



**T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI**

**TÜRKİYE GAYRİ SAFİ YURT İÇİ HASILASININ
TEKNOLOJİK GELİŞİM PARAMETRELERİ YOLUYLA
ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Mulla Veli ABLAY

OSMANİYE / 2023

T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI

**TÜRKİYE GAYRİ SAFİ YURT İÇİ HASILASININ TEKNOLOJİK
GELİŞİM PARAMETRELERİ YOLUYLA ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Mulla Veli ABLAY

Danışman: Doç. Dr. Ahmet DOĞAN
Jüri Üyesi: Doç. Dr. Sıddık BOZKURT
Jüri Üyesi: Doç. Dr. Hakan ERYÜZLÜ
Jüri Üyesi: Doç. Dr. Utku GÜĞERÇİN
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Alperen AĞCA

OSMANİYE / 2023

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne;

Türkiye Gayri Safi Yurt İçi Hasılasının Teknolojik Gelişim Parametreleri Yoluyla Analizi başlıklı çalışma, jürimiz tarafından İşletme Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Ahmet DOĞAN
(Danışman)

Üye: Doç. Dr. Sıddık BOZKURT

Üye: Doç. Dr. Hakan ERYÜZLÜ

Üye: Doç. Dr. Utku GÜĞERÇİN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Alperen AĞCA

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.

12/12/2023

Prof. Dr. Eyyup TEL
Enstitü Müdürü

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



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK BEYANI FORMU

FORM DR-27

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Osmaniye

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım; **Türkiye Gayri Safi Yurt İçi Hasılasının Teknolojik Gelişim Parametreleri Yoluyla Analizi** başlıklı Doktora Tez çalışmamda;

- Sunulan verilerin; gerekli izinleri alınmış ve denetimli laboratuvar koşullarında tarafımdan veya ilgili görevlilerce elde edildiğini ya da izin belgesine dayalı olarak ve kaynak göstermek suretiyle kullanıldığını,
- Kullanılan veriler üzerinde herhangi bir değişiklik veya eksiltme yapılmaksızın etik kurallara uygun olarak işlenip sunulduğunu,
- Maddi veya manevi destek sağlamış olan Kurum, Kuruluş ve kişilere destek türü de belirtilerek, varsa proje protokol numarası ile yoksa ismen Ön Söz/Teşekkür Bölümlerinde yer verildiğini,
- Yararlanılan kaynaklara Tez metni içinde atıf göstermek suretiyle değinildiğini ve bunların Kaynaklar Bölümüne eklendiğini,
- Teknik/Bilimsel Eser niteliği taşıyan Tezin özgün parçalarının bir başka ortamdan kopyalanarak alınmadığını ve bu parçaların bir başka Kurum/Kuruluş bünyesinde akademik amaç veya unvan almak amacıyla hiçbir suretle kullanılmadığını ve bir başkasının kullanmasına izin verilmediğini,
- Burada belirttiğim hususların aksinin tespit edilmesi halinde tüm yasal sorumluluğun şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

12/12/ 2023

İmza

Mulla Veli ABLAY
Öğrenci

ÖĞRENCİ NO	1921501306
ANABİLİM/ ANA SANAT DALI	İşletme
BİLİM/ SANAT DALI	İşletme
ENSTİTÜ KAYIT TARİHİ	06/08/ 2019

ÖZET

TÜRKİYE GAYRİ SAFİ YURT İÇİ HASILASININ TEKNOLOJİK GELİŞİM PARAMETRELERİ YOLUYLA ANALİZİ

Mulla Veli ABLAY

Doktora, İşletme Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet DOĞAN

Aralık 2023, 107 sayfa

Çalışmada, dünyayı şekillendiren, insanlığın yaşamını etkileyen ve devamlı gelişim göstererek ilerleyen teknolojik gelişim süreci ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Türkiye teknolojik gelişimini bütün aşamalarıyla tahmin edebilmek için çok değişkenli regresyon ve çok değişkenli Bayesyen regresyon analizi kullanılmıştır. Bu iki yöntem arasındaki ilişkiler açıklanıp uygulama kısmında elde edilen sonuçlar ışığında bu yöntemlerin karşılaştırmaları yapılmıştır.

Çalışmanın, uygulama kısmında 2007-2020 yılları arasında Türkiye'deki teknolojik gelişimin değerlendirilmesini yapmak için, gayrisafi yurt içi hasılayı (GSYH) etkileyen, Ar-Ge harcamaları (AG), patent başvuru sayısı (yerleşik olan ve yerleşik olmayan) (PS), bilgi ve iletişim teknoloji ihracatı (BİT) ve yüksek teknolojlili ürün ihracatı (YTÜ) değişkenleri incelenmiştir. Bu değişkenlerin parametrelerini tahmin etmek için gerekli veri dokümanları Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Küresel Ekonomik Veriler (CEICDATA) ve Dünya Bankası resmi veri sitesinden derlenmiştir. Elde edilen bu veriler, WinBUGS programı yardımıyla, değişkenlerimize ait parametreler elde edilmiştir. Aynı zamanda parametrelerin güven aralıkları elde edilerek gerekli analiz ve yorumlar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bayesci Yöntem, Regresyon Analizi, Bayesyen Regresyon Analizi, Teknolojik Gelişim, Monte Carlo Yöntemi, Markov Zinciri, WinBUGS.

ABSTRACT**ANALYSIS OF TURKEY'S GROSS DOMESTIC PRODUCT THROUGH
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT PARAMETERS****Mulla Veli ABLAY****Master Thesis, Department of Business Administration****Supervisor: Doç. Dr. Ahmet DOĞAN****December 2023, 107 pages**

In the study, the technological development process that shapes the world affects the life of humanity and continuously progresses. It is examined in detail. Multivariate regression and multivariate Bayesian regression analyses were used to estimate Turkey's technological development at all stages. The relationships between these two methods are explained, and comparisons of these methods are made in the light of the results obtained in the application part.

In the application part of the study, we study technological development in Turkey between 2007 and 2020, focusing on the factors affecting the gross domestic product (GSYH), including R&D expenditures (RD), number of patent applications (resident and non-resident) (PA), information and communication technology exports (ICT) and high-technology product exports (HTE). The data sets required to estimate the parameters of these variables are compiled from the official websites of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Global Economic Data (CEICDATA), and the World Bank. We obtain parameter estimates using WinBUGS. We also derive confidence intervals for the parameters and analyze and interpret the results.

Keywords: Bayesian Method, Regression Analysis, Bayesian Regression Analysis, Technological Development, Monte Carlo Method, Markov Chain, WinBUGS.

ÖN SÖZ

Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemlerinde görev yapan Doç. Dr. Ahmet Doğan yönetiminde yapılarak, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne Doktora tezi olarak sunulmuştur.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş başlığı altında, çalışmanın amacı, çalışmanın önemi ve literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümünde, temel kavramlar başlığı altında, olasılık, Bayesyen yaklaşımı, regresyon analizine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmamızda kullandığımız yöntemimiz olan Bayesyen regresyon analizine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde, teknolojik gelişim başlığı altında gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH), Ar-Ge harcamaları (AG), patent başvuru sayısı (PS), bilgi ve iletişim teknoloji ihracatı (BİT) ve yüksek teknolojlili ürün ihracatı (YTÜ) değişkenleri incelenmiştir. Beşinci bölümde, uygulama başlığı altında, kullanılan model, Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ve WinBUGS programı yer almaktadır. Altıncı bölümde ise uygulamanın analiz sonucuna ve tartışma kısmına yer verilmiştir.

‘Türkiye Gayri Safi Yurt İçi Hasılasının Teknolojik Gelişim Parametreleri Yoluyla Analizi’ adlı doktora tezimin seçim ve yazma süresince her türlü yardım ve desteklerini hep üzerimde hissettiğim başta danışman hocam Doç. Dr. Ahmet DOĞAN olmak üzere Doç. Dr. Sıddık BOZKURT, Dr. Öğr. Üyesi Alperen AĞCA, Doç. Dr. Hakan ERYÜZLÜ ve Doç. Dr. Utku GÜĞERÇİN hocalarıma çok teşekkür ediyor saygılarımı sunuyorum.

Mulla Veli ABLAY

2023- Osmaniye

İÇİNDEKİLER

ÖZET	Sayfa iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ.....	vi
KISALTMALAR.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Önemi.....	3
1.3. Literatür Taraması.....	10

BÖLÜM II

TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Olasılık.....	20
2.1.1. Olasılık tanımları	21
2.1.1.1. Objektif olasılık	21
2.1.1.2. Klasik olasılık	21
2.1.1.3. Relatif frekans olasılık	21
2.1.1.4. Subjektif (öznel, kişisel) olasılık.....	22
2.1.1.5. Marjinal, bileşik ve şartlı olasılık.....	22
2.1.2. Olasılıkta olaylar.....	23
2.1.2.1. Bağdaşan ve bağdaşmayan olaylar	23
2.1.2.2. Bağımlı ve bağımsız olaylar	23
2.1.3. Olasılık kuralları	24
2.1.3.1. Olasılıkta toplama kuralı.....	24
2.1.3.2. Olasılıkta çarpma kuralı	24
2.1.4. Olasılık dağılımları	25

2.1.4.1. Süreksiz (kesikli) olasılık dağılımları	25
2.1.4.2. Sürekli olasılık dağılımları.....	25
2.2. Bayesyen yaklaşım	25
2.2.1. Bayes teoremi	28
2.2.2. Bayesyen olasılık dağılımları.....	29
2.2.3. Bayesyen istatistikte tahmin	30
2.2.4. Ön dağılımın belirlenmesi	30
2.2.4.1. Bilgi vermeyen ön dağılım.....	31
2.2.4.2. Bilgi veren ön dağılım	31
2.2.4.3. Eşlenik ön dağılım	32
2.3. Klasik yaklaşım ile Bayesyen yaklaşım arasındaki ilişki	32
2.4. Regresyon analizi	35
2.4.1. Basit doğrusal regresyon analizi	36
2.4.1.1. Serpme (serpilme) grafiği.....	37
2.4.1.2. En küçük kareler yöntemi.....	37
2.4.1.3. Model parametreleri ile ilgili istatistiksel çıkarımlar	38
2.4.1.4. Ortalama yanıt için güven aralığı	39
2.4.1.5. Model için anlamlılık testi (varyans analizi)	40
2.4.2. Çoklu doğrusal regresyon analizi	42
2.4.2.1. En küçük kareler yöntemi.....	42
2.4.2.2. Model parametreleri ile ilgili istatistiksel çıkarımlar	44
2.4.2.3. Model için anlamlılık testi (varyans analizi)	45

BÖLÜM III

BAYESYEN REGRESYON ANALİZİ

3.1. Bilgi vermeyen önsel dağılım ile sonsal dağılımın elde edilmesi	48
3.2. Bilgi veren önsel dağılım ile sonsal dağılımın elde edilmesi	50
3.3. Aralık tahmini	51
3.4. Hipotez testi	52

BÖLÜM IV

4.1. Teknolojik Gelişim Göstergeleri	54
4.2. Teknolojik gelişim göstergelerinin ekonomik büyümeye etkisi.....	56
4.2.1. Gayri safi yurt içi hasıla	56
4.2.2. Ar-Ge Harcamaları	59
4.2.3. Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakları	61
4.2.3.1. Patent Başvuru Sayıları.....	61
4.2.4. Yüksek teknoloji ürün ihracatı	62
4.2.5. Bilgi ve iletişim teknolojileri	65

BÖLÜM V

UYGULAMA

5.1. Model	70
5.2. Monte Carlo simülasyon yöntemi (MC).....	71
5.2.1. Monte Carlo Markov Zincirleri (MCMC)	72
5.2.2. MCMC yöntemiyle sonsal dağılımın oluşturulması	73
5.3. WinBUGS programı	73
5.4. Modelin analizi	74
5.4.1. Modelin çoklu doğrusal regresyon ile analizi.....	74
5.4.1.1. Çoklu doğrusal regresyon analiz sonuçları.....	79
5.4.2. Modelin çoklu doğrusal Bayesyen regresyon ile analizi	79
5.4.2.1. Önsel dağılım.....	80
5.4.2.2. Sonsal dağılım	84
5.4.2.3. Model kontrolü	88
5.4.2.4. Çoklu doğrusal Bayesyen regresyon analiz sonuçları	89

BÖLÜM VI

SONUÇ VE TARTIŞMA

6.1. Sonuç	90
------------------	----

6.2. Tartışma	x 92
KAYNAKÇA	94
EKLER.....	105
EK-1- Türkiye Veri Tablosu.....	105
EK-2- WinBUGS Programı Türkiye Kodu	105
EK-3- İspanya Veri Tablosu	106
EK-4- WinBUGS Programı İspanya Kodu	106
ÖZ GEÇMİŞ	107



KISALTMALAR

- AG:** Ar-Ge harcamaları
ANOVA: Varyans Analizi
CEICDATA: Küresel Ekonomik Veriler
EKK: En Küçük Kareler Yöntemi
GSYH: Gayrisafi yurtiçi hasıla
GKT: Genel kareler toplamı
GWR: Coğrafi Ağırlıklı Regresyon
HKT: Hata kareler toplamı
YTÜ: Yüksek teknoloji ürün ihracatı
BİT: Bilgi ve iletişim teknoloji ihracatı
MC: Monte Carlo
MCMC: Monte Carlo Markov Zincirleri
OECD: Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Teşkilatı
PS: Patent başvuru sayısı
RKT: Regresyon kareler
TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu .

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Olabilirlik fonksiyonları, eşlenik ön bilgi dağılımı ve son bilgi dağılımı .	32
Tablo 2.2 Basit doğrusal regresyon varyans analiz tablosu	41
Tablo 2.3. Çoklu doğrusal regresyon varyans analiz tablosu.....	46
Tablo 5.1. Tanımlayıcı istatistik tablosu	74
Tablo 5.2. Korelasyon tablosu	74
Tablo 5.3. Model özeti tablosu.....	75
Tablo 5.4. ANOVA tablosu	76
Tablo 5.5. Parametre test sonuç tablosu.....	76
Tablo 5.6. Tanımlayıcı istatistik tablosu	81
Tablo 5.7. Tanımlayıcı istatistik tablosu	85
Tablo 6.1. Türkiye veri tablosu	105
Tablo 6.2. İspanya veri tablosu	106

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Önerilen model	2
Şekil 1.2. Türkiye gayrisafi yurt içi hasıla.....	5
Şekil 1.3. Ar-Ge harcamaları	6
Şekil 1.4. Patent başvuru sayısı	7
Şekil 1.5. Yüksek teknolojlili ürün ihracatı	8
Şekil 1.6. BİT ürünleri ihracatı	9
Şekil 4.1. Gayrisafi yurt içi hasıla hesaplama yöntemleri	58
Şekil 4.2. Ar- Ge harcamaları bileşenleri	60
Şekil 4.3. Teknoloji yoğunluğu için imalat ISIC ve REV3 sınıflaması.....	64
Şekil 4.4. Bilgi ve iletişim teknoloji bileşenleri	67
Şekil 4.5. Bilgi ve iletişim sektöründe öne çıkan gelişmeler.....	68
Şekil 5.1. Histogram	77
Şekil 5.2. Standardize edilmiş hataların grafiği.....	78
Şekil 5.3. Dağılım grafiği	78
Şekil 5.4. İz çizimi	81
Şekil 5.5. Çoklu zincir izleme hareket grafiği; 1001-1500000.....	82
Şekil 5.6. Kernel yoğunluk çizimi	83
Şekil 5.7. Otokorelasyon çizimi	83
Şekil 5.8. Çalışan nicelikler grafiği	84
Şekil 5.9. İz çizimi	85
Şekil 5.10. Çoklu zincir izleme hareket grafiği; 1001-1500000.....	86
Şekil 5.11. Kernel yoğunluk çizimi	86
Şekil 5.12. Otokorelasyon çizimi	87
Şekil 5.13. Çalışan nicelikler grafiği	87
Şekil 5.14. Model kontrolü	88

BÖLÜM I

GİRİŞ

Günlük hayatımızda; eğitim, ekonomi, mühendislik, sosyoloji, tıbbi araştırmalar gibi birçok farklı alanda daha fazla bilgiye ulaşarak, etkin ve doğru kararlar vermek için istatistiksel yaklaşımlara ihtiyaç duyarız. İstatistiksel metotlar, bu alanlarda yapılan veya yapılmak istenen çalışmaların birbirini hangi oranda etkileyip etkilemediğini ölçmek için, eldeki verilere bağlı olarak analizlerinin yapıp yorumlanması ve varsayımların elde edilmesi ilkesine bağlı olarak çalışan matematiksel bir yaklaşımdır. Bu metotlar kullanım amacına göre, betimleyici ve tahminleyici istatistik olarak iki grupta ele alınır. Veriler sınıflanarak özetlenirse tanımlayıcı istatistik, eldeki veriler kullanılarak gözlenmemiş veriler hakkında çıkarım yapılıyor ise tahminleyici istatistik kullanılır.

Araştırmaya konu olan olaylarda verilerin ölçülmek istenen özelliğine göre kullanılan yöntemler farklılık göstermektedir. Örneğin bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişki ve ilişkinin şekli regresyon analizi yardımıyla hesaplanmaktadır. Bir bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişki basit regresyon ile, iki veya daha fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişki çoklu regresyonla belirlenir. Birden fazla bağımlı değişkenin olduğu durumlarda çok değişkenli regresyon analizi kullanılır (Olive, 2010; Yan & Su, 2009).

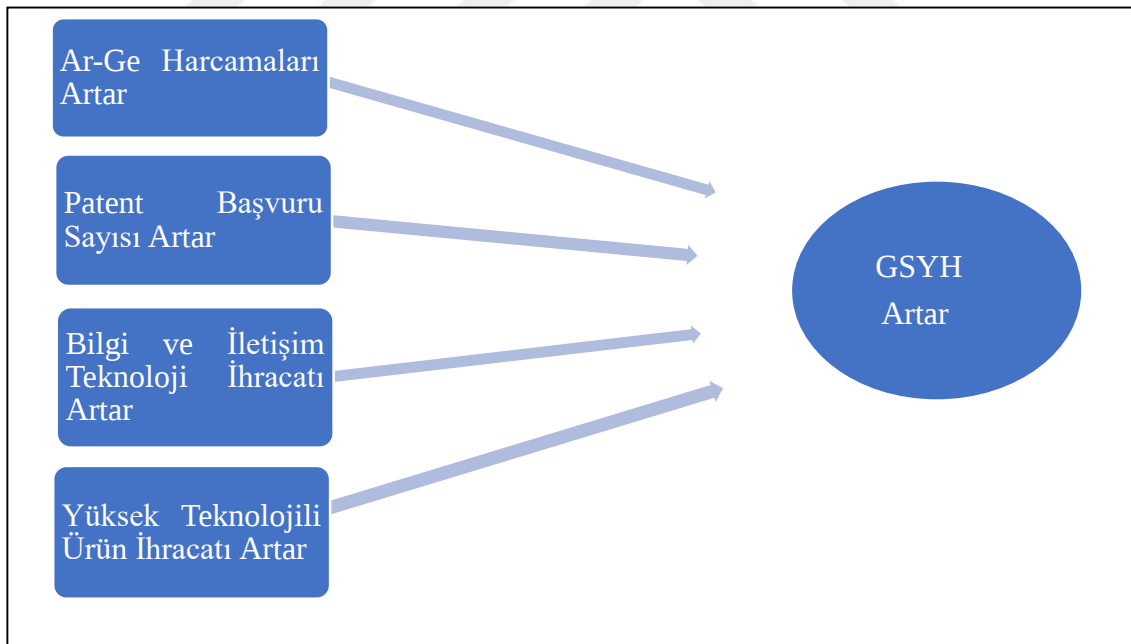
Bayes yaklaşımı, araştırma yapılacak konu hakkındaki inançlarımızı, önceki yargılarımızı mevcut veriye dahil ederek analiz yapmamıza olanak sağlayan, temelinde belirsizliğin öznel analizini yapmakla ilgilidir. Bu analiz oldukça zor gözükse de mantıksal olarak iyi kurgulanmış, metodolojisi açık ve anlaşılır olan Bayesyen yaklaşım bu doğrultuda bizim için doğal bir metodoloji sunmaktadır. Farklı bilgilerin birleştirilmesine imkân veren bu yöntem olasılık kurallarını kullanarak sonsal olasılık dağılımının elde edilmesine imkân vermektedir. Mevcut verilerimizin önceki bilgilerimizden etkilendiği, inançlarımızın analize dahil edildiği Bayes yaklaşımı en gelişmiş metodolojiye sahip yaklaşımlardan birisidir (Goldstein & Wooff, 2007).

Temeli Bayes teoremine dayanan Bayes yaklaşımı son yıllarda bilgisayar alt yapısının gelişmesine paralel olarak yazılım programlarının da gelişmesiyle yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Analitik olarak çözümü zor olan problemler bilgisayar ortamında çeşitli yazılım programı aracılığı ile Bayes yaklaşımı ile çözülebilmektedir. Bu

durum Bayes teoreminin klasik yaklaşıma oranla daha fazla tercih edilme sebeplerinden biri olmuştur. Ayrıca Bayes yaklaşımı ön olasılık ile mevcut olasılığı birleştirme imkânı verdiği için klasik yaklaşıma göre daha kullanışlıdır. Özellikle yapılan çalışmaların modellenmesinde kullanılan parametre sayısının fazla olması, bazı zaman serilerinde zaman diliminin kısa olması veya ekonomik konularda yapılacak olan tahminlerde Bayesyen yaklaşımının kullanılması daha sağlıklı olacaktır (Foley, 2018).

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada amacımız, Türkiye de gelişen teknolojinin etkilendiği alanları tespit edip gelişmişlik düzeyinin daha ileri seviyelere çıkarabilmek adına bu alanda yapılacak araştırmalara farklı bir bakış açısıyla katkı sunabilmektir. Bağımsız değişkenlerimizin her birinin ayrı ayrı katkıları mevcut iken birbirini tamamlayan durumlar söz konusu olduğunda birlikte değerlendirilmesinin önemli olduğu kaçınılmaz bir durum olmaktadır. Bu açıdan değişkenlerimizi çok değişkenli seçerek bu ilişkileri de tespit etme noktasında çalışmamız önemli bir noktaya açıklık getirmiş olacaktır.



Şekil 1.1 Önerilen Model

Türkiye’deki teknolojik gelişimi incelemek için, teknolojik gelişim parametrelerini, Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayısı, yüksek teknolojili ürün ihracatı ve bilgi ve iletişim teknoloji ihracatı kullanılırken, teknolojik büyümeyi incelemek için GSYH değişkeni alınmıştır. Şekil 1.1’den de görüleceği üzere, bağımsız değişkenimizdeki

artışların, büyümenin göstergesi kabul edilen GSYH oranını artıracığı düşüncesi ile bu çalışma yapılmıştır (Türedi, 2013). Bu düşünce ile bağımsız değişkenlerin hangisinin bağımlı değişkenin üzerindeki etkisinin ne olduğunu analiz etmek için klasik yöntem ve Bayesyen yöntem kullanılmıştır. İki yöntemin sonuçları karşılaştırılmış ve gerekli öneriler yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Bu çalışma ile teknolojik gelişim parametreleri olan bağımsız değişkenlerin, GSYH üzerindeki etkileri incelenip, bu değişkenlerin Türkiye'deki teknolojik gelişim üzerindeki etkisi ve dolayısı ile ekonomik büyüme üzerindeki etkileri test edilecek olması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca kullanılan yöntemin diğer araştırmacılar tarafından kullanılan yöntemlere göre gerçek değere daha yakın sonuçlar vermesinin beklenmesi de bu konuda yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacağı düşüncesi ile oldukça önemlidir.

