastalıkları	A52.0, I05.x-I08.x, I09.1, I09.8, I34.x-I39.x, Q23.0-Q23.3, Z95.2, Z95.4
4	Pulmoner kalp hastalıkları	I26.x, I27.x, I28.0, I28.8, I28.9
5	Periferik vasküler bozukluklar	I70.x, I71.x, I73.1, I73.8, I73.9, I77.1, I79.0, I79.2, K55.1, K55.8,K55.9, Z95.8, Z95.9
6	Hipertansiyon, komplike olmayan	I10.x
7	Hipertansiyon, komplike olan	I11.x-I13.x, I15.x
8	Paraliz	G04.1,G11.4,G80.1,G80.2,G81.x,G82.x, G83.0-G83.4, G83.9
9	Diğer nörolojik bozukluklar	G10.x-G13.x, G20.x-G22.x,G25.4,G25.5, G31.2, G31.8,G31.9, G32.x,G35.x-G37.x, G40.x,G41.x, G93.1, G93.4, 47.0,
10	Kronik pulmoner hastalıklar	I27.8, 127.9, J40.x-J47.x, J60.x-J67.x, J68.4, J70.1, J70.3
11	Diabet, komplike olmayan	E10.0, E10.1, E10.9,E11.0, E11.1, E11.9, E12.0, E12.1, E12.9, E13.0, E13.1, E13.9, E14.0, E14.1, E14.9
12	Diabet, komplike olan	E10.2-E10.8,E11.2-E11.8, E12.2-E12.8, E13.2-E13.8, E14.2-E14.8

## TANI

## ICD-10

13	Hipotiroidizm	E00.x-E03.x, E89.0
14	Böbrek yetmezliği	I12.0, I13.1, N18.x, N19.x, N25.0, Z49.0-Z49.2, Z94.0, Z199.2
15	Karaciğer hastalıkları	B18.x, I85.x, I86.4, I98.2, K70.x, K71.1, K71.3-K71.5, K71.7, K72.x-K74.x, K76.0, K76.2-K76.9, Z94.4
16	Peptik ülser hastalığı, kanamasız	K25.7, K25.9, K26.7, K26.9, K27.7, K27.9, K28.7, K28.9
17	AIDS/HIV	B20.x-B22.x, B24.x
18	Lenfoma	C81.x-C85.x, C88.x, C96.x, C90.0, C90.2
19	Metastatik kanser	C77.x-C80.x
20	Metastatik olmayan katı tümör	C00.x-C26.x, C30.x-C34.x, C37.x-C41.x, C43.x, C45.x-C58.x, C60.x-C76.x, C97.x
21	Romatoid artrit / Kollajen damar hastalıkları	L94.0, L94.1, L94.3, M05.x, M06.x, M08.x, M12.0, M12.3, M30.x, M31.0-M31.3, M32.x-M35.x, M45.x, M46.1, 46.8,
22	Koagulopati	D65-D68.x, D69.1, D69.3-D69.6
23	Obezite	E66.x
24	Zayıflama	E40.x-E46.x, R63.4, R64
25	Sıvı ve elektrolit bozukluklar	E22.2, E86.x, E87.x
26	Kan eksikliği anemisi	D50.0

**TANI****ICD-10**

27	Demir eksikliği anemisi	D50.8, D50.9, D51.x-D53.x
28	Alkol bağımlılığı	F10, E52, G62.1, I42.6, K29.2, K70.0, K70.3, K70.9, T51.x, Z50.2, Z71.4, Z72.1
29	Uyuşturucu bağımlılığı	F11.x-F16.x, F18.x, F19.x, Z71.5, Z72.2
30	Psikoz	F20.x, F22.x-F25.x, F28.x, F29.x, F30.2, F31.2, F31.5
31	Depresyon	F20.4, F31.3-F31.5, F32.x, F33.x, F34.1, F41.2, F43.2

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :BAŞER, Erdem  
Uyruğu :TC.  
Doğum tarihiveyeri :08.01.1979 /ANKARA  
Medenihali :Evli  
e-mail :erdembaser@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi	Devam ediyor
Yüksek lisans	İ.D. Bilkent Üniversitesi	2012
Lisans	ODTÜ	2001
Lise	Özel Büyük Lise	1996

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-halen	TC. Merkez Bankası	Şef

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Başer, O., Altınbaş, A., Başer, E. and Kariburyo, M.F, (2015). Economic Impact and Complications of Treated and Untreated Hepatitis C Virus Patients in Turkey. *Value in Health*, 7C, 42-48.



*GAZİ GELECEKTİR..*



*Gazı gelecektir*