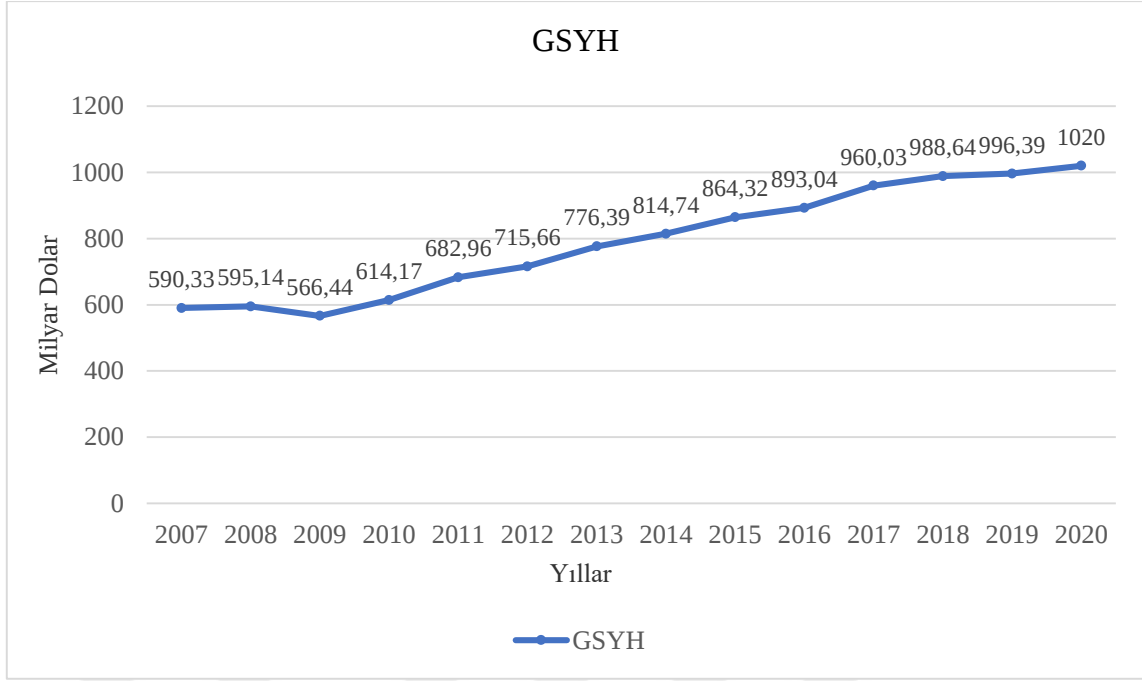
Teknolojik gelişim denildiğinde akla ilk kullanılan araç ve gereçler gelse de herhangi bir alanda yapılan veya yapılmak istenen tasarım ve proje mekanizmasının başlangıcından kullanım aşamasına kadar her alanını kapsamaktadır. Ayrıca ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeyi, yaşam kalitesindeki iyileştirme ile de doğru orantılıdır. Çünkü yaşam kalitesinin en büyük iyileştiricisi içerisinde, devlet yöneticilerinin tutumu etkili olsa da ülkelerin teknolojik gelişimlerinin ön plana çıktığı söylenebilir (Brewer, Demmer, Du, Ho, Kam, Nedevschi, Pal, Patra & Surana, 2005).

Teknolojik gelişime bağlı olarak, gelişen teknoloji karşısında ülkeler arasındaki coğrafi ve politik engeller kalkmaktadır. Herhangi bir ülkede yapılan teknolojik yenilik diğer ülkelere hızlı bir şekilde ulaşmakta ve o ülkelerde de bu yeniliğe uyum ve teknolojinin kullanımı hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Ayrıca, devlet politikaları teknolojik gelişimin yön verdiği gibi şekillenip teknolojik gelişime paralel bir şekilde belirlenme yönünde oluşumlar göstermeye başlamıştır. Çünkü devlet yöneticileri toplumun gereksinimi olan teknolojik gelişimlerin geçmiş etkilerini göz önünde bulundurarak toplumun potansiyeli doğrultusunda karar vermektedirler (Golgeci, Ali, Bozkurt, Gligor & Arslan, 2022). Böylece teknolojiyi takip edip kendisini bu yeniliğe ve gelişmişliğe uyarlayabilen ülkelerde, teknolojik gelişim her geçen gün, bilimin ışığında ilerlemekte, kendisini yenilemekte ve uyum hızını arttırarak gelişmeye devam etmektedir. Teknolojik gelişim tarihsel ve coğrafi dezavantajları ortadan kaldırarak ülkeler arasında ticaretin daha kolay yapılır hale gelmesini sağlamıştır (Sinha & Sengupta, 2019). Bu düşünce ile gelişmiş ülkeler ile yapılan ticari hareketlilik ülkelerin teknolojik olarak

birbiriyle rekabet etme kabiliyetini artırmakta ve gelişmişlik düzeyinin katlanarak artış göstermesini sağlamaktadır. Bu düşünce ile teknolojiye ileri olan ülkelerin teknolojik gelişimi takip edilip gerekli olan altyapı hazırlanıp bu teknolojilerin satın alınması, imkanlar dahilinde bu teknolojilerin iyileştirilmesi ve benzer teknolojik ürünlerin üretilip ihraç edilmesi bu ülkelerin ekonomik büyümesine katkı sağlayacaktır.

Teknolojik gelişimin ülkenin her coğrafyasında aynı düzeyde gelişmesi ve kullanılması oldukça zor gözükmemektedir. Çünkü teknolojik ve iletişim teknolojili ürünlerin kullanılabilmesi için, uygun alt yapının öncesinde var olması oldukça önemlidir. Teknolojik ürünlerin kullanımında; bağlantı sorunu, güç sorunu, kullanıcı arayüzü sorunu ve maliyet gibi birçok engelle karşılaşılabilir (Brewer vd., 2005). Bu adımlardan birisi eksik olsa teknolojik ürün kullanımı amacına ulaşamayacak olmasından dolayı bu adımların aynı anda gerçekleşmesi gerekliliği kaçınılmazdır. Bu yüzden teknolojik gelişim söz konusu olduğunda, yapılacak olan çalışmalarla ilgili olarak öncesinde yeterli Ar-Ge çalışmalarının yapılmış olması ve alt yapının hazır hale getirilmesi oldukça önemlidir. Bu engellerin aşılma noktasında aynı durumda olup bu engeli aşmış olan ülkelerin durumları analiz edilip en uygun olan model rol alınabilir. Bu rol almada ülkelerin, sosyo ekonomik düzeyi, coğrafi yapıları gibi konular bir bütün içerisinde değerlendirilip bir yol haritası çıkarılmalıdır.

Çalışmamızda kullanılan bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlere ait verilerin analizinde bize rehber niteliği taşıyan bu değişkenlere ait grafikler ve yorumları oldukça önemlidir. Değişkenlerimize ait grafikler ve grafiklerin yorumu sırası ile aşağıdaki gibidir.

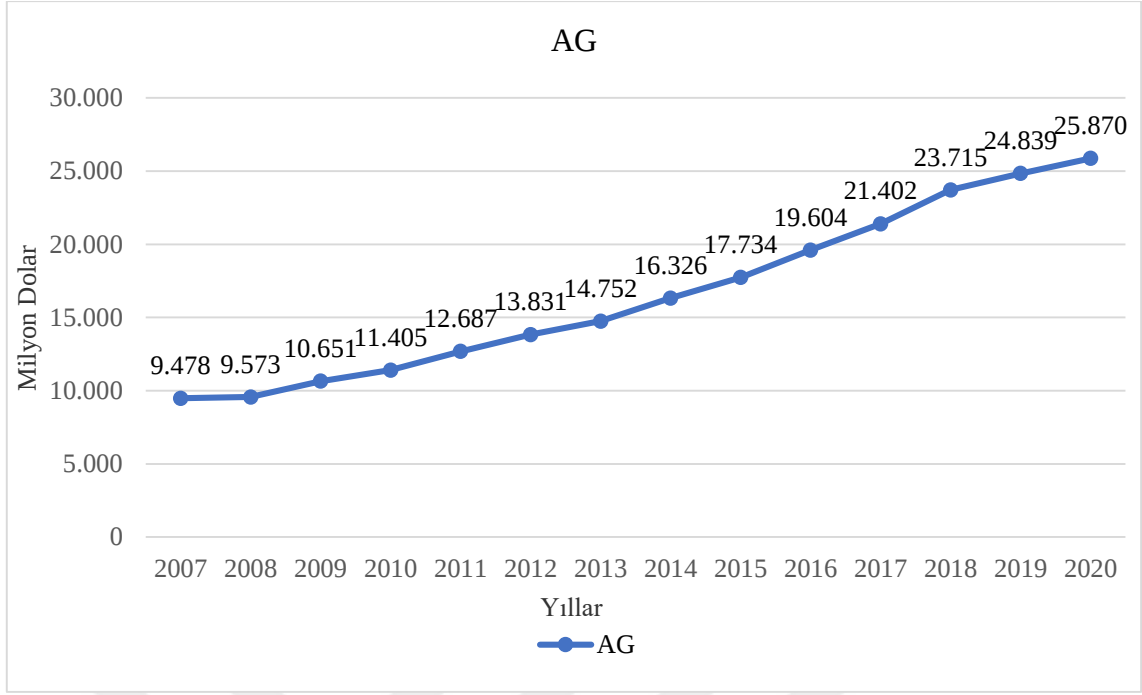


Şekil 1.2. Türkiye gayri safi yurt içi hasıla

Kaynak: World Bank

Ülke ekonomisinin büyüme ve gelişme seviyesinin belirlenmesinde en önemli değişkenlerden biri olarak gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) kullanılmaktadır. Ayrıca ülke ekonomisinin durağan olduğu zaman aralığı da bu değişken yardımıyla belirlenebilmektedir. (Ntantanis & Pohlman, 2020). Çünkü, GSYH o ülkede belli bir zaman diliminde üretilen hizmet ve mal bedelinin ölçüsü olup, ülke ekonomisindeki hareketliliğin belirlenmesinde başvurulacak kaynaklardan birisidir.

Şekil 1.2 'de verilen Türkiye gayri safi yurt içi hasıla incelendiğinde, GSYH miktarının devamlı olarak arttığı gözlemlenmektedir. Bu artış ülke ekonomisinin büyüdüğünü ve büyüme oranının arttığını göstermektedir. Bu değerler, verilerin elde edilmesinde bazı kısıtları olmasına rağmen, Türkiye ekonomisinin gelişimi üzerine yapılan veya yapılması planlanan çalışmalar için önemli bir veri kümesidir. Ayrıca yapılan bu araştırmalar, politikacıların karar verme sürecine rehberlik eden önemli bir araç konumunu almaktadır. Bu sayede, kamu ve özel tüketimleri, devlet harcamaları, yatırımlar ve ihracatlar gibi değişkenler öncesinden planlanıp kontrol edilebilir olmaktadır. Böylece GSYH değerleri kullanılarak ülkelerin gelecek yıllardaki hedefleri belirlenirken rehber niteliği taşıması açısından önemlidir.



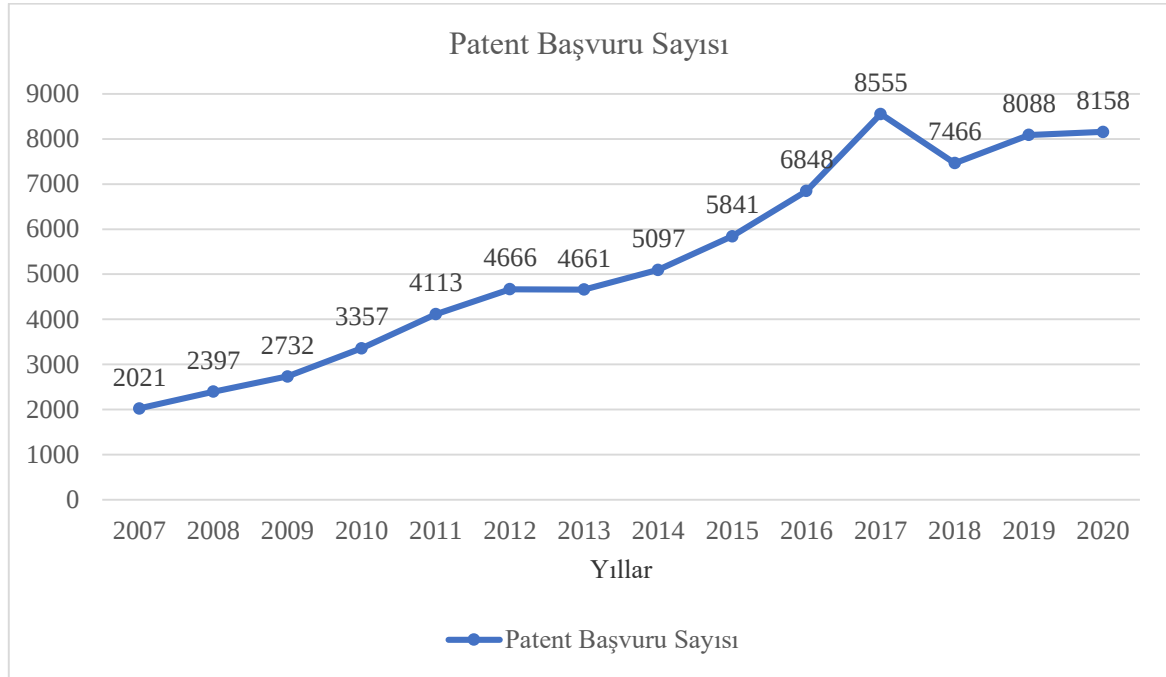
Şekil 1.3. Ar-Ge harcamaları

Kaynak: OECD.stat

Şekil 1.3'den de görüldüğü gibi 2007 ile 2020 yılları arasında Türkiye'deki Ar-Ge harcamalarının genel itibari ile artış gösterdiği gözlenmektedir. Ar-Ge harcamalarının GSYH oranı içindeki payı düşük düzeyde olsada, son yıllarda eşik değer kabul edilen %1 seviyesine yaklaşmıştır (Algan, Manga & Tekeoğlu, 2017). 2018 yılları öncesinde bu seviyenin altında olmasına rağmen, veriler incelendiğinde Türkiye'deki teknolojik gelişmeler son yıllarda artış göstermektedir.

Ülkelerin teknolojik gelişimi ile o ülkenin yenilikçi yetenekleri arasındaki ilişki oldukça birbirine yakındır. Bu da yapılan Ar-Ge çalışmaları ve Ar-Ge'ye ayrılan bütçe ile doğrudan ilgilidir. Ar-Ge'ye yapılan yatırımların kısa ve uzun vadede ekonomik canlanmaya ve kalkınmaya destek verdiğini, teknolojik anlamda rekabet edebilen bir ülke konumuna gelmesinde önemli olduğunu ve ekonomik büyümenin sağlanmasında kilit noktada yer aldığını söyleyebiliriz. Çünkü teknolojik gelişim ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki anlamlı ve bu ilişkinin kilit noktasının reel ekonomide girişimcilik rolüyle uygulanan Ar-Ge harcamalarının olduğu gerçeğidir (Karakostas, 2022). Bu durumun sonucu olarak ülkeler teknolojik gelişmenin öncüsü niteliğinde olan Ar-Ge yatırımlarını ve yönelimlerini artırmıştır. Sonuç olarak bu gelişmeler ışığında ülkeler kaynaklarının daha bilinçli ve doğru kullanılmasını sağlamıştır. Ayrıca ülkelerin teknolojik kalkınmalarına ve gelişmelerine destek olup bu ülkelerin bulunduğu konumu

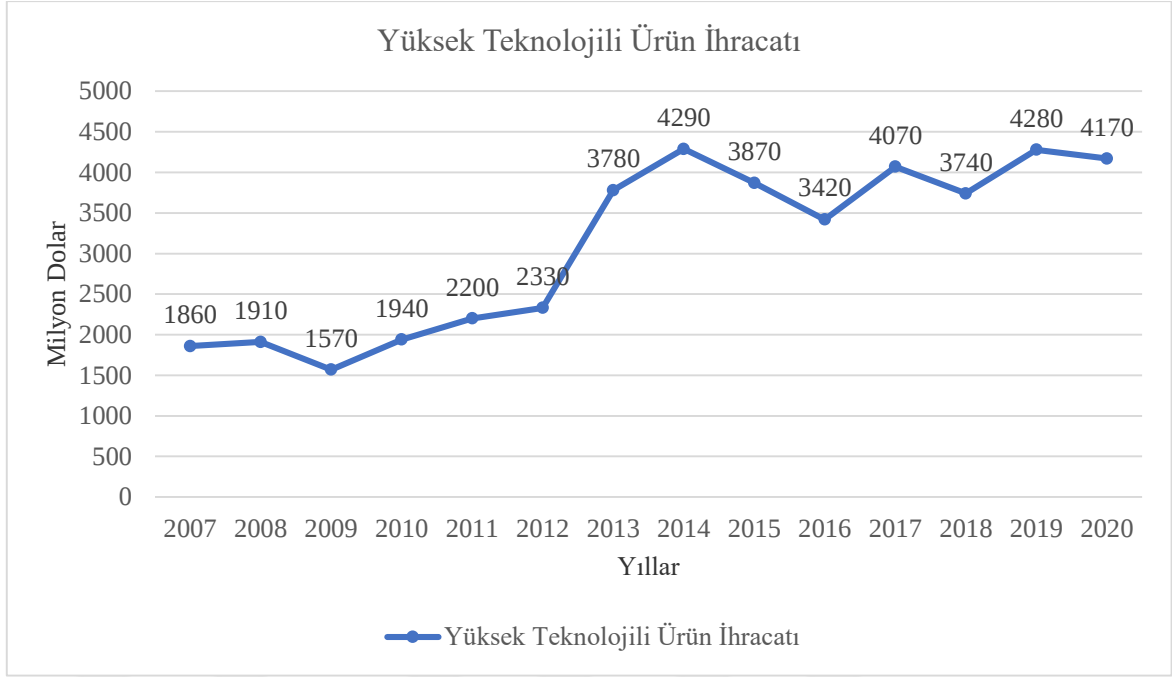
daha ileri ve daha iyi bir noktaya taşımalarını sağlamıştır (Algan, Manga & Tekeoğlu, 2017).



Şekil 1.4 Patent başvuru sayısı

Kaynak: World Bank

Şekil 1.4'te ise 2007 ile 2020 yılları arasında Türkiye patent başvuru sayıları (yerleşik olan ve yerleşik olmayan) gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında devamlı bir artış gözlenmektedir. Bu durum ülkenin teknolojik gelişimde bir trend yakalamasında oldukça önemli olan bir adım olmuştur. Çünkü yapılan patent başvuruları teknolojik gelişimin ve inovasyona dayalı gelişmişlik düzeyinin göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Algan, Manga & Tekeoğlu, 2017). Ayrıca ülkelerin teknolojide gelişim kapasiteleri ve yenilikçi potansiyelleri patent sayısı ile doğru orantılı olarak şekillenmektedir (Şeker, 2019).



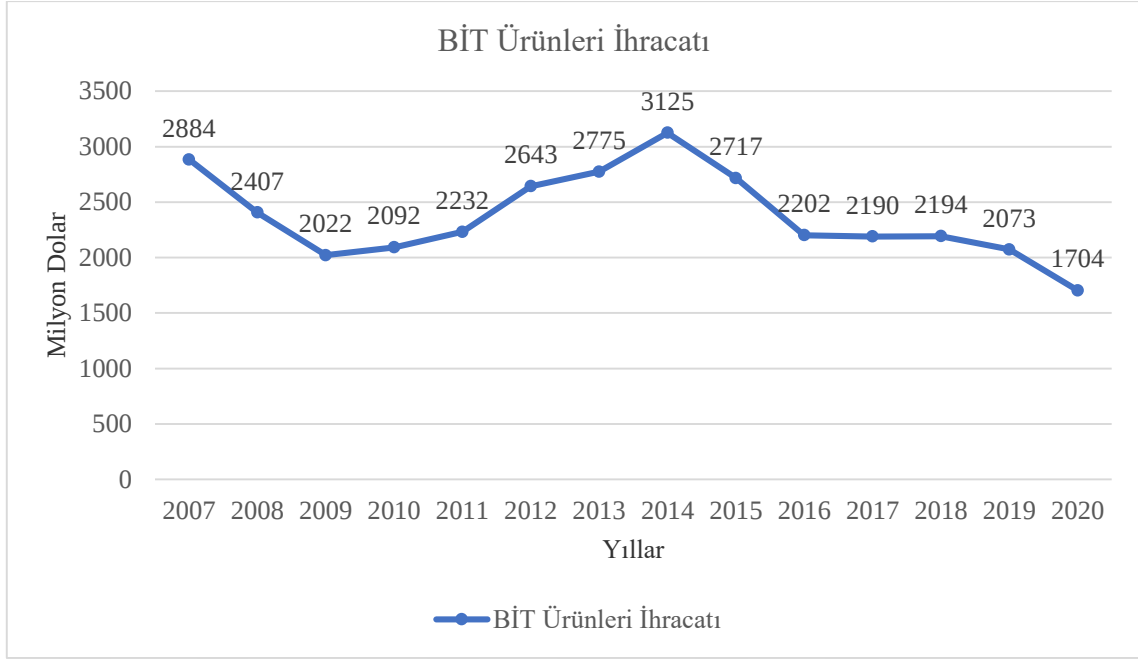
Şekil 1.5 Yüksek teknoloji ürün ihracatı

Kaynak: World Bank

Şekil 1.5'te Türkiye'de yapılan yüksek teknoloji ürünlerin ihracat verileri gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere yüksek teknoloji ürünlerin ihracatında genel olarak devamlı bir artışın olduğu gözlemlenmektedir.

Yüksek teknoloji ürün ihracatı uluslararası ticarete, rekabet ortamında devletlerin avantaj sağladığı alanlardan birisi konumundadır. Ayrıca yüksek teknoloji ürünlerin üretimi ve ihracatı noktasında inovasyon çalışmaları temel teşkil etmektedir. Çünkü inovasyon yüksek teknoloji ürünler ile ayrılmaz bir parça haline gelmiştir. İnovasyon ve teknolojik gelişim birlikte düşünüldüğünde ekonomik getirisi fazla olan bu ürünler ekonomik büyümenin bir göstergesi konumuna gelmektedir. Bu sayede teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde teknolojik ürün ihracatının fazla olması beraberinde ülkelerin ekonomilerinin büyümesine ve canlanmasına vesile olmaktadır (Karakostas, 2022).

Teknolojik gelişime uyumun başarılı olması için birçok adımın birlikte koordine içinde gerçekleşiyor olması gerekmektedir. Bu adımlardan en önemlilerinden birisi ekonomik getirisi yüksek olan teknolojik ürünlerin üretilip ihraç edilmesi gelmektedir. Ekonomik getirisi yüksek olan bu ürünler ihraç edildiğinde o ülkede kişi başına düşen GSYH oranının belli oranda arttığı gözlenmektedir. Bu durum ihraç edilen ürünler ile o ülkenin ekonomik büyümesi ve gelişimi arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (Sahin, 2019).



Şekil 1.6 BİT ürünleri ihracatı

Kaynak: CEICDATA

Şekil 1.6’da Türkiye’de yapılan BİT ürünleri ihracat verileri yer almaktadır. Şekilden BİT ürünlerindeki ihracat miktarının değişiminde artış ve azalışın yıllara göre değişkenlik gösterdiği gözlenmektedir.

Ülkelerin BİT ihracatlarında genel bir düşüş gözlemlense de bu düşüşün sebepleri arasında GSYH ya yansımayan GSYH oranı ile ölçümü zor olan internet gelişim verileri olduğu göz önüne alındığında BİT ihracatının GSYH ’ya katkısının tahmin edilen değerden fazla olduğu yapılan çalışmalarla teyit edilmiştir. Daha da önemlisi, yapılan birçok araştırma çalışmalarında, teknolojik gelişim ve ekonomik büyümenin, BİT harcamalarının kilit noktası olduğu ve BİT ürünlerine yapılan yatırımların ülke ekonomisine katkısının yüksek düzeyde olduğu vurgulanmaktadır (Welfens & Perret, 2014).

Dünya devletlerinde ekonomik kalkınma son yıllarda internetin yayılma hızı ve kapsamı da dikkate alınırsa BİT ürünleri ile birlikte anılmaya başlanmıştır. Çünkü bilim ve teknoloji ürünlerini kullanmaya geçen ülkeler ve firmalar üretkenliğin arttığının farkına varmışlardır (Watanabe, Naveed & Zhao, 2015). Üretkenlikteki bu artış ülke içinde kullanılan ve ihraç edilen teknolojik ürünlerin artmasına ve dolayısı ile bu artışın ülkenin teknolojik gelişimine olumlu bir şekilde yansdığı gözlemlenmektedir.

Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayısı, yüksek teknoloji ürün ihracatı ve bilgi ve iletişim teknoloji ihracatı değişkenlerindeki artış ve azalışın anlamlı olup olmadığını GSYH oranına etkisine bakarak analiz etmek oldukça önemlidir. Bu düşünce ile Türkiye’deki teknolojik gelişimin parametresi olarak kabul edilen değişkenlerimizin GSYH üzerindeki etkisi ve bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmak ve ilişkinin yönünü belirlemek için regresyon analizi ve Bayesyen regresyon analizi kullanılmıştır.

1.3. Literatür Taraması

Literatürde yer alan çalışmalarda bilebildiğimiz kadarıyla, teknolojik gelişim göstergelerinin GSYH üzerindeki etkilerini bizim yöntemlerimiz ile inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürdeki çalışmaların çoğunda Bayesyen yöntemler, doğrusal regresyon, panel veri, Gregory- Hansen, Johansen eş bütünleşme, en küçük kareler, en çok olabilirlik yöntemi, Granger nedensellik testi, Cox hayatta kalma analizi, Lojistik Regresyon, Naive Bayes, K-En Yakın Komşu, Destek Vektör Makineleri, yapısal işlevsel metodu, birim kök testleri, otoregresif dağıtılmış gecikme modeli, veri zarflama yöntemi, hata düzeltme vb. yöntemler kullanılmıştır. Çalışmanın mevcut literatürlerden en önemli farkı kullanılan değişkenler ve yöntem olarak ön plana çıkmasıdır. İlgili literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Yardımcı (2000) çalışmasında, doğrusal regresyondaki değişken seçimleri Bayes yaklaşımı aracılığı ile karşılaştırılmıştır. Önsel bilginin kabul edilebilirliğini test etmek için geliştirilen HARVES programı ile Hald’ın verileri ve hava kirliliği verileri kullanılarak yapay veriler ile gerçek verileri kıyaslamıştır. Çalışmada yazılımın çalışılacak verilerin belirlenmesi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Ekici (2005) çalışmasında, regresyon analizine, Bayesyen yaklaşım uygulanarak parametre tahmini yapılmıştır. Bayesyen yaklaşım ile hipotez testi, güven aralığı ve çıkarsama yapılmıştır. Bu çalışmada, Bayes yaklaşımının büyük ve küçük örnek verilerine uygulanabilir olduğu vurgulanmış ve bilgisayar programları sayesinde Bayesyen yaklaşımının uygulanmasının kolay olduğu sonucuna varılmıştır.

Sevinç (2007) çalışmasında, Bayesci vektör otoregresif modelleri; Diffuse, Minnesota, Normal-Diffuse, Normal-Wishart ve Genişletilmiş Doğal Eşlenik önsel dağılımları kullanılarak elde edilmiştir. Bu önsel bilgiler, çoklu zaman serilerinin bilinmeyen parametrelerinin önsel bilgilerini hesaplamada kullanılmıştır. Analitik olarak

çözölemeyen sonsal dağılımlarda MCMC kullanılmıştır.

Altuntaş (2011) çalışmasında, Bayes yaklaşımı ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve hipotez testlerine nasıl uygulandığı gösterilmiştir. Ayrıca bilgi ölçütlerinden Sapma Bilgi Ölçütü ile Bayesci Bilgi Ölçütü incelenmiş ve Carlin, Chib yaklaşımıyla hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır.

Erdoğan, (2013) çalışmasında, parametrik olmayan regresyon yöntemleri kullanılarak, Türkiye'nin ihracatının ithalatını karşılama oranları üzerine araştırma yapılmıştır. Bu yöntemlerin sabit bir modele bağlı olmama ve modellerde esneklik olması gibi özelliğinin olması kullanım açısından avantaj sağlamaktadır. Yapılan modellemede, düzeltme parametrelerinde, cezalandırılmış Bayesyen Splayn regresyon kullanımının uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Altındağ (2015) çalışmasında, Bayes yaklaşımının doğrusal olmayan yapısal eşitlik modellerine uygulama aşamalarını incelemiş ve anket çalışmasından faydalanarak beş farklı model kurulmuş ve en uygun model bulunmaya çalışılmıştır. Modellerin hepsinin iyi uyum gösterdiği tespit edilmiş olup, en iyi uyumun ikametgâh memnuniyeti ile kişisel ilişki arasında ölçölen doğrusal olmayan yapısal eşitlik modeli ile elde edildiğı sonucuna varılmıştır.

Inekwe (2015) çalışmasında, 2000 ile 2009 yılları arasında, ekonomik gelişmişlik düzeyi düşük, orta ve üst düzey olan 66 ölkö verileri üzerine inceleme yapılmıştır. Bu çalışmada Ar- Ge harcamalarının ekonomik gelişmişliği orta ve yüksek seviyede olan ölkelerde ekonomik büyüme üzerindeki etkisi anlamlı bulunurken gelişmişlik düzeyi düşük olan ölkelerde bu etkinin anlamsız olduğı bulunmuştur. Araştırmada en küçük kare GMM ve dinamik sistem GMM modeli ile havuzlanmış ortalama grup yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır.

Zhang ve Yang (2015) çalışmasında, doğalgaz tüketiminin tahmin edilmesi için Bayesyen model kullanılarak, bağımsız değişkenler endüstriyel yapı, nüfus, enerji tüketimi, yapılan enerji ihracatı ve enerji verimliliğinin bağımlı değişken GSYH üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çin de yapılan bu çalışmada sonuçlar diğöer yöntemlerle kıyaslandığında Bayesyen modelin daha iyi ve kabul edilebilir sonuçlar verdiğı gözlenmiştir.

Gencer (2016) çalışmasında, En çok olabilirlik yöntemi kullanılarak, Exponential Power, Weibull ve Odd Weibull dağılımlarının parametreleri hesaplanmış ve bazı yaklaşım metotları ile Bayes tahmin ediciler elde edilmiştir. Hata kareler ortalaması açısından Bayes ile diğöer yöntemler karşılaştırılmıştır.

Gündoğdu (2016) çalışmasında, Bayesyen yöntemi kullanarak balıklarda büyüme

parametrelerini tahmin etmiştir. Ayrıca Klasik yöntemle karşılaştırıldığında, parametreler arası korelasyon ve büyüme parametreleri açısından tüm balık türlerinde Bayesyen yaklaşımı ile elde edilen sonuçların daha iyi sonuçlar olduğu ve kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada balıkların büyüme parametreleri için en iyi yöntemin Bayes yaklaşımı olduğu sonucuna varılmıştır.

Algan, Manga ve Tekeoğlu (2017) çalışmasında, 1996 ile 2015 yılları arasında Türkiye'nin ekonomik büyümesinde, gelişen teknolojik yeniliklerin ve bilimin etkisi araştırmak amacıyla, patent başvuru sayısı, Ar-Ge harcamaları ve GSYH değişkenleri Granger nedensellik testi kullanılarak analiz edilmiş ve değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

Doğan, M. (2017) çalışmasında, Bayes yöntemi, teknoloji kabul modeli kullanılarak test edilmiştir. Bu çalışmada en çok olabilirlik, sağlam en çok olabilirlik ve Bayes yöntemi kullanılmıştır. Bayeste MCMC kullanılarak sonsal dağılımın parametreleri elde edilmiş ve Bayes tahmin yönteminin küçük örnek verilerinde daha iyi ve kabul edilebilir sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Özbay (2017) çalışmasında, lineer regresyonda kullanılan, Kısıtlı Ridge, Liu, Modified Ridge, iki parametrelili ve uyarlanmış optimal tahmin ediciler gibi yanlı tahmin edicilere Bayesyen yaklaşım uygulanmıştır. Yapılan çalışmada Bayes tahmin edici ve yanlı tahmin edicilerin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca en küçük kareler tahmin ediciye göre daha hassas çalıştığı sonucuna varılmıştır.

Özcan ve Özer (2017) çalışmasında, 1995 ile 2013 yılları arasında, Ar-Ge harcamalarının ve patent sayısının ekonomik büyümeye olan etkisi, 23 OECD ülkesi verileri kullanılarak incelenmiş ve panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizde ekonomik büyüme üzerinde, Ar-Ge harcamalarının ve patent başvuru sayısının kısa dönemde anlamsız bir etkinin, uzun dönemde ise bu etkinin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Öztürk ve Cengiz (2017) çalışmasında, önsel dağılımın seçimi üzerine ayrıntılı bir araştırma yapılmış ve farklı önseller kullanılarak Lineer Karma Model yardımıyla parametreler elde edilmiştir. MCMC kullanılarak parametrelerin tahmini değerleri bulunmuş ve modeller oluşturularak gerekli kıyaslamalar yapıldığında önsel dağılımın en iyi model bilgilendiricisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Petralia, Balland ve Morrison (2017) çalışmasında, 1993 ile 2007 yılları arasında 65 ülke için ABD Patent ve Ticari Marka Ofisinden alınan patent verileri kullanılarak, iki ayrı doğrusal olasılık modeli kullanılarak, yenilikçi teknolojik gelişimin ekonomik büyümeyi etkileme oranları araştırılmıştır. Ayrıca ülkelerin bugün sahip olduğu teknolojik

çeşitliliğin, gelecekte sahip olunabilecek teknolojik çeşitliliğe zemin hazırladığının tahmini yapılmıştır.

Temiz (2017) çalışmasında, Bulanık Bayesci hipotez testleri kullanılarak bilgi içeren önsel dağılım ve bilgi içermeyen önsel dağılım yardımıyla Bayes yaklaşımı ile sonuçlar hesaplanmıştır. Bulanık Bayes hipotez testlerinin klasik yöntemle göre daha avantajlı olduğu yapılan örnek çalışmalarla desteklenmiştir.

Foley (2018) çalışmasında, Matlab ve R programı kullanılarak Bayes yaklaşımını doğrusal regresyona uygulayarak ABD GSYH büyümesini tahmin etmiştir. Tahmin edilen aralığın geniş bir aralık olmasından dolayı, kullanılabilecek diğer modelleri araştırıldığında R modeli üzerine Bayesci Regresyonun uygulanmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Şeker (2018) çalışmasında, 2010 ile 2015 yılları arasında Türkiye'nin teknolojik gelişiminin, ihraç edilen yüksek teknolojlili ürünlerin, patent sayısının ve sanayi üretim endeksinin teknolojik transfer ve yabancı yatırımlar üzerindeki etkisini incelemek için, OECD üyesi 11 ülkeden elde edilen değişkenlere ait veriler, panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir.

Zerey (2018) çalışmasında, endeks BİST30 bulunan hisse senetleri kapanış fiyatları üzerine yapılan çalışmada klasik ve Bayesci yaklaşımla risk ve getiri değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Hangi hisse senetlerinin tercih edilmesi gerektiğine ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

Yurtçu (2018) çalışmasında, parametrik olmayan Bayes modeliyle, ortak değişkenler üzerinden eşitlenmiş puanlar elde edilerek bu puanların hedef teste olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Bu çalışmada yapılan istatistiksel programlar yardımıyla yapılan analiz sonuçlarına göre Bayes yaklaşımın, klasik yöntemlere göre daha kullanışlı ve bilgilendirici olduğu sonucuna varılmıştır.

Akkuş (2019) çalışmasında, sigorta şirketlerinin primlerini belirlerken adaletli bir prim belirlenmesi için kredibilite modelleri kurularak, Bayesci yaklaşım ve Bühlmann-Straub Kredibilite modellerine MCMC uygulanmıştır. Süreç arttıkça Bayesci yaklaşımın ve Bühlmann-Straub Kredibilite modeline göre daha iyi ve kabul edilebilir sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Süreç kısaldığında ise Bayesci yaklaşıma oranla Bühlmann-Straub Kredibilite modellerinin kullanımının daha uygun olduğu yorumu yapılmıştır.

Akpınar (2019) çalışmasında, görüntü sınıflandırma probleminde, Bayesci derin öğrenme ile evrişimli derin öğrenme karşılaştırılmıştır. Her iki programın birbirine göre avantajlı olduğu durumlar oluşmuştur. Bayes derin öğrenme, performansı artırırken ek zaman

maliyeti oluşmasına sebep olmuştur.

Erkan (2019) çalışmasında, Yapısal eşitlik modelleri kullanılarak nedensel ilişkilerin değişkenleri Bayesci tahmin ve en çok olabilirlik yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bayes yaklaşımının araştırmacılar tarafından tercih edilmesinde, verilerin karmaşık, çok düzeyli, doğrusal olmayan, sıralı kategorik, yarı parametrik ve klasik yaklaşımın kullanılmadığı kayıp verilerde etkili olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada gerçek veriler üzerinde yapılan karşılaştırmada Bayes yaklaşımının klasik yaklaşıma oranla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Güneş (2019) çalışmasında, 2000 ile 2014 yılları arasında, 32 OECD ülkesinde, Ar-Ge de yapılan harcamalarının ülkenin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisi panel veri kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca analizde birim kök ve Granger Nedensellik Testi yapılmıştır. Yapılan analizde ekonomik büyüme ile Ar-Ge de yapılan harcamalar arasında pozitif yönlü bir ilişki olmasına rağmen nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Kaya (2019) çalışmasında, Bayesyen yaklaşımı kullanılarak, önsel dağılımlara bağlı regresyon modeli oluşturulup modelin parametreleri Robust Bayesyen tahmin edici ile elde edilmiştir. Elde edilen parametreler gerçek veri ve simülasyon kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Kırca (2019) çalışmasında, seramik endüstrisinde kusurlu üretimin hangi aşamadan kaynaklandığının belirsizliği üzerine Bayes ağı modeli kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Her aşamada oluşabilecek kusur ve kullanılan maddelerin etkisi gibi etkenlerin hepsi olasılıksal olarak hesaplanmıştır.

Kocabalkan (2019) çalışmasında, genelleştirilmiş lineer karma modellemede, poisson dağılımı gösteren değişkenler kullanılarak Bayesci ve klasik yaklaşımlarla analizler yapılmış ve elde edilen sonuçların birbirine olan yakınlığı gözlemlenmiştir. Sonuçların yakınlığına rağmen, bu çalışmada Bayesci yaklaşımın kullanılması önerilmiştir.

Maraya (2019) çalışmasında, Güneydoğu Asya ülkelerindeki hızlı büyümeyi araştırırken Bayesci Ortalama Model yöntemi ve Bayesci Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemi kullanılmıştır. Büyümenin nedeni on ülkeye ait panel veri incelenerek tahmin edilmiştir.

Papananiasa, McLeayb, Mahfoufa ve Kadirkamanathana (2019) çalışmasında, Bayesyen doğrusal regresyon kullanarak, Endüstri 4.0'a doğru kullanılan sistemlerin çok aşamalı üretim süreçleri incelenmiştir. Çalışmada, süreç sonunda gerçekleşen durumları tahmin etmek için, süreç içinde gerçekleşen durumları kullanarak, Bayesyen regresyon analizine bağlı bir olasılık modeli geliştirilmiş ve Matlab programı kullanılarak bu model doğrulanmıştır.

Özgören (2019) çalışmasında, değişkenler sırası ile bağımlı değişken olarak alınıp regresyon denklemleri elde edildikten sonra bu denklemlerin açığortay denklemleri oluşturulmuştur. Bayes yaklaşımı kullanılarak bu açığortay denkleminin Bayes açığortay denklemi elde edilmiştir. Farklı örnek verileri kullanılarak tip 2 regresyon teknikleri arasında en iyi performansı Bayes açığortay denklemlerinin sağladığı belirlenmiştir.

Şeker, (2019) çalışmasında, 1989 ile 2017 yılları arasında Türkiye'nin ekonomik karmaşıklık endeksindeki değişimi ölçmek için yerli patent sayıları, sermaye yatırımları ve yüksek teknoloji ürünlerin ihracatı değişkenleri kullanılmıştır. Değişkenlerin arasındaki ilişkiler Gregory- Hansen ve Johansen eş bütünleşme testleriyle analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, Türkiye de yapılacak olan yatırımların, gelişmekte olan teknolojik yenilikler alanında, ihraç edilebilecek yüksek teknoloji ürünlerde yapılmasının, ekonomik karmaşıklık endeksinin artmasını sağlayacağı öngörülmüştür.

Taufiq, Astuti ve Fernandes (2019) çalışmasında, Weibull dağılımına sahip verilerde Coğrafi Ağırlıklı Regresyon (GWR) modeli kullanılmıştır. Bu veriler ile Cox hayatta kalma analizi yapılmıştır. Bu analizdeki, parametrelerin tahminini yapmak için Bayesyen yaklaşımı kullanılmıştır.

Çiftci ve Genç (2020) çalışmasında, Bezostaja buğdayının fiyatına etki eden değişkenler çeşitli regresyon yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Eldeki veriler için en iyi sonucu parametrik olmayan regresyonun verdiği ancak en küçük kareler yönteminin kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Koç (2020) çalışmasında, Weibull dağılımının parametrelerinin hangi yaklaşım ile daha iyi tahmin edildiğini test etmek için klasik yöntem ile Bayesci yöntem kullanılarak gerçek veriler üzerinden tahminler elde edilmiştir. Tüm örnekler için en iyi sonuç, MCMC kullanarak elde edilen Bayesci yaklaşım ile elde edilmiştir.

Sheng, Ma ve Xiong (2020) çalışmasında, endüstriyel gelişim içerisinde insan kaynaklarından tasarruf etmek ve maksimum seviyede faydalanmak için makine öğrenim tekniğiyle mühendislik tecrübesini birleştirerek akıllı sensörler geliştirilmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Gauss süreç regresyon tekniği kullanılarak, fiziksel müdahale etmeden, Bayesyen füzyon aracılığı ile parametreler tahmin edilip, endüstri 4.0 da Gauss süreç regresyonu modelinde aktif öğrenme yöntemine geçiş önerilmiş olup bu sayede insan gücünden tasarruf elde edileceği savunulmuştur.

Türk (2020) çalışmasında, makine öğrenme yöntemlerinden Lojistik Regresyon, Naive Bayes, K-En Yakın Komşu, Destek Vektör Makineleri yöntemleri kullanılarak şiddetle maruz kalan kişilerin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Lojistik Regresyon en iyi sınıflama

performansını veren yöntem olmuştur.

Uskov, (2020) çalışmasında, gelişen teknoloji ile birlikte, Rusya'nın ekonomik durumunu, bilimsel ve teknolojik açıdan analiz etmek için GSYH oranı ile bilimsel-teknik gelişimler, Ar-Ge fonları, endüstriyel-teknolojik yatırımlar ve ekonomik kararlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca gelişmiş ülkelerin ekonomik gelişiminin gelişen teknoloji ile ilişkileri de incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, karşılaştırmalı, diyalektik mantık, ampirik deneyim ve teori temelli analizler kullanılmıştır.

Uyar (2020) çalışmasında, 1984 ile 2018 yılları arasında Türkiye'nin ekonomik büyümesini, GSYH bağımlı değişkeninin toplam patent sayısı ve yabancı yatırım bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemek için Johansen Eş bütünleşme testi kullanılmıştır. Granger nedensellik testi yardımıyla ise değişkenler arasındaki nedensellik ölçülmüştür. Sonuç olarak bu değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlı ve pozitif yönlü olduğu tespit edilmiştir.

Uzun (2020) çalışmasında, Bayes hipotez testlerinin popülasyon oranı, popülasyon ortalaması ve iki popülasyon farkına nasıl uygulanacağı ayrıntılı bir şekilde irdelenmiş ve örneklerle bu çalışma desteklenip Matlab, R, SPSS programları yardımıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Gerçek veriler üzerinde Bayesci ve Klasik hipotez yöntemi kullanılarak iddialar test edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda Bayesyen yöntemin klasik yöntem yerine kullanılabilecek bir alternatif yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Miller, A. ve Miller, M. (2021) çalışmasında, gelişen bilimsel ve teknolojik yenilikler karşısında Rus ekonomisinin bu yeniliklere entegrasyon aşamaları incelenmiştir. Teknolojik entegrasyonun yeni teknolojik gelişimlerle donatılıp küresel düzeyde dönüşümlerini sağlayan organizasyon modeli önerilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin analiz ve sentezi yapısal işlevsel metodu ile aynı zamanda değişkenlerin eğilimlerini ve özelliklerini belirleme aşamasında da çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

Benito, Sebastián ve González-Gaya (2021) çalışmasında, Endüstri 4.0 kapsamında gelişen tüm cihazların çalışma ortamının sensörler yardımıyla daha konforlu bir duruma getirilmesi için, WEKA ve ELVIRA makine öğrenme araçları ile Bayes ağlarının kullanımına bağlı olarak analizi yapılmıştır. Bu çalışma, kişisel görüşmeler aracılığıyla toplanan veriler ile yapılan analiz, Endüstri 4.0 paradigmasında, HVAC kurulum tasarımının geliştirilmesinin, çevreyi koruyan, ekonomik büyümeyi hızlandıran, enerji tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır.

Lerena ve Guillermet (2021) çalışmasında, teknolojik ve sosyal kalkınma projelerinin Arjantin teknolojik sisteminin de tanıtılması için bir araç olarak kurgulanmıştır. Bir ulusal banka oluşturulup burada teknolojik ve sosyal projelerin ayırt edici özellikleri tanımlanmıştır. Ayrıca değerlendirme, tasarım aşamasının adil bir şekilde yapılmasını sağlamak için mevcut yöntemlerden farklı ex post ad değerlendirme teknolojisi tasarlanmıştır. Bu alanda ilk olan çalışma, projeler için çerçeve bir kavram haritası oluşturmayı amaçlamaktadır.

Liu (2021) çalışmasında, işletmelerin gelişen teknolojik gelişim ve bilim karşısında performansını ölçmek ve tahmin etmek için, derin öğrenmeye dayalı bir analiz yapılmıştır. Bu analizde değişkenleri karşılaştırmak için Naive Bayes, destek vektör regresyon, lojistik regresyon ve diğer akım modelleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, derin sinir ağları modeli, ana akım yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Tunalı ve Güz (2021) çalışmasında, 2010 ile 2016 yılları arasında 79 ülkeden alınan verilerin kullanıldığı panel veri analizinde, bilgi ve iletişim teknolojileri endeksinin, ekonomik büyümeye etkisi, oluşturulan beş farklı model üzerinden araştırılmıştır.

Anwar, Malik ve Ahmad (2022) çalışmasında, 1996 ile 2018 yılları arasında, E7 ülkelerinin dünya bankasından alınan verileri kullanılarak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin teknolojik inovasyon ve kurumsal kalitenin rolünü araştırmak için CO2 emisyonunun, kişi başı gelir, teknolojik yenilik, ticari açıklık ve kurumsal kalite değişkenleri nicel regresyon yöntemiyle araştırılmıştır. Kurumsal kalite ve teknolojik yeniliklerin CO2 emisyon kullanımının azaltılmasında önemli bir etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır.

Jahanger, Usman, Murshed, Mahmood ve Balsalobre-Lorente (2022) çalışmasında, 1990 ile 2016 yılları arasında gelişmekte olan 73 ülkenin ekolojik ayak izi verilerinin, küreselleşme, ülkelerin ekonomik büyümesi, doğal kaynakların tüketimi, finansal gelişme, beşerî sermaye ve teknolojik yenilik değişkenleri arasındaki ilişki, eş bütünleşme ve birim kök testleri ile test edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişki ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki bu hızlı gelişimin sürdürülebilir çevre hedefleriyle uyumlu olması gerektiği vurgulanmıştır.

Kiani, Sabir, Qayyum ve Anjum (2022) çalışmasında, 1991 ile 2018 yılları arasında gelişen teknolojik yeniliklerin çevre üzerindeki etkisini araştırmak için, Güney Asya ve Güneydoğu Asya bölgelerinden bazı ülkeler seçilmiştir. Bu ülkelerin ekolojik ayak izlerinin, GSYH, patent başvuru sayısı, kentleşme, ticari açıklık ve yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelemek için, elde edilen veriler eş bütünleşme testi, birim

kök testi ve otoregresif dağıtılmış gecikme modeli kullanılarak analiz edilmiştir.

Kozlova ve Didenko (2022) çalışmasında, G7 ve E7 ülkelerindeki insanların, gelişen teknoloji karşısında yaşam kalitesinin nasıl etkilendiği incelenmiştir. Bu ülkeler birbiriyle karşılaştırılırken, insani gelişme endeksi, Gini endeksi, uluslararası yoksulluk sınırı, tüketici fiyat endeksi, patent başvuru sayısı, teknik iş birliği hibelerinin sayısı, Ar-Ge' de çalışan teknisyen sayısı ve yüksek teknoloji ihracat sayısı değişken olarak kullanılmıştır. Analizde, Dickey Fuller, Student t, Ljung-Box Q-testleri ve en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada sosyal kalkınma stratejilerinde teknolojik gelişimin yaşam kalitesi üzerindeki etkisinin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Mehmood, Iftikhar ve Khan (2022) çalışmasında, OECD ülkelerinde, gelişen eko-teknolojilerinin enerji tüketimi ve CO2 emisyonlarının uyumunu test etmek için veri zarflama yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Bu analizde girdi değişkenleri olarak, konvensiyonel ve yenilenebilir enerji tüketimi ile toplam işgücü alınmıştır. Çıktı değişkenleri için GSYH ve yerli patent, tasarım ve ticari marka sayısı kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda eko-teknolojik yeniliklerin arttırılmasının ve enerji tüketimi ile CO2 emisyonlarının azaltılmasının çevreyle ilgili sorunların çözümünde katkı sağlayacağı vurgulanmıştır.

Mohamed, Liu ve Nie (2022) çalışmasında, 1990 ile 2018 zaman aralığını kapsayan yıllarda ekonomik büyüme ile teknolojik gelişim arasındaki ilişkiyi incelemek için gelişmekte olan 20 ülke seçilmiştir. Bu ülkelerin GSYH büyüme oranı ile teknolojik değişkenler, hata düzeltme modeli ve eş bütünleşme yöntemi kullanılarak test edilmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca Granger nedensellik testi uygulanarak değişkenler arasındaki nedensellik yönü test edilmiştir.

Mora-Apablaza ve Navarrete (2022) çalışmasında, 2006 ile 2015 yılları arasında ABD Patent ve Ticari Marka Ofisi tarafından 44 ülke ile bağlantılı olarak verilen patentler analiz edilmiştir. GSYH ile patent sayısı ve patent atıf sayısı kullanılarak ülkelerin teknolojik kapasitesini ölçen açıklanmış karşılaştırmalı avantaj testi kullanılmıştır. Bu çalışmada patent atıf sayısının, ülkelerin teknolojik gelişimleri hakkında iyi bir tahmine izin verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Zhang, W., Zhang, T. Li ve Zhang, H. (2022) çalışmasında, Ar-Ge ve dijital teknoloji yatırımlarının uzun vadede Endüstri 4.0 üzerindeki değişimini incelemek için 2000-2014 yılları arasındaki veriler simüle edilerek 2015-2050 arasındaki teknolojik gelişimi tahmin etmek için model oluşturulmuştur. Bu model aracılığıyla gelişimin endüstri ve zaman boyutları incelenmiştir. Çalışmada, sanayi zincirinin yönünün yukarı olmasının ekonomik

büyümeıı etkilediği sonucuna varılmıştır.



BÖLÜM II

TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Olasılık

Olasılık kavramının kullanımı insan yaşamının her döneminde izlerini taşımaktadır. MÖ 1800 yıllara ait mezarlarda şansa dayalı oyunlar oynandığına dair kalıntılar bulunmuştur. Eski Yunanlılar ve Romalılar tarafından, fildişinden, hayvan kemiklerinden ve taşlardan zarlar yapılmıştır. Ayrıca Emperor Claudius'un (MÖ 10- MS 54) zarda nasıl kazanılır adlı bir kitap yazdığı söylenmektedir (Bluman, 2005). Ancak olasılık teorisi, şans oyunlarındaki problemlerin çözümü üzerine Pierre de Fermat ile Blaise Pascal arasında on yedinci yüzyılda geçen yazışmayı başlangıç kabul etmiştir. Bu iki ünlü matematikçinin çözmüş olduğu problemler olasılık teorisinin gelişmesini ve daha sonra birçok bilim insanı tarafından katkı sağlanarak günümüzdeki halini alması sağlanmıştır. Olasılık teorisi, günümüzde fizikten müziğe, sağlık alanındaki risklerin belirlenmesinden hava tahminine, sigortadan yatırıma kadar bilimsel çalışmaların birçok alanında kendisine yer bulan matematiksel bir yaklaşımdır (Grinstead & Snell, 1997).

Olasılık, bir deney sonucunda elde edilen durumlarla ilgilenen, sonucu kesin olmayan olaylara denir. Olasılık denince akla ilk şans oyunları gelmekle birlikte bilimsel çalışmalarda da oldukça yaygın kullanımı vardır. Olasılık kullanılan bazı kavramlar, deney, örnek uzay, olay ve sonuç olarak sayılabilir. Bu kavramlar, Deney, yapılacak çalışma ile ilgili yapılan gözlem ve ölçümlerin bütünü olarak değerlendirilebilir. Burada yapılacak deneme belli şartlar altında, tekrarlanabilen, teorik olarak her denemede farklı sonuçların elde edilmesine imkân veren ve sonuçların belli kriterlere göre gerçekleşmiş olma şartlarını yerine getiren durumları içermektedir. Deney sonucunda gerçekleşen ve elde ettiğimiz veriye sonuç denir. Örnek uzay, bir deneme sonucunda gelebilecek tüm ihtimallerin kümesidir ve S ile gösterilir. Eleman sayısı sayılabilir çoklukta ise kesikli örnek uzay, verilen bir aralıktaki tüm değerleri alıyorsa sürekli örnek uzay kategorisinde tanımlanır. Bir zar atıldığında zarın üst yüzüne gelebilecek tüm çıktılar kesikli örnek uzaya, sayı doğrusu üzerindeki herhangi bir aralıktan bir nokta seçilmesi de sürekli örnek uzaya bir örnektir. Olay, deneyde ilgilendiğimiz, olmasını istediğimiz örnek uzayın tüm alt kümesine denir ve bir zar atıldığında üst yüzüne gelen sayının asal sayı olması, tek sayı olması, çift sayı olması

gibi durumların her birine olay denir. Olayı; kesin olay, imkânsız olay, ayrık olay, bağımlı ve bağımsız olay gibi alt başlıklarda altında inceleyebiliriz. Kesin olay, örnek uzayın olayına kesin olay denir. Bir madeni para atıldığında üst yüzüne tura veya yazı gelmesi kesin olaydır. Kesin olayın gerçekleşme olasılığı 1 dir. İmkânsız olay, gerçekleşme ihtimali olmayan olaylardır. Diğer bir ifadeyle boş kümenin olayına denir. Bir zar atıldığında üst yüzüne 7 gelmesi imkânsız olaydır. İmkânsız olayın gerçekleşme olasılığı 0 dır. Ayrık olay, iki olayın aynı anda meydana gelme ihtimali yok ise yani aynı örnek uzaya sahip bir deney sonucunda gerçekleşen olayların ortak elemanı bulunmuyor ise olaylar ayrıktır denir (Georgescu, 2012).

A olayı, eşit olasılıklı bir deneyde S örnek uzayının bir alt kümesi olmak üzere, A olayının olma olasılığı, istenen A olayının eleman sayısının S örnek uzayının eleman sayısına oranlanması ile bulunur. Yani,

$$P(A) = \frac{\text{İstenen ihtimallerin sayısı}}{\text{Gelebilecek tüm ihtimallerin sayısı}} = \frac{n(A)}{n(E)} \quad (2.1)$$

şeklinde hesaplanır (Krishnan, 2006).

2.1.1.Olasılık Tanımları

2.1.1.1. Objektif Olasılık

Tekrarlanabilen rastgele bir deneye bağlı olayın olasılığına denir. Klasik ve relatif frekans olasılık olarak ikiye ayrılır.

2.1.1.2. Klasik Olasılık

Bir madeni paranın havaya atılması deneyinde yazı veya tura gelme durumlarından birinin diğerinin gelme ihtimalini etkileyen bir fiziksel fark söz konusu olmadığında klasik olasılık geçerlidir. Burada simetri sayesinde herhangi bir olay için hep aynı olasılığı atarız. Yani örnek uzayın tüm elemanlarının meydana gelme olasılıkları eşit kabul edilip, n örnek noktadan oluşan örnek uzayında bir elemanın meydana gelme olasılığı $1/n$ şeklinde hesaplanmaktadır (Grinstead & Snell, 1997). Diğer bir ifade ile istenen veya ilgilenilen olayın gerçekleşme durumunun, gerçekleşme durumu söz konusu olan tüm olası duruma oranına klasik olasılık denir.

2.1.1.3. Relatif Frekans Olasılık

Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmediğini araştırmak için yapılan deneye ve bu deneyden elde edilen sonuca bağlı kalınarak hesaplanan olasılığa relatif frekans olasılık

diğer adıyla deneysel olasılık denilmektedir. Örneğin madeni para atma deneyinde her bir deneme sonucuna 0.5 olasılık değeri atamak yerine yapılan deney sayısına bağlı kalınarak tura gelme 0.52, yazı gelme 0.48 gibi olasılık değerlerinin oluşabileceğini ve bu değerlerin yeni deney sonuçlarına göre değişebileceğini varsayan bir yaklaşımdır. Buradan hareketle, deneysel olasılık ilgilendiğimiz, olmasını arzu ettiğimiz olayın sayısının tüm deneme sayısına oranlanarak elde edilmesi ile ilgilenmektedir. Diğer bir ifadeyle, yapılan n adet deneyden bir A olayının gözlenme sayısının toplam deney sayısına bölünmesiyle hesaplanan olasılık $P(A) = n(A) / n$ şeklinde hesaplanır. Büyük sayılar kuralına göre, yapılan deney sayısı arttıkça frekans olasılık değeri klasik olasılık değerine yaklaşır (Bluman, 2005). Yani

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n(A)}{n} \quad (2.2)$$

olarak hesaplanır. Burada bahsi geçen düşünce, sonsuz sayıda yapılan özdeş deneyler ele alındığında gerçek sonucu elde etme fikrine dayanmaktadır. Ancak sonsuz sayıda deney yapabilme imkânı sınırlı olsa da yeterince büyüklükte bir sayıyla çalışıldığında elde edilen sonucun eğilimi rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Ayrıca gerekli matematiksel işlemler yapıldığında da bu limit değerinin sabit bir sayıya yakınsadığını rahatlıkla görebilmekteyiz (Applebaum, 1996).

2.1.1.4. Subjektif (Öznel, Kişisel) Olasılık

Subjektif olasılık, kişinin kendi tahminlerine ve önceki tecrübelerine dayanarak elde ettiği olasılığa denir. Bazen kişilerin olmasını istediği durumlar karşısında bulunduğu olasılıksal tahmin yanlı olmakta bu da güvenilirliği düşürmektedir. Çünkü bu olasılık kişisel akıl yürütme ve kişinin kendi vermiş olduğu yargıya dayanmaktadır. Bu yönüyle diğer olasılık yaklaşımları tarafından eleştiri konusu olmuştur.

Kesin olmayan kişisel tahmin ve görüşü de içinde barındıran öznel olasılığın günlük yaşamda kullanım alanı oldukça fazladır. Örneğin yapılan bir spor müsabakasının sonucunun tahmini gibi birçok konuda kullanılmaktadır. Ancak bu tahminlerin önceki deneyimlere bağımlılığı arttıkça yapılan tahminin gerçekçi olma ihtimalide giderek artmaktadır (Bluman, 2005).

2.1.1.5. Marjinal, Bileşik ve Şartlı Olasılık

Marjinal olasılık, değişkenler üzerinden bilinen olasılık dağılımının sadece bir alt kümesi üzerinden hesaplanan olasılığa denir. Diğer bir ifadeyle başka olayların

olasılıklarını dikkate almadan yalnız bir olayın olasılığını bulmaya denir. Bileşik olasılık, iki veya daha fazla olayın birlikte veya ardarda gerçekleşmesi olayına denir. Bir olayın gerçekleşmesi daha önce gerçekleşen bir olaya bağlı ise bu olaylara koşullu olasılık denir. A olayının gerçekleşmesi daha önce gerçekleşmiş B olayına bağlı ise

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (2.3)$$

şeklinde hesaplanır (Stirzaker, 2003; Roussas, 2003).

2.1.2. Olasılıkta Olaylar

2.1.2.1. Bağdaşan ve Bağdaşmayan Olaylar

Bağdaşan olaylar, birlikte gerçekleşebilen olaylara denir ve A veya B nin gerçekleşme olasılığı,

$$P(A \text{ veya } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ ve } B) \quad (2.4)$$

dir.

Bağdaşmayan olaylar, birlikte gerçekleşme ihtimali olmayan olaylara denir ve A veya B olayının gerçekleşme olasılığı,

$$P(A \text{ veya } B) = P(A) + P(B) \quad (2.5)$$

dir (Stirzaker, 2003; Roussas, 2003).

2.1.2.2. Bağımlı ve Bağımsız Olaylar

Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmeyeceği diğer bir olayın gerçekleşip gerçekleşmediğine bağlı değil ise bu olaylara bağımsız olaylar denir.

Bağımsız olayların birlikte gerçekleşme olasılığı hesaplanırken olasılıklar ayrı ayrı hesaplanıp bulunan sonuçlar çarpılır. A ve B bağımsız olaylarının birlikte olma olasılıkları

$$P(A \text{ ve } B) = P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B) \quad (2.6)$$

dir.

Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmediği diğer bir olayın gerçekleşip gerçekleşmediğine bağlı ise bu olaylara bağımlı olaylar denir. Bağımlı olayların birlikte gerçekleşmesi olasılığı hesaplanırken bu olasılıkların oluş sırası ve birbirini etkilerini düşünerek hesaplayıp çarpılır. B olayı A olayının gerçekleşmiş olmasına bağlı ise

$$P(A \text{ ve } B) = P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B|A) \quad (2.7)$$

şeklinde hesaplanır (Erbaş, 2014; Roussas, 2003).

2.1.3. Olasılık Kuralları

İki veya daha fazla olayın gerçekleşme ihtimali hesaplarken, toplama veya çarpma yöntemi kullanılır.

2.1.3.1. Olasılıkta Toplama Kuralı

İki olaydan biri m farklı şekilde, diğer olay ise n farklı şekilde gerçekleşebilen ayrık olaylar ise; Birinci veya ikinci olay m+n farklı şekilde gerçekleşebilir.

A veya B olaylarının gerçekleşme olasılığı

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad (2.8)$$

dir. Eğer olaylar ayrık ise

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad (2.9)$$

şeklinde hesaplanır. A, B ve C olaylarının olasılığı,

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cap B) - P(A \cap C) - P(B \cap C) + P(A \cap B \cap C) \quad (2.10)$$

dir. Eğer olaylar ayrık olayla ise,

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) \quad (2.11)$$

şeklinde hesaplanır (Stirzaker, 2003; Roussas, 2003).

2.1.3.2. Olasılıkta Çarpma Kuralı

İki olaydan biri m farklı şekilde, diğer olay ise n farklı şekilde gerçekleşiyor olsun. Bu olaylar aynı anda veya ardışık olarak gerçekleşebilen olaylar ise; birinci ve ikinci olay m×n farklı şekilde gerçekleşir. A ve B olaylarının olasılığı bağımsız ise,

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B) \quad (2.12)$$

şeklinde elde edilir. Bağımlı ise,

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B|A) \\ P(A \cap B) = P(B) \cdot P(A|B) \quad (2.13)$$

şeklinde elde edilir. A, B ve C olaylarının olasılıkları aynı mantıkla bağımsız ise,

$$P(A \cap B \cap C) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C) \quad (2.14)$$

şeklinde, bağımlı ise,

$$P(A \cap B \cap C) = P(A) \cdot P(B|A) \cdot P(C|AB) \quad (2.15)$$

şeklinde elde edilir (Stirzaker, 2003; Roussas, 2003).

2.1.4. Olasılık Dağılımları

2.1.4.1. Süreksiz (Kesikli) Olasılık Dağılımları

Şans değişkeni birbirinden farklı negatif olmayan tamsayı değerini alıyorsa veya sıfır dahil pozitif tamsayı değerini alıyorsa bu şans değişkenine kesikli şans değişkeni denir.

Bir fonksiyonun olasılık fonksiyonu olabilmesi için

- $P(r) \geq 0$
- $\sum_{r=0}^n P(r) = 1$ (2.16)

olmalıdır (Tijms, 2007).

2.1.4.2. Sürekli Olasılık Dağılımları

Eğer bir şans değişkeni belirli bir aralıkta sonsuz sayıda değer alıyorsa bu değişkene sürekli şans değişkeni denir. Bu şans değişkenlere ilişkin olasılıkların dağılımlarına sürekli dağılım ve olasılık fonksiyonuna olasılık yoğunluk fonksiyonu denir. Bir fonksiyonun olasılık yoğunluk fonksiyonu olması için,

- $f(x) \geq 0$
- $\int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = 1$ (2.17)

olmalıdır (Tijms, 2007).

2.2. Bayesyen Yaklaşımı

Bayes yaklaşımı, Bayes' in Şans Doktrini probleminde bahsettiği deneme ile başlamaktadır. Kendi ismiyle anılan Bayes Teoremi, 18. Yüzyılda yaşayan matematikçi rahip Thomas Bayes (1702, 1761) tarafından ortaya atılmıştır. Teorinin ortaya atıldığı dönemlerde matematiksel ve teknolojik gelişmeler bu kadar gelişmediği için problemin hesaplama yöntemleri oldukça zor olmasına rağmen büyük çaba sarf ederek başarmışlardır. Bayes yaklaşımında, mevcut verilerden akıl yürüterek nedenlere ulaşmaya çalışması bu soruna en büyük katkısıdır. Burada olayların sırası ve kullanılan kavramlar, matematiksel gösterim ve terminoloji ile kolayca açıklanabilmektedir (Bernardo & Smith, 2000).

Bayesci yaklaşım, örneklemden elde edilen veriler ile ön bilgi veya ön bilgi olasılıkları birleştirilerek son olasılık dağılımını oluşturularak ilgili tahmine yönelik bir

yöntemdir. Bayes yaklaşımında, ön dağılımdan alınan θ rasgele değişkeni, örneklem değerleri ile birleştirilerek sonsal dağılım elde edilir. Kısaca son dağılım, ön dağılımla gözlenen değerlerin birlikte değerlendirilmesidir (Altındağ, 2015). Burada ön bilginin kullanımı, son bilgi dağılımını doğrudan etkilediği için Bayesci analizde önemli bir yeri vardır. Son bilgi dağılımının analitik çözümünün yapılabilmesi için, ön bilgi dağılım ile olabilirlik fonksiyonu ortak özelliklere sahip olmalıdır (Temiz, 2017).

Geçmiş yıllarda bilgisayar alt yapısının gelişmediği zamanlarda Bayes yönteminin kullanılması oldukça zor ve sayısal entegrasyonların çözümü oldukça zahmetli ve bazen mümkün değildi. Ancak son zamanlarda bilgisayarda gelişen teknolojik yenilik ve alt yapı bu işlemlerin daha kolay bir şekilde yapılabilmesine imkân vermiştir. Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile birlikte, Bayesyen yaklaşımının boyut olarak büyümesi ve şekil değiştirmesi, istatistik dünyasında ilgiyi üzerine çekmektedir. Bu şekil olarak değiştirme ve değişimler sonucunda büyüme son hızla devam etmektedir (Bernardo & Smith, 2000). Bu gelişim bir nevi Bayes açısından devrim niteliğinde olmuştur. Klasik modele uyumu zor olan, karmaşık modellerin, iç içe hiyerarşik modellerin tahmini kapsamlı bir şekilde yapılabilir (Congdon, 2006). Ayrıca küçük örnek gruplarında, eksik veya yanlış ölçülen verilerde, gözlenmemiş verilerde, bilgisayar algoritmalarındaki gelişim sayesinde, sonlu örnek çıkarımı yaparak, (Dubois & Prade, 1988) Bayes modellerinin uygulanabilirliğini arttırmış ve parametrelerin iyi bir tahminini verdiği kanıtlanmıştır (Richardson & Best, 2003).

Bayes yaklaşımını kullanmak için öncelikle modelin bir olasılık dağılımı belirlenir. Bu dağılımdan elde edilen parametrelerin marjinal olasılıklarına bakılarak uygun olan önsel dağılım belirlenir. Burada önsel bilgi ile elde edilen verilerin birleştirilmesi sonucu elde edilen sonsal bilgiyi bulmada kullanılan Bayes yöntemi, aslında klasik yöntemi parametrelerin tahmini yönünde geliştirebilir. Çünkü elde edilen sonsal dağılımın önsel bilgiden gelen bilgi birikiminden dolayı daha fazla kesinliğe sahip olmasıdır (Congdon, 2006).

Klasik yaklaşımda, parametrenin değeri önceden belirlenmiş bir kritik noktaya düşerse hipotez kabul edilir. Aksi durumda hipotez reddedilir. Ancak Bayes yaklaşımında durum biraz farklıdır. Hipotez testini kabul ya da red konusunda biraz sağduyulu yaklaşılır.

Doğrusal Bayes yaklaşımın bazı önemli özelliklerini şöyle sıralayabiliriz,

- Bayes yaklaşımı öznelidir. Niceliksel biçimde ifade edilen önsel bilgilerimiz elde edilen veriler ile birleştirilmektedir.

- Önsel bilgide değişim yapmadan olduğu gibi yansıtıldığında yapılmak istenen analizlerin sonucu beklenen sonuca yakın olarak belirlenmektedir.
- Analiz sonucunu hesaplamaya, olmasını arzu ettiğimiz beklentilerle başlamak, çalışmaya konu olan problem hakkındaki ilk kritik belirsizliğin giderilmesine etki etmektedir.
- Önsel ile eldeki verilerden elde edilen olabilirlik fonksiyonundan elde edilen olasılıklar kolaylıkla elde edilmektedir.
- Elde edilen sonsal dağılım, mevcut veri ile önsel bilginin bir kombinasyonu olduğundan kişisel inançtan bir nevi kurtulmuş olur.
- Önsel bilgiler koşullandırma kullanılmadan doğrudan doğrusal uydurma ile belirlenebilmektedir.
- Bayes yönteminde kullanılan doğrusal uydurma, tam koşullu karmaşık sorunlarından oldukça kolaydır.
- Önsel bilgi değiştiğinde, değişikliğin analize ilave edilmesi ve analiz sonucunun yorumunda meydana gelen değişimler incelenebilmektedir.
- Önsel bilgi ile veriden elde edilen bulgular analiz sonucunda karşılaştırılabilir.
- Bayes doğrusal analizi ile elde edilen yapının birçoğu görsel olarak, doğrusal grafik kullanılarak gösterilebilir. Bu durum Bayes analizinin sezgisel olarak anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır (Ntzoufras, 2009; Congdon, 2006; Goldstein & Wooff, 2007).

Elde ettiğimiz gözlem verilerine bağlı kalınarak, gözlenmemiş geçmişteki verilerden veya gelecekteki veriler hakkında çıkarım yapmak için kullanılabilir. Modelden elde edilen çıkarımlar hakkında şüphe oluşursa, gözlenen verilerden elde edilen model ile kıyaslama yapılabilir. Bu iki model arasında tutarsızlık olup olmadığı böylece test edilmiş olmaktadır.

Bayesyen yaklaşımın istatistiklere sağladığı avantajların bazılarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Karmaşık modellerin birçoğuna klasik istatistiksel yöntemler uygulanamamakta, Bayesyen yaklaşım karmaşık modellere uyarlanabilmektedir. Ayrıca klasik

yaklaşım ile Bayes yaklaşımının sonuçlarının benzer çıkması yönteme olan güven duygusunu desteklemektedir.

- Klasik yaklaşım, büyük örnek verileri için maksimum olabilirlik yöntemine bağlı olarak yansız çıkarımlar yapmaktadır. Küçük örnek verilerinde yanlış olabilir. Oysa, Bayes yaklaşımı küçük ve büyük örnek verilerinde kesin sonuç vermektedir.
- Rastgele değişkenlerin belirsizliğini hesaplamak klasik yöntemlerle oldukça zor olmasına rağmen Bayes yaklaşımı ile buna benzer veya daha karmaşık modelleri tahmin etmek oldukça kolaydır.
- Geçmiş deneyimlerimiz ile mevcut verileri olasılık kurallarını kullanarak birleştirip çıkarım yapma imkânı verdiği için bilgilerin birleştirilmesinde çerçeve niteliğindedir. Bunun yanında geçmiş deneyimlerimizi dikkate almadan da klasik yaklaşımdan elde edilen çıkarıma benzer bir çıkarım yapma imkânı vermesinden dolayı oldukça kullanışlıdır.
- Klasik yaklaşımda mevcut veriler kullanılarak çıkarım yapıldığı için kişisel inançlardan faydalanarak hesaplanan Bayes yaklaşımına göre sezgisel bir durum söz konusu değildir. Oysa Bayes yaklaşımı önceki bilgilerle mevcut bilgilerin bir kombinasyonu niteliğinde olduğu için sezgiseldir.
- Önsel bilginin kullanılması bazen kişisel deneyime bağlı olduğu için klasik yaklaşımcılar tarafından eleştiri konusu olmaktadır. Oysa önsel bilgiler mevcut veriler kadar güvenilir olduğunda elde edilen sonuçlar klasik yaklaşımdan elde edilen sonuçlardan daha kullanışlı olmaktadır (Ntzoufras, 2009; Congdon, 2006; Goldstein & Wooff, 2007).

2.2.1. Bayes Teoremi

Bayes teoremi, 18. Yüzyılda Thomas Bayes (1702, 1761) tarafından ortaya atılmıştır. Bayes teoremi ile ilgili makale, Thomas Bayes'in ölümünden sonra yakın arkadaşı Richard Price tarafından Kraliyet ailesine sunulmuştur. Şans doktrinindeki bir sorunu çözmeye yönelik bir deneme (An essay towards solving a problem in the doctrine of chances) isimli makale yayımlanarak Thomas Bayes'in ismi ile anılmaya başlanmıştır.

Makale, özetle;

H hipotezi X ise mevcut veriyi göstermek üzere,

$$P(H|X) = P(X|H).P(H)/P(X) \quad (2.18)$$

şeklinde olup, $P(H)$ önceki inanç derecemizi (önsel bilgiyi), $P(X)$ mevcut veriden elde edilen olasılık değerini ve $P(X|H)$ ise mevcut veri ile inanç derecemizin birleşiminden oluşan benzerlik oranını, $P(H|X)$ ise sonsal oranı göstermektedir. Teorem hipotezin güncellenmiş halinin verilerden nasıl elde edileceği sorununa çözüm aramaktadır (Bernardo & Smith, 2000).

Temeli koşullu olasılığa dayanan bu teorem, ön olasılık ile örneklemden elde edilen olasılığın birleştirilmesi sonucu elde edilen sonsal olasılığa dayanır. Bayes teoremi;

$B_1, B_2, \dots, B_k$ ayrık kümeler olmak üzere,

$S = B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_k$ ve A, S örnek uzayında herhangi bir olay ise

$$A = (B_1 \cap A) \cup (B_2 \cap A) \cup \dots \cup (B_k \cap A)$$

olup

$$P(A) = P(B_1 \cap A) + P(B_2 \cap A) + \dots + P(B_k \cap A) \quad (2.19)$$

şeklinde yazılabilir.

$$P(B_i|A) = \frac{P(B_i \cap A)}{P(A)}, \quad P(A) \neq 0 \quad \text{ve } i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (2.20)$$

koşullu olasılığından hareketle,

$$P(B_i|A) = \frac{P(B_i \cap A)}{P(A)} = \frac{P(B_i \cap A)}{P(B_1 \cap A) + P(B_2 \cap A) + \dots + P(B_k \cap A)}$$

$$P(B_j|A) = \frac{P(B_j \cap A)}{\sum_{i=1}^k P(B_i \cap A)}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, k \quad (2.21)$$

(2.21) eşitliğinde (2.20) eşitliği kullanılarak,

$$P(B_j|A) = \frac{P(B_j)P(A|B_j)}{\sum_{i=1}^k P(B_i)P(A|B_i)}, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (2.22)$$

şeklinde yazılabilir (Akdeniz, 2018; Meester, 2008).

2.2.2. Bayesyen Olasılık Dağılımları

Bayesyen olasılık dağılımlarında son olasılıkları elde etmek için ilk olasılıkların dağılımlarını belirlemek önemlidir. İlk olasılığın kesikli ve sürekli olmasına bağlı olarak hangi dağılımı kullanacağımıza karar verilmelidir. İlk olasılığın dağılımı belirlendikten sonra buna bağlı olarak benzerlik ve son olasılık dağılımları belirlenmiş olur (Kéry, 2010).

2.2.3. Bayesyen İstatistikte Tahmin

Tahminler, gözlenmiş veri değerlerine bağlı kalınarak, gelecekteki gözlenmemiş veriler için beklenen değer varsayımsal değerinden oluşmaktadır. Parametrelerin değerleri ve sonsal dağılımdan elde edilen veriler belli bir güven aralığı içerisinde değerlendirilmektedir (Kéry, 2010).

Klasik yöntemde, θ parametresi tahmin edilecek bilinmeyen bir sabit değer olarak alınırken, Bayes yaklaşımında, bir olasılık dağılımına ait bir rastlantı değişkeni olarak alınır. Bayes teoremi uygulandığında (2.25) gibi bir sonsal dağılım elde edilecektir. Sonsal dağılım hem önsel dağılıma hem de örnek verilere bağlıdır. Sonsal dağılım bir nevi önsel dağılım ile veri arasında bir ağırlıklı ortalama görevi görmektedir. Çünkü veri sayısı fazla, ön bilgi az ise sonsal dağılım verilere benzeyecektir. Aynı düşünce ile veri sayısı az, önsel bilgi çok ise sonsal dağılım önsel bilgiye benzeyecektir.

x_i , gözlenen verilerimiz, θ ise parametre olmak üzere,

Dağılımımız kesikli ise, x_i bilindiğinde, θ nın son olasılık dağılımı

$$P(\theta | x_i) = \frac{P(\theta) \cdot P(x_i | \theta)}{\sum P(\theta) \cdot P(x_i | \theta)} \quad (2.23)$$

şeklinde elde edilir.

Eğer dağılımımız sürekli ise, x_i bilindiğinde θ nın son olasılık dağılımı

$$P(\theta | x_i) = \frac{P(\theta) \cdot P(x_i | \theta)}{\int_{-\infty}^{+\infty} P(\theta) \cdot P(x_i | \theta)} \quad (2.24)$$

şeklinde elde edilir.

(2.23) ve (2.24) eşitliklerinin paydalarındaki değerler, tüm sonsal olasılıkların

$\sum P(\theta) \cdot P(x_i | \theta)$ toplamının veya $\int_{-\infty}^{+\infty} P(\theta) \cdot P(x_i | \theta)$ integralinin bir olmasını sağlar. Buradan hareketle,

Sonsal dağılım $\propto$ önsel dağılım x Olabilirlik fonksiyonu

$$P(\theta | x_i) \propto P(\theta) \times P(x_i | \theta) \quad (2.25)$$

şeklinde yeniden düzenlenebilir. Burada $\propto$ sembolü oransallığı göstermektedir (Greenberg, 2008).

2.2.4. Ön Dağılımın Belirlenmesi

Klasik yöntem ile Bayesyen yöntem arasındaki en önemli ayırt edici özellik önsel dağılımın kullanılmasıdır. Önsel dağılım örnek verilerimizin sahip olduğu dağılımla uyumlu olacak şekilde veri üzerinde etkisinin az veya çok olmasına bağlı olarak tercih edilmelidir. Önsel dağılımlar genellikle; bilgi veren ön dağılım ve bilgi vermeyen ön

dağılım başlığı altında birleştirilir.

Önsel dağılımın, sonsal dağılım üzerinde etkisi olduğundan, bu yapıların herkes tarafından kabul edilebilir nitelikte ve tekrarlanabilir olması önemlidir. Burada, Bayes yaklaşımı kullanılarak, önsel bilgiler ile eldeki veriler birleştirildiğinde parametre inancımızın nasıl güncellenmesi gerektiği konusunda bilgi içermektedir. Parametre tahmini kişisel yargıları barındırdığı için eleştirilmektedir. Ancak önsel yargıların bilim için faydası oldukça önemlidir. Eldeki verilerin yorumlanması aşamasında, veriler arasındaki fikir farklılıklarının giderilmesi, zaman, kaynak ve veri sınırının olduğu durumlarda önsel yargılar kullanmak tutarlı ve desteklenmektedir. Ayrıca, burada Bayes yaklaşımının avantajı, verilerle geçmiş deneyimleri mantıksal bir çerçevede birleştirebilmesidir (Mccarthy, 2007).

Bayes yaklaşımında ön bilgilerin katkısı şeffaf olduğundan mümkün olan her aşamada kullanılabilir. Elimizdeki verilerin güvenilirliği nasıl sağlanmışsa önsel bilgilerin güvenilirliği de aynı şekilde sağlanmıştır. Bundan önceki yıllarda yapılan bilimsel çalışmalarda aynı hassasiyetle yapılmış ve şimdi yapılacak olan çalışmalar için önsel bilgiyi oluşturmaktadır.

Burada, önselin verimizi temsil edip etmediği sorgulanırken, önselin kullanılmamasının çalışmayı etkileyip etkilemediği sorgulanmalıdır (Mccarthy, 2007).

2.2.4.1. Bilgi Vermeyen Ön Dağılım

Parametre hakkında fazla bilgiye sahip olunmadığı zaman kullanılan bir ön dağılımdır. Bu durumda eldeki verilerden elde edilen olasılık dağılımı önsel olasılığa göre daha baskın olacağı için sonsal olasılık verilerden elde edilen olasılık dağılımına benzerlik gösterecektir. Dolayısıyla klasik yaklaşıma yakın bir sonuç elde edilecektir. Ayrıca, bilgi vermeyen ön dağılımın amacı, hakkında bilgi sahibi olmadığımız parametrelerin tahmininde Bayesci çıkarıma izin vermesidir (Gelman & Hill, 2007). Bilgi vermeyen ön dağılım çeşitleri; Dikdörtgen Ön Dağılım, Jeffreys'in Ön Dağılımı, Referans Ön Dağılım ve Belirsiz Ön Dağılım olarak sayılabilir (Ekici, 2005).

2.2.4.2. Bilgi Veren Ön Dağılım

Parametre hakkında bir inanç derecemizin olması anlamına gelmektedir. Burada daha önceden yapılmış bir çalışma veya daha önceden mevcut olan veriler olabilir. Bilgi veren önsel dağılım denildiğinde, araştırmacının incelemekte olduğu verilerden bağımsız olarak daha öncesinde sahip olduğu mevcut bilgileri yansıtmaktadır. Ayrıca her model

için uygun bir önsel dağılım ailesinin seçilmesi ve mevcut verileri iyi bir şekilde yansıtabilecek parametre değerlerinin bulunması aşamalarını içermektedir (King & Morgan, 2010).

2.2.4.3. Eşlenik Ön Dağılım

Önsel ve sonsal dağılımı içeren bir eşlenik dağılım tanımlandığında sonsal dağılımı belirlemek oldukça kolaydır. Olabilirlik fonksiyonunun yapısı eşlenik ailenin yapısını belirlemektedir. Bayesyen istatistikte ön olasılık dağılımı ile olabilirlik fonksiyonu olasılık dağılımı ve son olasılık dağılımı arasında bir uyum olmalıdır. Bu uyum ön olasılık dağılımı ile olabilirlik fonksiyonundan sonsal olasılığa matematiksel geçişlerin kolay ve anlamlı olmasını sağlamaktadır. Bayesyen yaklaşımın uygulama aşamasında; maksimum olabilirlik fonksiyonu, ön bilgi dağılışı ve son bilgi dağılışı arasında aşağıdaki tabloda verilen uyum olmalıdır (Karadağ, 2011).

Tablo 2.1

Eşlenik aileler

Olabilirlik Fonksiyonları	Ön Bilgi Dağılımı	Son Bilgi Dağılımı
Binom	Beta	Beta
Tek biçimli	Pareto	Pareto
Normal (σ^2 biliniyor)	Normal	Normal
Normal (μ biliniyor)	Ters Gamma	Ters Gamma
Poisson	Gamma	Gamma
Üstel	Gamma	Gamma
Gama	Gamma	Gamma
Bernoulli	Beta	Beta
Normal	Normal-Gamma	Normal- Gamma

Kaynak:(Karadağ,2011)

2.3. Klasik Yaklaşım ile Bayes Yaklaşımı Arasındaki İlişki

Klasik ve Bayes yaklaşımlarının her ikisi de olasılığı merkeze alan bir yapıya sahiptir. Frekansçı yaklaşımda sınırlı frekanslar altında sonsuz sayıda tekrarından oluşan model parametrelerinin sabit olduğu bir yaklaşımdır. Bayes yaklaşımında ise, önsel bilgiler kullanıldığı için, öznel olasılıklardan oluşan bir yapıya sahiptir. Ayrıca, modelin parametreleri rastgele değişken olarak kabul edilip bir olasılık dağılımına sahiptir.

Bayes analizinde yöntemler birleştirilmiş bir metodolojiye sahip iken klasik

yaklaşımında tek bir yöntem kullanılır. Bayes yaklaşımı birçok uzman yargılarında ve uygulamalarında klasik yaklaşıma göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir (Goldstein & Wooff, 2007).

Klasik yöntemlerde, eldeki veri kullanılarak elde edilen çıkarımlar, önemli soruları bazen doğrudan ele alamazlar, Bayes yöntemi inanç derecesi ile veriyi birleştirip tersine işleme imkân verdiği için istediğimiz soruların cevabını bulmak daha kolay olmaktadır.

Klasik yöntemler genellikle tür tespiti problemine pek uygun değildir. Çünkü tür tespitinde bireysel gözlemden ziyade uzun dönem gözlemleri ve daha öncesi hakkında bilgi sahibi olmamız gerekiyor. Burada önceki bilgi devreye girdiği için Bayes yaklaşımı tür tespitinde etkin olarak kullanılabilir (Mccarthy, 2007).

Klasik yaklaşımda, hipotezlerin doğruluğu göz önüne alındığında verilerin gözlenme olasılığı araştırılırken, Bayes yaklaşımında ise, gözlemlenen veriler göz önüne alınarak hipotezlerin doğruluğu sorgulanmaktadır (Mccarthy, 2007).

Bayes yaklaşımının en çok tartışılan kısmı ön bilgileri analize dahil etmesinden kaynaklanmaktadır. Klasik yaklaşımda böyle bir durum söz konusu değildir. Parametrelerin tahmininde, Bayesyen yaklaşımda önsel bilgiler kullanılmadığında, klasik yaklaşım ile sayısal olarak benzer sonuçlar vermektedir. Ama sayısal sonuçlar farklı olduğunda Bayes yaklaşımı, klasik yaklaşıma oranla daha avantajlıdır (Mccarthy, 2007).

Doğrusal olmayan regresyon denklemlerinin, klasik analiz ile yapılan tahminlerle güven aralıklarını hesaplamak oldukça zordur. Bu hesaplamaları yapmak için birçok farklı yaklaşımlar kullanılması gerekmektedir. Ancak, Bayesyen yaklaşım kullanılarak, doğrusal modeldeki gibi kolay bir şekilde parametrelerin tahmini değerleri hesaplanabilir (Mccarthy, 2007).

Bayesyen yaklaşım, klasik yaklaşıma göre çok daha karmaşık modellere doğrudan uygulanabilme özelliğinden dolayı basit bir yapıdadır. Hiyerarşik modeller için oldukça etkin kullanım alanına sahiptir.

Bayes yaklaşımı, başka bir yaklaşıma ihtiyaç duymadan matematiksel mantık içerisinde analizlerin yapılmasına imkân vermektedir. Özellikle küçük örneklem ve az veri ile çalışılırken bile kesin çıkarımsal sonuçlar sağlamaktadır.

Parametre ve diğer bilinmeyenlerin rastgele değişken olarak kabul edildiği Bayes yaklaşımı kendi içinde tutarlı ve oldukça basit bir akıl yürütme ilişkisinden doğmaktadır. Ayrıca önsel bilgi ile mevcut verilerin birleşimi sağlanıp güncellenmesi için de kullanılan matematiksel ifade kolay ve anlaşılır olmanın yanında herkes tarafından kabul görmüş bir mekanizma ve belirsizlikler için uygun bir muhasebe sağlama aracıdır (Link & Barker,

2010).

Bayes yaklaşımında mevcut veriler ve gözlenmemiş veriler olmak üzere iki veri söz konusudur. Sadece gözlenen veriler üzerinden hesaplama yapıldığında, Bayes yaklaşımında klasik yaklaşımda aynı sonucu vermektedir. Ne zaman gözlenmemiş veriler, eksik veriler, gelecekteki gözlemler devreye girdiğinde Bayes yaklaşımı klasik yaklaşımdan ayrılmaktadır. Bayes yaklaşımında, birçok farklı teknik bilgi ve yöntemle ihtiyaç duyulmadan, gelecekteki gözlemleri, eksik verileri kullanarak çıkarım yapmakla, bir parametreyi tahmin etmek arasında bir fark yoktur.

Bayes yaklaşımı, belirli bir doğa olayının olasılığını hesaplamada önceki bilgileri kullandığı için klasik yaklaşıma oranla bir doğal reçete görevi üstlenmektedir.

İstatistiksel çıkarım yapmak için, klasik yaklaşım, çeşitli yöntemler geliştirmek için olasılığı kullanırken, Bayesyen yaklaşımda olasılık direk olarak uygular. Çünkü Bayesyen yaklaşımda, tüm bilinmeyenler için olasılık dağılımı kullanılmaktadır ve böylece Bayes yaklaşımında çıkarım yaparken bilinmeyenlere olasılık atama ve iyileştirme işlemi yapılmaktadır (Link & Barker, 2010).

Klasik yaklaşım frekansa bağlı olarak elde edilebilirken, Bayes yaklaşımı ön olasılık veya ön olasılık dağılımlarının örnek veriden elde edilen olasılık ile birleştirilmesiyle elde edilen son olasılık dağılımına dayanır.

Klasik yaklaşımda olasılık, eldeki verilerin bir özelliğinin sıklığını gösterme niteliğinde iken Bayes yaklaşımında olasılık, parametrelerin büyüklüğü hakkındaki olasılığı vermektedir. Bayes yaklaşımında, parametrelere rastgele değişken olduğu için parametreler hakkında olasılıksal yorum yapma imkânı var iken, klasik yaklaşımda parametreler sabit olduğu için parametreler hakkında olasılıksal yorum yapma imkânımız yoktur. Klasik yaklaşımda yapılan çıkarımların geneli, fonksiyonların maksimum değerine karşılık gelen nokta tahminleridir. Bayes yaklaşımında çıkarımlar iki koşullu olasılık dağılımı arasındaki ilişki kullanılarak yapılmaktadır (Kéry, 2010).

Bayes yaklaşımında güvenilir aralık klasik yaklaşımda güven aralığı denilmekte ve arasında sadece yorum farkı bulunmaktadır.

Bayesyen yaklaşımda çıkarım yapılırken, önemli özelliklerinden biri olan MCMC kullanılması ve bu sayede parametrelerin hesaplanması aşamasında fonksiyonları hatasıyla birlikte işleme dahil edip tüm belirsizliğin tam olarak hesaplanması yapılmaktadır. Bu aşamada delta yöntemi gibi yöntemlere ihtiyaç duyulmamaktadır (Lunn, Jackson, Best, Thomas & Spiegelhalter, 2012).

2.4. Regresyon Analizi

Ekonomi, eğitim, sağlık, tarım, sosyoloji, tıp, mühendislik gibi birçok araştırmada, araştırmanın amacına bağlı olarak regresyon analizi kullanılmaktadır. Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bağımsız değişken veya değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemeye veya ilişkinin şeklini belirlemeye yarayan bir analiz yöntemidir. Bir bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerindeki etkisi basit regresyon, iki veya daha fazla bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerindeki etkisi çoklu regresyonla belirlenir. Birden fazla bağımlı değişkenin olduğu durumlarda çok değişkenli regresyon analizi kullanılır (DeGroot, 1986; Işık, 2006; Güler, 2007). Örneğin eğitim alanında, öğrenme güclüğü üzerine motivasyonun etkisi araştırılacaksa, bağımsız değişkenimiz motivasyon, bağımlı değişkenimiz öğrenim gücü olup basit doğrusal regresyon kullanılır. Motivasyonun yanında derse katılım, dersteki başarı vs. gibi birden fazla bağımsız değişkenle yapıldığında çoklu regresyon, öğrenme gücünün yanında TYT başarısı vs. gibi birden fazla bağımlı değişkenle yapıldığında çok değişkenli regresyon kullanılır.

Doğrusal regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her ikisi de nicel veriler kullanılarak hesaplanır. Ancak bağımlı değişken kategorik (nitel) olarak belirlendiğinde, bağımlı değişkenle bağımsız değişken arasındaki ilişki lojistik regresyonla belirlenir. Lojistik regresyonda bağımsız değişkenlerde, normal dağılım, varyansın homojenliği, ilişkinin doğrusallığı gibi varsayımlar aranmaz. Ancak doğrusal regresyon analizinin uygulanabilmesi için bazı varsayımlar sağlanmalıdır. Bunlar;

- Bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında doğrusal ilişki olmalıdır.
- Bağımlı değişken normal dağılıma sahip olmalıdır.
- Bağımlı ve bağımsız değişkenler ölçümle belirtilmelidir.
- Bağımsız değişkenlerin her düzeyi için, bağımlı değişkenler homojen varyansa sahip olmalıdır.
- Hatalar normal dağılıma sahip olmalıdır.

şeklinde sıralanabilir (Sümbüloğlu & Akdağ, 2007)

Regresyon denkleminin belirleyicileri arasında değişkenler, veriler ve model yer almaktadır. Regresyon analizinde değişkenler tarafından belirlenen modelin, değişkenler tarafından nasıl etkilendiği incelenir. Burada modelin uygulama aşamasında, kullanılan varsayıma son derece hassas olan modelimiz, sonuçların eşleştirilmesi ve uygulama kısmında dikkat gerektirmektedir (Chalterjee & Had, 1988).

Regresyon analizinin amacı, gözlemlenen verileri anlaşılır düzeyde basit ve kullanışlı

bir şekilde özetlemektir. Bu açıdan bakıldığında bütün araştırmalarda bir neden sonuç ilişkisi aranmakta ve bunun temelinde de regresyon analizi yer almaktadır.

Regresyon analizinde kullanılan terimlerden bazıları, parametre, ortalama değer ve varyans olup, bu terimler kısaca;

Parametre, kitle hakkındaki değişkenleri ifade etmektedir. Bunlar ana kitlenin ortalaması, standart sapması, varyansı için kullanılır.

Ortalama değer, bağımsız değişken değiştikçe bağımlı değişkenin nasıl değiştiğini incelediğimiz regresyon analizinin önemli bir yönü de $E(Y|X = x)$ şeklinde tanımladığımız ortalama değer, x değişkenine bağlı beklenen değer olarak isimlendirilir. Varyans ise doğrusal regresyonda bağımsız değişkenler için sabit kabul edilen, dağılımların ortalama değer etrafında nasıl dağıldığını gösteren standart sapmanın karesine varyans denilir ve $Var(Y|X = x) = \sigma^2$ sembolü ile gösterilir.

2.4.1.Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Basit doğrusal regresyon analizi, bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi veya ilişkinin şeklini bulmaya yarayan bir istatistik analiz yöntemidir. Regresyon analizinde bağımlı değişken y , bağımsız değişken x ile gösterilir. Regresyon analizinde modelleme aşamasında, öncelikle veriler elde edilir. Veriler elde edilmiş şekline bağlı olarak deneysel veya gözlemsel olarak elde edilebilir. Genellikle değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayımı ile hareket edilir. Ancak bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkinin biçimini belirlemek için genellikle serpiye diyagramı kullanılır (Gamgam & Altunkaynak, 2017).

Eğer ilişki doğrusal ise, basit doğrusal regresyon modeli,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2.26)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada,

y : sonuç değişkeni, etkilenen değişken, bağımlı değişkendir.

x : sebep değişkeni, etkileyen değişken, bağımsız değişkendir.

β_0 : Regresyon doğrusunun y - eksenini kestiği noktanın orijine uzaklığı yani $x=0$ için y değeridir.

β_1 : Regresyon doğrusunun x - eksenine yaptığı açının tanjantı yani regresyon doğrusunun eğimidir. Diğer bir ifade ile x deki kendi ölçü birimi cinsinden bir birimlik değişime karşılık y de kendi ölçü birimi cinsinden değişimi ifade eder.

ε : Tesadüfi hata olup ortalaması sıfır varyansı σ^2 dir.

Burada hatanın bağımlı değişkenden kaynaklandığı kabul edilir.

Burada varsaydığımız model, gerçek duruma en yakın olan modeldir. Bağımsız değişkenlerin her birine karşılık gelen bağımlı değişkenlerin kesin değerini bulmak oldukça zordur. Bunun için popülasyon parametrelerinin tahmini değerini örnekten faydalananak bulmaya çalışırız. Basit doğrusal regresyon modelinde β_0 ve β_1 parametrelerinin yerine b_0 ve b_1 tahmin ediciler kullanıldığında

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x + e \quad (2.27)$$

veya

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i + e_i \quad (2.28)$$

biçiminde ifade edilir. Modeldeki e_i terimi artık (residual) terim olarak adlandırılır.

2.4.1.1. Serpme (Serpilme) Diyagramı

Üzerinde çalıştığımız konu hakkında nasıl ilerlememiz gerektiği konusunda tereddütlerimiz olduğunda ya da eksik bir teoriden kaynaklı belirsizliklerde regresyon analizinde ilk yapmamız gerekenin verileri temsil eden bir grafiğin çizilmesi olacaktır (Weisberg, 2005). Bu yüzden, serpme diyagramı, iki değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek için örnekteki her verinin dik koordinat düzleminde bir nokta ile temsil edilerek yorumlanmasına dayanır. Bu diyagrama bakarak görsel bir yorum yapılabilir. Eğer noktalar bir doğru etrafında kümelenmişse doğrusal bir ilişki, eğer bir eğri etrafında kümelenmişse eğrisel bir ilişki olduğu söylenebilir.

Regresyon analizinde bağımsız değişkenler değiştikçe bağımlı değişkenin nasıl değiştiğini gözlemlemenin ilk aşaması, bu dağılımın serpme grafiğini çizip değişkenler arasındaki ilişkinin yorumunu yapmakla başlamaktadır.

2.4.1.2. En Küçük Kareler Yöntemi

Regresyon analizinde, parametrelerin tahmininde kullanılan yöntemlerden birisi de En Küçük Kareler (EKK) yöntemidir. EKK yöntemi, artık terimin toplamının sıfır ve artık terimin kareler toplamının minimum olma şartına bağlıdır. Artık terimin kareler toplamının tahmin edici katsayılarına göre birinci mertebeden türevleri sıfır ve ikinci mertebeden türevleri pozitif olmalıdır (DeGroot, 1986).

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

$$\sum e_i = 0$$

ve

$$\sum e_i^2 = \text{minimum}$$

olmalıdır.

$$\sum e_i^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i)^2 \quad (2.29)$$

$\hat{\beta}_0$ ve $\hat{\beta}_1$ katsayılarına göre kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlendiğinde

$$\begin{aligned} \sum y_i &= n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum x_i \\ \sum y_i x_i &= \hat{\beta}_0 \sum x_i + \hat{\beta}_1 \sum x_i^2 \end{aligned} \quad (2.30)$$

eşitliği elde edilir. Gerekli işlemler yapıldığında ikinci mertebeden türevlerinin pozitif olduğu görülür.

(2.30) eşitliği ile verilen denklem sisteminin çözümünde tahmin edilen regresyon denkleminin katsayıları yok etme metodu, yerine koyma metodu, eşitleme metodu, matrislerin tersi yardımıyla veya aşağıdaki yöntem ile,

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_0 &= \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \\ \hat{\beta}_1 &= \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \end{aligned} \quad (2.31)$$

parametrelerin tahmini değeri bulunur.

2.4.1.3. Model Parametreleri ile İlgili İstatistiksel Çıkarımlar

$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$ basit doğrusal regresyon modelinin parametreleri ile istatistiksel çıkarım yapmak için, $\hat{\beta}_0$ ve $\hat{\beta}_1$ tahmin edicilerinin öncelikle varyansları ve beklenen değerleri hesaplanmalıdır.

$$\text{Var}(\hat{\beta}_1) = \frac{\sigma^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.32)$$

elde edilir. Eğer σ^2 bilinmiyorsa, onun yerine σ^2 nin yansız tahmin edicisi olan S^2 kullanılırsa

$$S^2 = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-k} \quad n: \text{gözlem sayısı, } k: \text{parametre sayısı} \quad (2.33)$$

olup

$$\text{Var}(\hat{\beta}_1) = \frac{S^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.34)$$

şeklinde elde edilir. Buradan β_1 için hipotez tezi ve güven aralığı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

$$t_{n-k} = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{\sqrt{\text{Var}(\hat{\beta}_1)}} \quad (2.35)$$

$$P(-t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} < t_{n-k} < t_{n-k, \frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(-t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} < \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{\sqrt{Var(\hat{\beta}_1)}} < t_{n-k, \frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(\hat{\beta}_1 - t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var(\hat{\beta}_1)} < \beta_1 < \hat{\beta}_1 + t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var(\hat{\beta}_1)}) = 1-\alpha \quad (2.36)$$

olarak elde edilir. Benzer yolla β_0 için aynı işlemler yapılırsa,

$$Var(\hat{\beta}_0) = \frac{S^2 \sum x_i^2}{n \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.37)$$

$$H_0: \beta_0 = 0$$

$$H_1: \beta_0 \neq 0$$

hipotezi şeklinde olup test istatistiği

$$t_{n-k} = \frac{\hat{\beta}_0 - \beta_0}{\sqrt{Var(\hat{\beta}_0)}} \quad (2.38)$$

eşitliği ile elde edilip güven aralığı ise,

$$P(-t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} < t_{n-k} < t_{n-k, \frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(-t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} < \frac{\hat{\beta}_0 - \beta_0}{\sqrt{Var(\hat{\beta}_0)}} < t_{n-k, \frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(\hat{\beta}_0 - t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var(\hat{\beta}_0)} < \beta_0 < \hat{\beta}_0 + t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var(\hat{\beta}_0)}) = 1-\alpha \quad (2.39)$$

şeklinde elde edilir.

2.4.1.4. Ortalama Yanıt İçin Güven Aralığı

x_i , bağımsız değişkeni için y_i nin bilinmediği ve dolayısıyla ortalamasının ve ortalama yanıtının bilinmediği durumda tahmini değeri olan $\hat{y}_i$ kullanılarak y_i nin ortalama yanıt için güven aralığı oluşturulur.

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i \quad (2.40)$$

Tahmin edilen regresyon denkleminin beklenen değeri,

$$E(\hat{y}_i) = E(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i + e_i) = E(\hat{\beta}_0) + x_i E(\hat{\beta}_1)$$

$$E(\hat{y}_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i \quad (2.41)$$

şeklinde olup,

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad \text{eşitliği (2.40) eşitliğinde yerine konursa,}$$

$$\hat{y}_i = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} + \hat{\beta}_1 x_i$$

$$\hat{y}_i = \bar{y} + \hat{\beta}_1 (x_i - \bar{x}) \quad (2.42)$$

elde edilir ve varyansı,

$$\begin{aligned}
\text{Var}(\hat{y}_i) &= \text{Var}(\bar{y} + \hat{\beta}_1(x_i - \bar{x})) \\
&= \text{Var}(\bar{y}) + (x_i - \bar{x})^2 \text{Var}(\hat{\beta}_1) \\
&= \frac{\sigma^2}{n} + (x_i - \bar{x})^2 \frac{\sigma^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}
\end{aligned} \tag{2.43}$$

Böylece,

$$\text{Var}(\hat{y}_i) = \sigma^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right) \tag{2.44}$$

olarak bulunur. Eğer σ^2 bilinmiyorsa ve $x_i = x_o$ ise

$$\text{Var}(\hat{y}_i) = S^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{(x_o - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right) \tag{2.45}$$

olur. Hipotez tezi ve güven aralığı,

$$t_{n-k} = \frac{\hat{y}_i - y_i}{\sqrt{\text{Var}(\hat{y}_i)}} \tag{2.46}$$

$$\begin{aligned}
P(-t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} < \frac{\hat{y}_i - y_i}{\sqrt{\text{Var}(\hat{y}_i)}} < t_{n-k, \frac{\alpha}{2}}) &= 1 - \alpha \\
P(\hat{y}_i - t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\text{Var}(\hat{y}_i)} < y_i < \hat{y}_i + t_{n-k, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\text{Var}(\hat{y}_i)}) &= 1 - \alpha
\end{aligned} \tag{2.47}$$

şeklinde elde edilir. x_i değeri gözlem değeri içinde değilse,

$$\begin{aligned}
\hat{y}_{01} &= \hat{y}_0 + \hat{y}_1 \\
\text{Var}(\hat{y}_{01}) &= \text{Var}(\hat{y}_0) + \text{Var}(\hat{y}_1) \\
&= \sigma^2 + \sigma^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right)
\end{aligned} \tag{2.48}$$

Böylece,

$$\text{Var}(\hat{y}_{01}) = \sigma^2 \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right) \tag{2.49}$$

olarak bulunur. Eğer σ^2 bilinmiyor ve $x_i = x_o$ ise,

$$\text{Var}(\hat{y}_{01}) = S^2 \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_o - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right) \tag{2.50}$$

olur. N+m tane gözlem için,

$$\text{Var}(\hat{y}_{01}) = S^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m} + \frac{(x_o - \bar{x})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \right) \tag{2.51}$$

olur.

2.4.1.5. Model İçin Anlamlılık Testi (Varyans Analizi)

Regresyon analizinde, modelin uygun olup olmadığını test etmek için anlamlılık testi uygulanır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{2.52}$$

Basit doğrusal regresyonda,

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

Hipotezini test etmek için kareler toplamının parçalanışından faydalanılarak, regresyon kareler toplamı, hata kareler toplamı ve genel kareler toplamı bulunur. Aşağıdaki işlemler yapılarak ANOVA tablosu oluşturulur.

$$\underbrace{y_i - \bar{y}}_{\text{Toplam Sapma}} = \underbrace{(y_i - \hat{y}_i)}_{\text{İzah Edilemeyen Sapma}} + \underbrace{(\hat{y}_i - \bar{y})}_{\text{İzah Edilebilen Sapma}}$$

$$= y_i - \hat{y}_i + (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i - \bar{y})$$

$$= y_i - \hat{y}_i + (\bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} + \hat{\beta}_1 x_i - \bar{y})$$

$$y_i - \bar{y} = (y_i - \hat{y}_i) + \hat{\beta}_1 (x_i - \bar{x}) \quad (2.53)$$

Her iki tarafın karesi alınıp,

$$(y_i - \bar{y})^2 = (y_i - \hat{y}_i)^2 + 2\hat{\beta}_1 (y_i - \hat{y}_i)(x_i - \bar{x}) + \hat{\beta}_1^2 (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.54)$$

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra her iki taraf toplanırsa,

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 + 2\hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) - \hat{\beta}_1^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.55)$$

Buradan,

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 + \frac{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.56)$$

$$\underbrace{S_{yy}}_{\text{Genel Kareler Toplamı}} = \underbrace{S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}}_{\text{Hata Kareler Toplamı}} + \underbrace{\frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}}_{\text{Regresyon Kareler Toplamı}} \quad (2.57)$$

Tablo 2.2

Basit Doğrusal Regresyon Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Katsayısı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Regresyon	1	$RKT = \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}$	$RKO = \frac{\frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}}{1}$	$F_{\alpha,1,n-2} \sim \frac{RKO}{HKO}$
Hata	n-2	$HKT = S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}$	$HKO = \frac{S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}}{n-2}$	
Genel	n-1	$GKT = S_{yy}$	$GKO = \frac{S_{yy}}{n-1}$	

Kaynak: (Işık, 2006)

$F_{Hesaplanan} > F_{Cetvel}$ ise H_0 reddedilir. H_0 reddedilirse β_1 ile ifade edilen ilişki önemlidir denir.

2.4.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Basit doğrusal regresyonda, bir bağımlı değişken ile bir bağımsız değişken arasındaki ilişki incelenirken, çoklu doğrusal regresyon analizinde durum biraz farklıdır. Burada bir bağımlı değişken ve birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişki incelenir (Çakıcı, Oğuzhan, Özdil, 2000). Bağımlı değişkenin daha iyi açıklanabilmesi için bağımsız değişkenin sayısının artması oldukça önemlidir. Çünkü her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkene olan etkisi model için önemli bir katkı sağlamaktadır. Böylece bağımlı değişkenin açıklanmasında daha çok bileşenin etkisi incelenmiş olacaktır. Ancak bağımsız değişken sayısındaki artış, bağımsız değişkenler arasında ilişki olmaması şartını birlikte sağlamalıdır. Aksi halde çoklu doğrusallık problemiyle karşılaşılacaktır. Bu durumda modelin anlamlı olmasını engelleyecektir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2.58)$$

Eşitliği ile verilen basit doğrusal regresyon denkleminde x bağımsız değişkenin sayısı artırılınca eşitliğimiz

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (2.59)$$

çoklu doğrusal regresyon denkleminde dönüşmektedir. Burada $x_1, x_2, \dots, x_n$ bağımsız değişkenleri, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ katsayı parametrelerini, y bağımlı değişkeni ve ε ise hata terimini temsil etmektedir.

2.4.2.1. En Küçük Kareler Yöntemi

Çoklu doğrusal denklemi

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (2.60)$$

ve varyansı

$$Var(y) = \sigma^2$$

olup hem β_n hem de σ^2 tahmin edilmesi gereken bilinmeyen parametrelerdir. Artık terimin toplamının sıfır ve artık terimin kareler toplamının minimum olma şartına bağlı olan EKK yöntemini çoklu doğrusal regresyon denkleminde uygulanırsa,

$$\begin{aligned} e_i &= y_i - \hat{y}_i \\ \sum_{i=1}^n e_i^2 &= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{1i} - \beta_2 x_{2i} - \dots - \beta_p x_{ki})^2 \\ &= \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ji})^2 \end{aligned} \quad (2.61)$$

β_n parametrelerine göre birinci mertebeden türevlerini alıp sıfıra eşitlersek,

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum_{i=1}^n e_i^2}{\partial \beta_0} \Big|_{\hat{\beta}_0} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ji}) = 0 \\ &\vdots \\ \frac{\partial \sum_{i=1}^n e_i^2}{\partial \beta_j} \Big|_{\hat{\beta}_j} &= -2 \sum_{i=1}^n x_{ji} (y_i - \hat{\beta}_0 - \sum_{j=1}^k \hat{\beta}_j x_{ji}) x_{ji} = 0 \quad j=1, 2, \dots, p \end{aligned} \quad (2.62)$$

Eşitliği ile elde edilen denklemler düzenlenirse,

$$\begin{aligned} n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_p \sum_{i=1}^n x_{ki} &= \sum_{i=1}^n y_i \\ \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{1i} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} &= \sum_{i=1}^n x_{1i} y_i \\ &\vdots \\ \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{ki} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{1i} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{2i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ki}^2 &= \sum_{i=1}^n x_{ki} y_i \end{aligned} \quad (2.63)$$

Denklem sistemi elde edilir. Bu denklem sisteminin çözüm kümesi çoklu regresyon denkleminin katsayı parametrelerinin değerlerini vermektedir. Ayrıca matris gösterimi ile,

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2k} \\ & \vdots & & \vdots \\ & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix} \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} \quad e = \begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix} \quad (2.64)$$

olup, burada, Y bir $n \times 1$ vektörü ve X bir $n \times (k + 1)$ matrisidir. Ayrıca β , $(k + 1) \times 1$ regresyon katsayıları vektörü ve e , $n \times 1$ istatistiksel hata vektörüdür (Grab, 2003).

Terimlerin gözlenen tüm değerlerini X matrisi ile gösterirsek, X 'in i 'nci satırındaki eleman x_i ile temsil etmek üzere,

$$\begin{aligned} E(Y|X = x_i) &= x_i^T \beta \\ &= \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} \end{aligned} \quad (2.65)$$

Çoklu doğrusal regresyon modelinin matris gösteriminde yazılımı,

$$Y = X\beta + e$$

şeklinde olup, burada i . satırı $y_i = x_i \beta + e_i$ olarak ifade edilir.

$\hat{\beta}$ ve β parametrelerini kullanarak kareler toplamını veren eşitlik,

$$\begin{aligned} RSS(\beta) &= \sum e_i^2 = e^T e = (Y - X\beta)^T (Y - X\beta) \\ &= Y^T Y + \beta^T X^T X \beta - 2Y^T X \beta \end{aligned} \quad (2.66)$$

şeklinde olup, bu eşitliğin minimum olması için β 'ya göre türevi alınıp sıfıra eşitlenirse,

$$\frac{\partial e^T e}{\partial \beta} \Big|_{\hat{\beta}} = -2X^T Y + 2X^T X \hat{\beta} = 0 \quad (2.67)$$

olup

$$X^l X \hat{\beta} = X^l Y \quad (2.68)$$

eşitliği elde edilir. Gerekli düzenleme yapılırsa,

$$\hat{\beta} = (X^l X)^{-1} X^l Y \quad (2.69)$$

Regresyon parametre katsayılarının tahmini değerlerini veren matris elde edilir. Elde edilen bu tahmini değerin beklenen değeri,

$$\begin{aligned} E(\hat{\beta}|X) &= E((X^l X)^{-1} X^l Y|X) \\ &= (X^l X)^{-1} X^l E(Y|X) \\ &= (X^l X)^{-1} X^l X \beta \\ &= \beta \end{aligned} \quad (2.70)$$

olup, $\hat{\beta}$ nın ortalama değerinin tarafsız olduğu sonucuna varılır. Aynı mantıkla varyansı ise,

$$\begin{aligned} Var(\hat{\beta}|X) &= Var((X^l X)^{-1} X^l Y|X) \\ &= (X^l X)^{-1} X^l Var(Y|X) X (X^l X)^{-1} \\ &= (X^l X)^{-1} X^l (\sigma^2 I) X (X^l X)^{-1} \\ &= \sigma^2 (X^l X)^{-1} X^l X (X^l X)^{-1} \\ &= \sigma^2 (X^l X)^{-1} \end{aligned} \quad (2.71)$$

şeklinde olup varyanslar ve kovaryanslar Y tarafından değil, yalnız X 'e bağlı bir matrisin σ^2 katı olarak belirlenir (Weisberg, 2005).

Burada bağımsız değişkenler arasında bağımsızlık söz konusu olduğunda $(X^l X)^{-1}$ değeri elde edilebilir (Demirhan & Hamurkaroğlu 2015).

Eşitlik (2.68) matris notasyonunda açık olarak,

$$X^l X \hat{\beta} = X^l Y$$

$$\begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{ki} \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 & \dots & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{ki} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ki} & \sum_{i=1}^n x_{ki} x_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^n x_{ki}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_{ki} y_i \end{pmatrix} \quad (2.72)$$

şeklinde yazılıp hesaplaması yapılabilir.

2.4.2.2. Model Parametreleri ile İlgili İstatistiksel Çıkarımlar

Elde edilen regresyon denkleminin ortalaması $\beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_j x_{ij}$ ve varyansı σ^2 olup (Demirhan & Hamurkaroğlu, 2015), katsayılarının anlamlılığı,

$$H_0: \beta_i = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0$$

Bu hipotez için oluşturulan test istatistiği

$$t_0 = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 a_{ii}}} \quad (2.73)$$

ile elde edilir. Burada a_{ii} , $\hat{\beta}_i$ 'ye karşılık gelen $(X^T X)^{-1}$ matrisinin köşegen elemanlarıdır. Test istatistiğinde elde edilen t_0 değeri, $|t_0| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-k-1}$ şartını sağlıyorsa H_0 hipotezi reddedilir.

Katsayıların güven aralığı ise,

$$P\left(-t_{n-k-1, \frac{\alpha}{2}} < \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 a_{ii}}} < t_{n-k-1, \frac{\alpha}{2}}\right) = 1-\alpha$$

$$P\left(\hat{\beta}_i - t_{n-k-1, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\hat{\sigma}^2 a_{ii}} < \beta_i < \hat{\beta}_i + t_{n-k-1, \frac{\alpha}{2}} \sqrt{\hat{\sigma}^2 a_{ii}}\right) = 1-\alpha \quad (2.74)$$

şeklinde elde edilir.

2.4.2.3. Model İçin Anlamlılık Testi (Varyans Analizi)

Regresyon analizinde, modelin uygun olup olmadığını test etmek için anlamlılık testi uygulanır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2.75)$$

çoklu doğrusal regresyonunda, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ varsayımı altında anlamlılık testi için,

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \text{ en az bir } i \text{ için}$$

veya

H_0 : Regresyon doğrusu anlamsızdır.

H_1 : Regresyon doğrusu anlamlıdır.

hipotezleri kurulur. Bu hipotezini test etmek için kareler toplamının parçalanışından faydalanılarak, regresyon kareler toplamı, hata kareler toplamı ve genel kareler toplamı bulunur. Aşağıdaki işlemler yapılarak ANOVA tablosu oluşturulur.

GKT; genel kareler toplamı, RKT; Regresyon kareler toplamı, HKT; hata kareler toplamı olup,

$$SS_T = y^T y - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \quad (2.76)$$

$$SS_R = \hat{\beta}^T X^T Y - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \quad (2.77)$$

$$SS_{Res} = y^T y - \hat{\beta}^T X^T Y \quad (2.78)$$

şeklinde elde edilir.

Tablo 2.3

Çoklu Doğrusal Regresyon Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon Katsayısı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Regresyon	K	RKT	$RKO = \frac{RKT}{k}$	$F_{\alpha,k,n-k-1} \sim \frac{RKO}{HKO}$
Hata	$n-k-1$	HKT	$HKO = \frac{HKT}{n-k-1}$	
Genel	$n-1$	GKT		

Kaynak: (Işık, 2006)

Bu değerler tablo 2.3 şeklinde gösterilir. Burada $F_{Hesaplanan} > F_{Cetvel}$ ise H_0 reddedilir. H_0 reddedilirse regresyon doğrusu anlamlıdır yorumu yapılabilir.

BÖLÜM III

BAYESYEN REGRESYON ANALİZİ

Araştırmaya konu olan durum hakkında araştırmacının sahip olduğu inanç derecesinin önsel bilgi olarak değerlendirildiği Bayes yaklaşımında yöntem klasik yaklaşımdan farklıdır. Önsel bilgi ile eldeki verinin birleşmesinden oluşan dağılıma sonsal dağılım denir. Bayesyen yaklaşımda amacımız parametre hakkında sonsal dağılımın elde edilmesidir. Burada sonsal dağılımı elde etmek için önsel bilginin mevcut olmadığı durumlar söz konusudur. Bu durum bilgi vermeyen önsel dağılım başlığı altında incelenecektir. Bilgi vermeyen önsel dağılım kullanıldığında elde edilen sonucun klasik yaklaşımdan elde edilen sonuçlarla benzer olduğu ve birbirine yaklaşık sonuçlar olduğu gözlemlenmiştir. Eğer gözlem değerlerini elde etmeden önce gözlem verileri hakkında bir ön bilgimiz mevcut ise bu durum bilgi veren önsel dağılım başlığı altında incelenecektir.

Bilgi veren önsel dağılım kullanıldığında elde edilen sonucun genellikle klasik yaklaşımdan elde edilen sonuca göre daha iyi olduğu yapılan çalışmalarla teyit edilmiştir. Bilgi veren önsel dağılım kullanılarak elde edilen sonsal dağılım parametrelerinin güven aralığına göre daha dar bir aralık olup parametre hakkında daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986).

Bayesci yaklaşımı kullanarak sonsal dağılımı elde etmek için;

θ parametresi rastgele bir değişken ve θ parametresi belli iken y gözlem verileri için benzerlik fonksiyonu $f(y|\theta)$ dır.

θ , rastgele değişkeni için yoğunluk fonksiyonu,

$$h(\theta, y) = f(y|\theta). g(\theta) = g(\theta|y). f(y) \quad (3.1)$$

şeklinde yazılır. (3.1) eşitliği

$$g(\theta|y) = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{f(y)} \quad (3.2)$$

şeklinde düzenlenerek Bayes teoremi elde edilir. Burada $g(\theta|y)$, θ parametresi için sonsal dağılımı ifade eder. $f(y|\theta)$ benzerlik fonksiyonu θ için olabilirlik fonksiyonu $\ell(\theta|y)$ ile matematiksel olarak aynı olup,

$$\ell(\theta|y) = f(\theta|y) = \prod_{i=1}^n f(y_i|\theta) \quad (3.3)$$

şeklindedir. Buradan,

$$g(\theta|y) = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{f(y)} = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{\int f(y|\theta).g(\theta)d\theta} \quad (3.4)$$

olup $f(y) = \int f(y|\theta).g(\theta)d\theta$ eşitliği Bayesyen yaklaşım için normalleştirme sabiti olup 1' e eşittir (Judge vd., 1986). Bu sabit yazılmadan tekrar gerekli düzenlemeler yapıp (3.3) eşitliği (3.4) eşitliğinde yerine yazılırsa

$$\begin{aligned} g(\theta|y) &\propto f(y|\theta).g(\theta) \\ g(\theta|y) &\propto \ell(\theta|y).g(\theta) \end{aligned} \quad (3.5)$$

ifadesi elde edilir. Burada ' $\propto$ ' sembolü orantılı olduğunu göstermektedir. (3.5) 'de verilen ifade sözel olarak,

$$\text{sonsal dağılım} \propto \text{olabilirlik fonksiyonu} \times \text{önsel dağılım}$$

şeklinde ifade edilir.

Burada (3.5) eşitliğini doğrusal modele uygulayalım.

$X = []_{1 \times k}$ bağımsız değişken, $y = []_{T \times 1}$ bağımlı değişken, $\beta = []_{k \times T}$ parametre ve $e = []_{T \times 1}$ hata olup

$$y = X\beta + e \quad (3.6)$$

doğrusal modeli verilsin. Burada $e \sim N(0, \delta^2 I)$ hata ortalaması sıfır ve varyansı δ^2 olan bir normal dağılıma sahiptir.

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \ell(\beta, \sigma | y).g(\beta, \sigma) \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} \ell(\beta, \sigma | y) &= (2\pi\sigma^2)^{-T/2} \exp\left[-\frac{(y-X\beta)^T(y-X\beta)}{2\sigma^2}\right] \\ &= (2\pi)^{-T/2} \sigma^{-T} \exp\left[-\frac{(y-X\beta)^T(y-X\beta)}{2\sigma^2}\right] \end{aligned} \quad (3.8)$$

Eşitliğinde

$$b = (X^T X)^{-1} X^T y, \quad \hat{\sigma}^2 = -\frac{(y-Xb)^T(y-Xb)}{v}, \quad v = T - K$$

Değerleri (3.8) eşitliğinde yerine yazılıp ve normalleştirme sabitini yazmaz isek,

$$\ell(\beta, \sigma | y) = \sigma^{-T} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)^T X^T X (\beta - b)]\right\} \quad (3.9)$$

elde edilir (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986). Bu elde edilen olabilirlik fonksiyonu bilgi vermeyen ve bilgi veren önsel dağılımlardan sonsal dağılımı elde etmek için kullanılacaktır.

3.1. Bilgi Vermeyen Önsel Dağılım ile Sonsal Dağılımın Elde Edilmesi

β ve σ parametreleri için bilgi vermeyen önsel için

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \delta^{-1} \quad (3.10)$$

orantılı ifadesi kullanılmaktadır.

β, σ parametrelerinin bağımsız olduğu varsayımı altında

$$g(\beta, \sigma) = g(\beta)g(\sigma) \propto \delta^{-1} \quad (3.11)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $-\infty < \beta < \infty$ ve $0 < \sigma < \infty$ olup $g(\beta)$ sabit kabul edilirse $g(\sigma) \propto \sigma^{-1}$ olur (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986).

Burada,

$$\int_{-\infty}^{\infty} g(\beta) d\beta = \infty, \quad \int_0^{\infty} g(\sigma) d\sigma = \infty$$

olduğundan (3.9) eşitliği ile verilen olabilirlik fonksiyonu (3.10) eşitliği ile verilen bilgi vermeyen önsel dağılım (3.7) eşitliğinde yerine yazılıp gerekli düzenlemeler yapılırsa sonsal dağılım,

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \\ \propto \sigma^{-(T+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \quad (3.12)$$

şeklinde elde edilir. Elde edilen bu ortak sonsal yoğunluk fonksiyonu sonsal ile ilgili bütün bilgilerimizi özetler ancak çeşitli marjinal ve sonsal yoğunlukları dikkate aldığımızda (3.12)'yi tekrardan düzenlersek,

$$g(\beta, \sigma | y) = g(\beta | \sigma, y) \cdot g(\sigma | y) \quad (3.13)$$

$$g(\beta | \sigma, y) = (2\pi)^{-K/2} \sigma^{-K} |x'x|^{1/2} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [(\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \quad (3.14)$$

ve

$$g(\sigma | y) = \frac{2}{\Gamma(\frac{v}{2})} \left(\frac{v\hat{\sigma}^2}{2}\right)^{v/2} \frac{1}{\sigma^{v+1}} \exp\left(-\frac{v\hat{\sigma}^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.15)$$

eşitlik (3.15) ile verilen σ marjinal sonsal yoğunluk fonksiyonu v ve $\hat{\sigma}^2$ parametreleri ile ters çevrilmiş bir gamma dağılımıdır.

σ bilinmediği için (3.14) eşitliği tekrar β parametresine göre düzenlenip, σ parametresine göre integrali alınırsa,

$$g(\beta | y) = \int_0^{\infty} g(\beta, \sigma | y) d\sigma \\ = \int_0^{\infty} g(\beta | \sigma, y) \cdot g(\sigma | y) d\sigma \\ \propto \int_0^{\infty} \sigma^{-(T+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} d\sigma \\ \propto \left[1 + \frac{1}{v}(\beta - b)' \frac{x'x}{\hat{\sigma}^2} (\beta - b)\right]^{-(K+v)/2} \quad (3.16)$$

olarak elde edilir. Eğer tek parametre üzerinden sonsal bilgi elde edilmek istenirse,

β_1 için,

$$g(\beta_1|y) \propto [1 + \frac{1}{v} (\frac{\beta_1 - b_1}{\hat{\delta}\sqrt{a_{11}}})]^{-(1+v)/2} \quad (3.17)$$

ortalaması b_1 , varyansı $[\frac{v}{v-2}] \hat{\delta}^2 a_{11}$ olan tek değişkenli bir t dağılımıdır. Ayrıca b_1 , b deki ilk eleman ve a_{11} de $(x^l x)^{-1}$ matrisinin ilk köşegen elemanıdır.

σ için,

$$\begin{aligned} g(\sigma|y) &= \int_0^\infty g(\beta, \sigma | y) d\beta \\ &\propto \frac{1}{\sigma^{v+1}} \exp(-\frac{v s^2}{2\sigma^2}) \end{aligned} \quad (3.18)$$

olarak elde edilebilir (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986).

3.2. Bilgi Veren Önsel Dağılım ile Sonsal Dağılımın Elde Edilmesi

Bayesyen analiz sayesinde önsel bilgiyi analizimize dahil edebiliyoruz. Bu birleştirmeyi yaparken eşlenik bir dağılıma ihtiyaç duyarız. Bu sayede ön bilgimizi temsil edecek ve matematiksel olarak uyumlu bir doğal eşlenik fonksiyonu belirlenmelidir. Bu fonksiyon olabilirlik fonksiyonu ile kolay birleşebilen bir önsel dağılım olduğunda sonsal dağılımda elde edilen sonuçlar önsel dağılım ile benzerlik gösterir.

(3.9) da verilen olabilirlik fonksiyonu β ve σ parametrelerinin bir fonksiyonu olduğundan doğal eşlenik fonksiyonu bir gama fonksiyonu olmaktadır.

$$\ell(\beta, \sigma|y) \propto h_1(\beta|\sigma, y) h_2(\sigma|y) \quad (3.19)$$

$$h_1(\beta|\sigma, y) = \exp\{-\frac{1}{2\sigma^2} [(\beta - b)^l x^l x (\beta - b)]\} \quad (3.20)$$

$$h_2(\sigma|y) = \sigma^{-T} \exp(\frac{v \hat{\sigma}^2}{2\sigma^2}) \quad (3.21)$$

olup, (β^l, σ) için önsel bilgi,

$$\begin{aligned} g(\beta, \sigma) &= (2\pi\sigma^2)^{-K/2} |A|^{1/2} \exp\{-\frac{1}{2\sigma^2} [(\beta - b)^l x^l x (\beta - b)]\} \\ &= (2\pi)^{-K/2} \sigma^{-T} |A|^{1/2} \exp\{-\frac{1}{2\sigma^2} [(\beta - b)^l x^l x (\beta - b)]\} \end{aligned} \quad (3.22)$$

ve

$$g(\sigma) = \frac{2}{\Gamma(\frac{v}{2})} (\frac{\bar{v} \bar{s}^2}{2})^{\bar{v}/2} \quad (3.23)$$

(3.22) ve (3.23) ün birleştirilmesi ve normalleştirme sabitinin çıkarılması ile

$$g(\beta, \sigma) \propto \sigma^{-K-\bar{v}-1} \exp\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\bar{v} \bar{s}^2 + (\beta - \bar{\beta})^l A (\beta - \bar{\beta})]\} \quad (3.24)$$

normal gama önsel yoğunluğu elde edilir. Bu denklemin σ ya göre integrali alınırsa,

$$g(\beta) \propto [1 + \frac{1}{\bar{v}} (\beta - \bar{\beta})^l \frac{A}{\bar{s}^2} (\beta - \bar{\beta})]^{-(K+\bar{v})/2} \quad (3.25)$$

β için önsel yoğunluk elde edilir. (3.24) doğal eşlenik ile (3.8) olabilirlik fonksiyonu

(3.7) eşitliğinde yerine yazılarak,

$$g(\beta, \sigma|y) \propto \sigma^{-T-K-\bar{v}-1} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\bar{v}\bar{s}^2 + (\beta - \bar{\beta})^T A(\beta - \bar{\beta})]\right\} \quad (3.26)$$

Sonsal yoğunluk fonksiyonu elde edilir ((Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986; Koehrsen, 2018)).

3.3. Aralık Tahmini

Bayesyen yaklaşımda herhangi bir parametreye karşılık gelen aralık tahmini yapılırken sonsal dağılım tercih edilir. Burada θ bir parametre a, b birer reel sayı olmak üzere,

$$P(a < \theta < b) = \int_a^b g(\theta|y) \cdot g(\theta) = 1 - \alpha \quad (3.27)$$

Şeklinde ifade edilir.

$$g(\beta_1|y) \propto \left[1 + \frac{1}{v} \left(\frac{\beta_1 - b_1}{\hat{\sigma}\sqrt{a_{11}}}\right)^2\right]^{-(1+v)/2} \quad (3.28)$$

(3.28)'de verilen β_1 için sonsal yoğunluk fonksiyonu kullanılırsa,

$$P\left(-t_{\frac{\alpha}{2}} < \left(\frac{\beta_1 - b_1}{\hat{\sigma}\sqrt{a_{11}}}\right) < t_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (3.29)$$

olur. Burada $t = (\beta_1 - b_1) / \hat{\sigma}\sqrt{a_{11}}$, v serbestlik dereceli tek değişkenli t dağılımıdır. (3.29) yeniden düzenlenirse,

$$P(a < \theta < b) = 1 - \alpha$$

olup burada $a = b_1 - t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma} \sqrt{a_{11}}$ ve $b = b_1 + t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma} \sqrt{a_{11}}$ olur. Böylece β_1 için tahmini aralığımız,

$$(b_1 - t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma} \sqrt{a_{11}}, b_1 + t_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma} \sqrt{a_{11}})$$

olarak bulunur.

Denklem (3.15) de verilen σ için sonsal yoğunluk $g(\sigma|y)$ kullanılırsa,

$$P\left(\chi^2_{(1-\frac{\alpha}{2})} < \frac{v\hat{\sigma}^2}{\sigma^2} < \chi^2_{\alpha/2}\right) = 1 - \alpha \quad (3.30)$$

olur. Burada $\frac{v\hat{\sigma}^2}{\sigma^2}$ ifadesi χ^2 dağılımına sahiptir. (3.30) yeniden düzenlenirse,

$$P(a < \sigma < b) = 1 - \alpha \quad \text{olup buradan}$$

$$a = \left(\frac{v\hat{\sigma}^2}{\chi^2_{\alpha/2}}\right)^{1/2} \quad \text{ve} \quad b = \left(\frac{v\hat{\sigma}^2}{\chi^2_{(1-\frac{\alpha}{2})}}\right)^{1/2} \quad \text{olur.}$$

Böylece δ için tahmini aralığımız,

$$\left(\left(\frac{v\hat{\sigma}^2}{\chi^2 \frac{\alpha}{2}} \right)^{\frac{1}{2}}, \left(\frac{v\hat{\sigma}^2}{\chi^2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$$

olarak bulunur (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986). Burada elde ettiğimiz tahmini aralık Bayesyen analizde, klasik analizden farklı olarak yorumlanır.

3.4. Hipotez Testi

Klasik yöntemde gerçekten ilgilendiğimiz, tek değerli ve test ettiğimiz hipotez H_0 dır. H_1 ise alternatif hipotez olarak adlandırılır.

Bayesyen istatistikte hipotezleri genellikle test etmek yerine karşılaştırmak kavramı tercih edilir.

$$H_0 : y = z\gamma + e_0, \quad e_0 \sim N(0, \sigma_0^2 I)$$

$$H_1 : y = x\beta + e, \quad e \sim N(0, \sigma^2 I)$$

Burada H_0 ve H_1 hipotezlerine ait önsel olasılıklar $P(H_0)$ ve $P(H_1)$ ve oranları da $\frac{P(H_0)}{P(H_1)}$ şeklindedir. Olabilirlik fonksiyonu yardımıyla bir sonsal oran

$$K = \frac{P(H_0|y)}{P(H_1|y)} \quad (3.31)$$

Şeklinde oluşturulur. H_1 örnek olarak alınıp gerekli işlemler yapıldığında,

$$\begin{aligned} P(H_1, y, \beta, \sigma) &= P(H_1) \cdot g(\beta_1, \sigma | H_1) \cdot f(y | \beta, \sigma, H_1) \\ &= P(H_1, \beta, \sigma | y) \cdot f(y) \end{aligned} \quad (3.32)$$

Buradan

$$P(H_1, \beta, \sigma | y) = \frac{P(H_1) \cdot g(\beta_1, \sigma | H_1) \cdot f(y | \beta, \sigma, H_1)}{f(y)} \quad (3.33)$$

ve

$$\begin{aligned} P(H_1 | y) &= \frac{P(H_1)}{f(y)} \underbrace{\iint g(\beta_1, \sigma | H_1) \cdot f(y | \beta, \sigma, H_1) d\sigma d\beta}_{f(y|H_1)} \\ &= \frac{P(H_1) f(y | H_1)}{f(y)} \end{aligned} \quad (3.34)$$

olur. Aynı düşünce ile

$$\begin{aligned} P(H_0, y, \gamma, \sigma_0) &= P(H_0) \cdot g(\gamma, \sigma_0 | H_0) \cdot f(y | \gamma, \sigma_0, H_0) \\ &= P(H_0, \gamma, \sigma_0 | y) \cdot f(y) \end{aligned} \quad (3.35)$$

Buradan

$$P(H_0, \gamma, \sigma_0 | y) = \frac{P(H_0) \cdot g(\gamma, \sigma_0 | H_0) \cdot f(y | \gamma, \sigma_0, H_0)}{f(y)} \quad (3.36)$$

ve

$$\begin{aligned}
P(H_0|y) &= \frac{P(H_0)}{f(y)} \underbrace{\iint g(\gamma, \sigma_0|H_0) \cdot f(y|\gamma, \sigma_0, H_0) d\sigma_0 d\gamma}_{f(y|H_0)} \\
&= \frac{P(H_0)f(y|H_0)}{f(y)}
\end{aligned} \tag{3.37}$$

olup (3.31) eşitliğinde yerine yazılırsa

$$K = \frac{P(H_0|y)}{P(H_1|y)} = \frac{P(H_0)f(y|H_0)}{P(H_1)f(y|H_1)} \tag{3.38}$$

olarak elde edilir (Judge, Griffiths, Hill, Lütkepohl & Lee, 1986).



BÖLÜM IV

4.1. Teknolojik Gelişim Göstergeleri

Teknolojik gelişim, devlet politikalarını, insanların yaşayış şeklini önemli ölçüde etkilemiş ve toplumların ekonomik, kültürel, siyasal, sosyal yaşam standartlarına yön vermiştir. Farklı dönemlerde de olsa bulunduğu döneme iz bırakmış ve dönemin ekonomik ve toplumsal yapısında değişimler oluşturmuştur.

Teknolojik gelişim ile birlikte devlet sınırları aradan kalkmış ve herhangi bir ülkede gerçekleşen teknolojik yenilik var ise diğer ülkelerde de kısa zamanda aynı gelişmeler yaşanmaktadır. Bu şekilde toplumlar birbirini etkilemekte ve coğrafyadan kaynaklı kültürel farklılaşma azalmaktadır.

Son yıllarda teknolojik gelişim önceki yıllara oranla daha hızlı ve daha kapsamlı bir şekilde değişmekte ve yeni gelişmeler yaşanmaktadır (Doğan, A., 2022a). Devletler ve firmalar bu hıza ulaşmak ve gelişen teknolojinin gerisinde kalmamak için devamlı kendisini yenilemekte ve değişen teknolojik tabana uyum sağlamaktadır. Bu gelişimlerin etkisi özellikle istihdam, yatırım ve büyüme alanlarında fazla olmaktadır (Küçük, 2021). Teknolojik gelişmeler farklı alanda olsalar bile birbirini etkilemekte ve gelişen teknolojilerin etkisi koordineli bir şekilde birbirini tetiklemekte, iç içe geçmiş gelişmeler her yenilikte kendisini göstermektedir.

Özellikle son yıllarda bilişim ve teknolojik alanında yaşanan gelişmeler, teknoloji kullanımının artması ve kullanım alanının genişlemesi ile birlikte teknolojik gelişmelerin üretim araçlarına entegre edilmesi sürecinde ve bu teknolojik araçların kullanımı aşamasında nitelikli insan gücüne olan ihtiyacı artırmıştır (Doğan, A., 2022b).

Ülkelerin gelişen teknoloji karşında teknolojik gelişmişlik düzeyinin göstergesi olarak, Ar-Ge harcamaları, patent sayısı, bilgi ve iletişim teknolojileri alanında yapılan yatırımlar ve harcamalar ile yüksek teknoloji ürünlerin ihracatı sayılabilir.

Son yıllarda, bilişim desteği olmadan tüm alanlarda hizmet sunumu yapılamaz hale gelmektedir. İnsanlar hayatının her alanında teknolojiyi daha çok kullanmaktadır ve yaşam kalitesinin artması için bu duruma ihtiyaç duyar hale gelmektedir. Bu durum arz talepten dolayı firmaların yatırımlarının bilişim alanına kaydırmasına sebep olmaktadır.

Bilişim firmalarının pazar kategorileri; donanım, yazılım ve hizmet olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Bunlar;

Donanım denilince; sunucu, masaüstü bilgisayar ve OEM ürünleri, tablet ve taşınabilir bilgisayar, baskı sistemleri, veri yedekleme ve depolama donanımı, ağ donanımı, güvenlik kamera donanımı, bilgi güvenliği donanımı, pos sistemleri, veri toplama (OT/VT) donanımı, görüntü ve ses sistemleri, telekomünikasyon alt yapı donanımı, PBX santral, mobil telefon, kesintisiz güç kaynağı ve tüketim malzemeleri sayılabilir.

Yazılım denilince; işletim sistemi, insan kaynakları yazılımı, ofis yazılımı, veri güvenliği yazılımı, doküman/arşiv yönetimi yazılımı, sektörel yazılım, coğrafi bilgi sistemleri yazılımı, CRM yazılımı, ERP yazılımı, mobil uygulamalar, çeşitli iş uygulamaları, veri tabanı yazılımı, veri ambarı/iş zekâsı yazılımı ve sanallaştırma sayılabilir.

Hizmet denilince; eğitim, e-fatura/e-defter/e-arşiv hizmeti, danışmanlık, çağrı merkezi hizmeti, barındırma/yönetim hizmeti, bulut hizmeti, internet hizmetleri ve kurulum/bakım/ destek hizmetleri akla gelmektedir.

Plus kategorilerinde ise; Ar-Ge, IoT ve M2M, yapay zekâ, metaverse, blockchain, sektörel yazılım sayılabilir.

Sosyo -Teknik etkileşim, gelişen teknolojinin ürünlere uyarlamasında, uygulama aşamasında her kademede etkisini göstermektedir. Eğer bu etkileşim dikkate alınmaz ise firmalar ve çalışanlar arasında kutuplaşma, gelir adaletsizliği, çalışanların istihdam sıkıntısı, işsizlik, nitelikli iş gücü kıtlığı, ekolojik tehdit gibi nedenler kaçınılmaz olacaktır (Sony, 2020). Bundan dolayı sosyo teknik etkileşim sanayiye geçiş ve geliştirilme sürecinde dikkat edilmesi gereken bir yapıdır. Bu etkileşim başarılı bir şekilde uygulandığında; insanların yaşam ve iş kalitesi artar, daha verimli olup yaratıcı düşünebilir. Aksi durumda; teknolojik gelişime uyumdan kaynaklı sıkıntılar, verimin düşmesi, gelir dağılımında oluşan farklılaşma ve işsizlikten kaynaklı toplumsal sorunlar yaşanabilir (Küçük, 2021). Sosyo-Teknik etkileşimde, teknolojinin stratejik gelişimi; insanların, nesnelerle, akıllı fabrikalarla, akıllı evlerle, sosyal ve iş ağlarıyla uyumunu kapsamaktadır. Ayrıca firmalar arasındaki koordinasyonlar, iş sürecindeki hizmet dağılımları, kullanılan teknolojilerin emniyet ve güvenilirliğini kapsamaktadır (Acatech, 2013).

İnsan yerine geçen robotlar sayesinde insandan kaynaklı hataların olmaması, istenilen şartlarda ve hızda ürün üretebilme, gelişen teknolojinin temeldeki en belirgin hedefleri arasındadır (Küçük, 2021). Gelişen teknolojiyi ürünlere uyarlayıp daha az insan

gücüyle daha fazla ve istenen özellikte ürünler üretmek hedeflenmektedir.

Tüm devletler, büyüme ve istihdam hedeflerini gerçekleştirmek için yeniliklere bağlı olarak gelişen teknolojiye yatırım yapmaya öncelik vermektedir. Ülkemizde de ekonomiye bağlı olarak gelişen bilişim ve teknolojik alanlarda yatırım her geçen gün artmaktadır. Ülke ekonomisinin büyümesi gelişen teknoloji ve endüstri unsurları dikkate alındığında bilgi temellidir. Buda ülkelerin ekonomik gelişiminin artık bilgi temelli olduğunu işaret etmektedir (Zhang & Yang, 2015). Günümüzde artık ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyi kullandığı teknoloji, uyguladığı bilim ve bu alanda yaptığı yatırımlarla ölçülmektedir.

4.2. Teknolojik Gelişim Göstergelerinin Ekonomik Büyümeye Etkisi

Teknolojik gelişmeler, bir ülkenin ekonomik büyümesi için gerekli altyapıyı oluşturup, teknolojik gelişime destek verecek kurum ve kuruluşları destekleyerek, dünya devletlerinde gerçekleşen ve gerçekleşmesi söz konusu olan teknolojik gelişmeler takip edilerek, paydaşları ile iletişim ağını güçlendirip bilgi alışverişinde bulunmasıyla mümkündür. Teknolojik ilerlemeye uyum sağlayabilmek bilim ve teknoloji alanlarında yapılacak veya yapılması planlanan teknolojik yatırımları takip edebilmek, teknolojik gelişmeleri hızlandıran en önemli etkidir (Dam & Yıldız, 2016).

Bir ülkenin teknoloji alanında yenilikçi olup gelişen bilim ve teknoloji ışığında kendini yenilemesi ve geliştirmesi ekonomik olarak büyümesini işaret etmektedir. Bu ilişkinin modellenebilmesi ve 2007-2020 yılları arasında teknolojik gelişimlerin değerlendirilmesini yapmak için çalışma kapsamında, gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) büyüme oranını etkileyen, Patent başvuru sayısı, Ar-Ge harcamaları, bilgi ve iletişim teknolojileri ihracatı ve yüksek teknoloji ürün ihracatı değişkenleri incelenmiştir. Bu sayede teknolojik yeniliğin, gelişimi etkileyen faaliyetlerin, ekonomik büyümeyi hangi oranda temsil ettiği modellenerek sonuçlar analiz edilip yorumlanmıştır.

4.2.1. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH)

Ülke sınırları içerisinde, belli bir zaman aralığında, üretilen malların, ürünlerin ve hizmetlerin piyasadaki parasal karşılığıdır. Burada GSYH hesaplanırken, ihracat-ithalat, devlet harcamaları, yatırım ve tüketim kalemleri dikkate alınır. Genellikle ülkenin ekonomik refah düzeyini ölçmede kullanılan bu terim ülkelerin gelişmişlik düzeyleri hakkında da bilgi vermekle birlikte tek başına GSYH'ye bakarak yorum yapmakta doğru değildir. Çünkü ekonomik gelişmişlik sadece bu oranların büyük olması ile kıyaslanamaz.

Ancak, ekonomik gelişmişlik düzeyinin analiz edilmesinde, yapılan yatırımların, ihracatların ülke ekonomisine olan etkisini görmek için yine bu oranın kullanımı oldukça yaygındır. Ülkelerin ekonomik performanslarını değerlendirmek karmaşık bir konudur. Genellikle bir ülkenin belli bir dönemdeki ekonomik performansı Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) üzerinden tartışılmaktadır. GSYH bir ülkenin genel ekonomik görünümü hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ancak GSYH'ye bakarak bir ülkenin ekonomik performansı hakkında değerlendirme yapmak tek başına gerçekçi bir değerlendirme olmayacaktır. Örneğin gelişmekte olan ülkelerin çoğu, yüksek büyüme rakamları elde etmektedir. Bu sonuç tek başına bu ülkelerin ekonomik performanslarının iyi olduğunu göstermemektedir (Kete & Karasac, 2022).





Şekil 4.1. Gayrisafi yurt içi hasıla hesaplama yöntemleri

Kaynak: 2020, TÜİK.

GSYH hesaplama yöntemi, gelir, harcama ve üretim yöntemlerine göre üç alt başlık altında hesaplanmaktadır.

Ekonomik katkısı olan sanayi, tarım ve hizmet gibi tüm sektörler tarafından üretilen toplam üretim dikkate alınarak yapılan GSYH hesaplamasında üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bu ürün ve hizmetlerin o yıl içerisinde yapılan harcamaları dikkate alınarak yapılan hesaplama harcama yöntemi ile hesaplama denilmektedir. Bu harcamalar, kamu harcamaları, yatırım harcamaları, tüketim harcamaları ve ihracat

harcamaları başlıklarında toplanabilir. Milli gelir büyüklüğünün belirlendiği diğer GSYH hesaplama yöntemi ise gelir yöntemidir. Gelir yönteminin hesaplanmasında ise kar, ücret, faiz ve diğer değişkenler kullanılmaktadır. Buradan hareketle, beklenen gelirin, yapılan harcamaların ve üretimin eşit olması durumunda, GSYH hesaplamasında kullanılan yöntemlerin üçünün de aynı sonucu vermesi beklenmektedir (Erkuş & Karagöz, 2009; Başar, 2012).

4.2.2. Ar- Ge Harcamaları

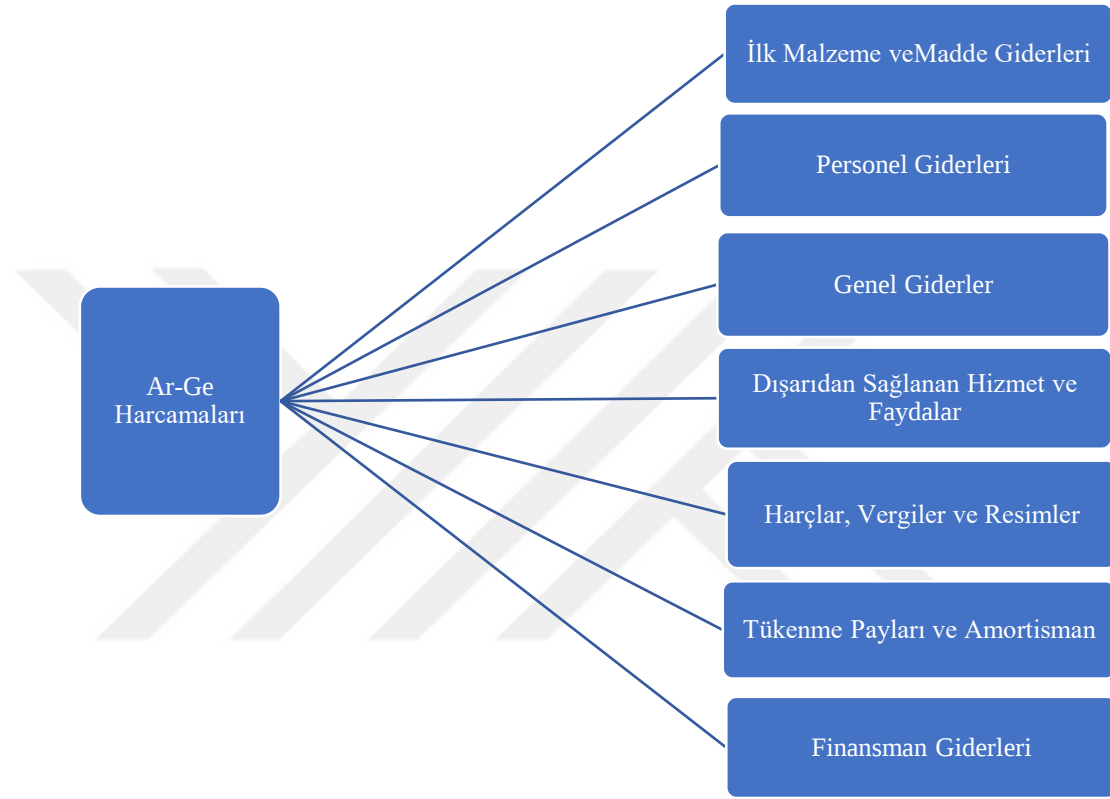
Ar-Ge çalışmaları, eldeki veriler kullanılarak, mevcut bilgilerin yeni bilgiler ile zenginleştirilmesi, bu bilgilerin mevcut ürünlerin gelişimi veya yeni ürünlerin üretimi adına yapılan yenilik çalışmalarının ortak adıdır. Ar-Ge çalışmaları yapıldığı faaliyete göre deneysel araştırma, temel araştırma ve uygulamalı araştırma diye üç alt gruba ayrılabilir. Yapılan çalışma belli bir amaca hizmet eden özgün bir deneysel çalışma ise uygulamalı araştırma, ticari amaç gütmeyen gerçekleştirilen orijinal deneysel çalışmalar ise temel araştırma ve süreç ve ürün geliştirmede genellikle deneysel araştırma içerisinde yer almaktadır (Inekwe, 2015). Her ne kadar ayrı gibi gözükseler de birbiri ile etkileşim içerisinde ve iç içe geçmiş halde bulunmaktadırlar.

Ar-Ge artışı bütün ülkelerde yukarı yönlü olup, bu artış ekonominin gelişimini hızlandırmakta katkı sağladığı görülmektedir (Papananiasa, McLeayb, Mahfoufa & Kadirkamanathana 2019). Bu ülkelerde ekonomik gelişim beraberinde teknolojik yeniliklerin ve gelişmelerin, gelişmesine ve hızlanmasına katkı sağlamaktadır. Ülkelerin GSYH büyümesinde Ar-Ge harcamaları önemli değişkenlerden biridir. Bu durumun farkında ve bilincinde olan gelişmekte olan ülkelerde ve gelişmiş ülkelerde Ar-Ge'ye ayrılan bütçe daha fazladır (Duman & Aydın, 2018).

Teknolojik ilerleme söz konusu olduğunda Ar-Ge çalışmaları kaçınılmaz olmaktadır. Şirketlerin gelişip büyümesi yapılan Ar-Ge çalışmaları sayesinde gerçekleşmektedir. Bunun yanında Ar-Ge harcaması için yeterli bütçesi olmayan ülkelerin buluş yapan ülkeleri taklit ederek yatırımlarına devam etmesi gelişmişliğini desteklese de devamlılık esas olmadığında bir yerde durma noktasına gelmektedir. Buluş yapan ülkeler ile buluşları taklit eden ülkeler arasında teknolojik gelişmişlik düzeyi zamanla açılmaktadır. Bundan dolayı gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde Ar-Ge ye yapılan yatırımların ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Inekwe, 2015).

Gelişen dünyada, ülkelerin ekonomik büyüme hedeflerine ve amaçlarına ulaşma gayreti içerisinde olup bunun için Ar-Ge ye yapılan yatırımları ve katılımları teşvik edici

devlet politikası geliştirmektedir. Ekonomik büyümenin devamlılığı için yeni fikirler bulma, bu fikirleri somut çıktılara dönüştürme ve gerçekleştirilen teknolojik gelişimleri yayma önemli bir hal almaktadır. Çünkü ekonomik gelişmişliğin ve büyümenin devamlılık göstermesi için Ar-Ge ye yapılan yatırımlar ve harcamalar aynı zamanda istihdam yaratma, rekabet gücünü artırma ve sosyo-ekonomik düzeyin artışında oldukça etkili olmaktadır.



Şekil 4.2. Ar- Ge harcamaları bileşenleri

Kaynak: www.MuhasebeTR.com

Ar-Ge harcamaları; ilk madde ve malzeme giderleri, personel giderleri, genel giderler, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler, vergi, resim ve harçlar, amortisman ve tükenme payları ve finansman giderleri başlıkları altında sıralanabilir.

İlk malzeme ve madde giderleri denildiğinde, üretime sevk edilen ürünlerin yarı mamul haline gelinceye kadar oluşan giderlerin tamamını oluşturmaktadır. Bu malzemeler, işletme malzemeleri, yardımcı maddeler, ham maddeler, ara mamuller, ambalaj malzemeleri, yedek parçalar ve diğer malzemelerden oluşmaktadır. Personel giderleri başlığı altında, işletme faaliyetlerinin devamlılığı ve işlerin yürütülmesi amacıyla çalıştırılan personelin maaşı, ödenen vergileri, sgk giderleri ve buna benzer giderler sayılabilir. Genel giderler başlığı altında, işletmenin faaliyetlerinin devamlılığını

sağlamak için yapılan bakım- onarım çalışmaları, elektrik, gaz ve su kullanımları, haberleşme için kullanılan makine ve teçhizatlar, ödenen kiralar, kitap ve dergi harcamaları sayılabilir. Dışardan sağlanan hizmet ve faydalar başlığı altında, Ar-Ge faaliyetinin yürütülmesinde, işletmenin dışardan tedarik ettiği, teknik destek ve analiz gibi hizmetler sayılabilir. Harçlar, vergiler ve resimler, Ar-Ge faaliyetlerinin gerçekleştirilme aşamasında yapılan harcamaları veya ithal ürünlerle ilgili gider olarak değerlendirilen durumları kapsamaktadır. Tükenme payları ve amortisman harcamaları, taşınır veya taşınmaz mallar için ayrılan kısımları oluşturur. Burada bu mallar, taşıtlar, binalar, araç ve makinalar, demirbaş malzemeler sayılabilir. Finansman giderleri başlığı altında ise yurt içi ve yurt dışı kredi ve kredilere ilişkin harcamaları kapsamaktadır (Seçilmiş, 2012; Ülger, 2019).

4.2.3. Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakları

Fikri ve sınai mülkiyet hakları, insanların buluşlarını, emeklerini ve yaratıcılıklarını kapsayan geniş bir kavramdır. Patenti alınarak tescillenmiş fikirlerin kopyalanmasına ve çalınmasına karşı eser sahibinin fikir ve eserinin korunması amacı ile kısıtlı olsa yasal teminatları içeren gerekli yasal düzenlemelerden oluşmaktadır. Yasal düzenlemeler her tür için kendi içerisinde değerlendirilmekte ve farklılık göstermektedir. Fikri ve sınai mülkiyet hakları patent, endüstriyel tasarım, coğrafi işaretler, fikir-sanat eserleri, entegre devre topografyası ve markadan oluşmaktadır (Ateş, 2003; Arıkan, 2007)

Yeni fikirlerin, buluşların ve üretilen tasarımların geçmişten günümüze kadar her zaman önemli bir yeri olmuştur. Gelişen teknoloji ile birlikte bu önem düzeyi giderek artmış ve bu eserlerin korunması ulusal düzeyde önem arz etmeye başlamıştır. Çünkü teknolojik gelişim ile fikri-sınai hakları arasında önemli bir bağ vardır. Bu bağ teknoloji transferleri gerçekleşirken bir taraftan da yasal çerçeve içerisinde korunması gerekliliğinden doğmaktadır (Taş, 2006). Çalışma kapsamında, Fikri ve sınai mülkiyet hakları arasında yer alan patent ile ilgili veriler yer aldığından aşağıda sadece patent başvuruları açıklanmıştır.

4.2.3.1. Patent Başvuruları

Teknolojik gelişim beraberinde yenilikleri de getirmiştir. Bir ülkede yapılan patent başvuru sayısı o ülkenin teknolojik gelişime ne ölçüde önem verdiğinin ve gelişmişliğinin bir ölçüsüdür. Bu ülkeler gelişim hedeflerini hayata geçirmek için, bilimin ışığında yenilikçi anlayışta patentler geliştirmektedir (Bozkurt, 2014)

Ülkelerin patent verileri, teknolojik gelişmişliğin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu patent verileriyle ülkelerin hangi alanlara yöneldiğini ve ülkelerin birbiri ile olan rekabet gücünü yorumlayabiliriz (Zhang & Yang, 2015). Sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin mümkün olması için dünya ülkelerinde meydana gelen yenilik ve gelişmeleri takip ederek kendi ülkesi içerisine bu yenilikleri empoze edip uyarlamakla gerçekleşmektedir. Bunun içinde yapılan patent başvuruları önem arz etmektedir. Yapılan birçok araştırmada patent başvurularının ülkelerin kalkınmasında yenilik yapma potansiyelinde artış sağlamada ve gelişmiş dünya ülkeleri seviyesine çıkmada veya gelişmişlik düzeyini koruyup geliştirmede önemli bir değişken olduğu sonucuna varılmıştır (Tekin & Demirel, 2022; Karakostas, 2022).

Dünya devletleri arasında rekabet gücünün belli bir seviyede olması veya bu düzeyin korunabilmesi içinde patent başvuru sayısı değişkenler içerisinde oldukça önemli bir yer işgal etmektedir. Çünkü yapılan patent başvuruları ülkenin sonraki yıllardaki potansiyelini göstermektedir. Aynı zamanda bilimsel ve teknolojik gelişimde nerede olduğunun bir ölçüsü konumunda bulunmaktadır.

4.2.4. Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı

Gelişen teknoloji ile birlikte ülkeler arasında karşılıklı bilgi ve teknoloji alışverişi önemli düzeyde artmıştır. Bu ülkeler arasındaki ticareti oluşturan ürünlerin başında yüksek teknolojili ürünler sayılabilir (Karakostas, 2022). Son yıllarda teknolojik gelişimin hızlı bir şekilde ivme kazanmasından kaynaklı olarak yüksek teknolojili ürünlere olan talep artmıştır. Ayrıca her ülke kendi potansiyeli seviyesinde yüksek teknolojili ürünler geliştirebilmek geliştirdiği ürünleri ihtiyacı doğrultusunda kullanmak ve ekonomik gelişime katkı sunabilmek için ihraç edebilme yarışına girmiştir. Yüksek teknolojili ürünler geliştirmek için araştırmaya ayrılan bütçenin öneminin farkında olan ülkeler, Ar-Ge harcamalarına gereken önemi göstermektedirler.

Yüksek teknolojili ürün denilince akla ilk, araştırma ve geliştirme gerektiren, en gelişmiş, ileri teknolojilerle donatılmış ürünler gelmektedir. Bu kategoride, bilgisayar, bilimsel ürünler, iletişim araçları, yüksek teknolojili mikroelektronik, biyolojik ve kimyasal ürünler başta olmak üzere birçok ürün sayılabilir.

Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin göstergelerinden birisi de yüksek teknolojik ürünlerin üretilmesi ve bu ürünlerin ihraç edilmesiyle ölçülmektedir. İçinde bulunulan yıllarda yapılan çalışmaları kapsamakta olup bu ürünlerin açmış olduğu pazarlarda ülkeler arası rekabetin oluşmasına da sebep olmaktadır (Öztürk & Alaşahan, 2019).

Yüksek teknolojik ürünler, ülkeler arasında pazar belirsizliğine ve rekabetçi bir ortamın oluşmasına sebep olmasının yanında teknolojik ürünlerin müşteriler tarafından kabul edilip edilmeme risklerine karşı belirsizliği diğer ürünler içerisinde ayırt edici olmasını sağlamaktadır (Benito, Sebastián & González-Gaya, 2021).

Gelişen teknolojik yenilik ve ülkeler arasında artan rekabet gücü ülkeleri yüksek teknoloji ürünler ihraç etmeye yöneltmiştir. Bu sayede ülkeler hem dış ticaret hacmini artırma hem de ekonomik kazancı fazla olan bu ürünler sayesinde döviz kazancı sağlamaktadırlar. Yapılan birçok araştırmada ülkelerin bu hamlelerinin doğru olduğunu kanıtlar niteliktedir. Çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre yüksek teknoloji ürün çeşitliliğinin artması ve bu ürünlerin ihraç edilmesinin ekonomik büyümeye olumlu katkılar sunduğu tespit edilmiştir (Dura & Yılmaz, 2022).

Ülkelerin mevcut durumunu koruma ve mevcut durumun sürekliliğini ve gelişimini sağlamak ve bu gelişimleri gelecek yıllara taşıma gayreti dikkate alındığında yüksek teknoloji ürünler geliştirebilmek ve üretime geçebilmek için bu üretimin alt yapısının sistemli bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bu durum genel anlamıyla bu ülkelerin gelecekte ekonomik büyüme sağlayabilmesi için atması gerekli hassas adımlardır. Çünkü şimdi yapılan bir alt yapının olgunlaşma ve ürüne dönüşmesi bir hayli zaman almaktadır (Çiftçi, 2004). Bu düşünce ile hareket edildiğinde teknolojik ürünlere yapılan yatırımlar ve harcamalar ülkelerin gelecek yıllarının ekonomik büyüme hedefleri içerisinde sayılabilir. Bir ülke yüksek teknoloji ürün ihraç etme fikrini kendisi kabul ettikten sonra bu düşünceye alışıp uyum sağlamalı ve gerekli dönüşüm ve değişimi kurumlarında sağlamalıdır. Çünkü teknolojik gelişime uyum ve mevcut teknolojik yeniliklerin sürdürülebilir olması için ülkelerinde bu uyumu sağlayabilmeleri için bu gelişimlere açık olması ve kendi düşüncelerini değiştirebilme kabiliyetleri oldukça önem arz etmektedir. Dünya ülkelerinin rekabet ortamında, rekabet edebilme kapasiteleri teknolojik gelişime uyum sağlayıp gerekli yatırım ve harcamayı yaparak elde ettiği birikim ve ülke kapasitesi ile doğrudan bağlantılıdır. Bu bağlamda kullanılan teknolojik yenilikler yüksek teknoloji ürün üretimini ve ihracatını destekler nitelikte olduğunda ülkenin ekonomik büyümesine katkısı oldukça büyük olmaktadır. Çünkü yüksek teknoloji ürünlerin üretimi hem sektörel üretkenliği artırarak ürün çeşitliliğinin artmasına hem de ekonomik büyümede kilit taşı görevini üstlenmektedir (Karasu, 2019).

Yüksek teknoloji ürünleri geliştiren kurumlar devamlı bir arayış içerisinde oldukları için bu teknolojik ürünlerin devamlılığı konusunda bir görev üstlenmiş konumda bulunmaktadır. Bu davranış teknolojik yatırımların artmasına ve gelecek nesillere

aktarılmasına olanak sağlamaktadır. Bu kurumlar gerekli desteği aldığında teknolojik gelişimler bir döngü etrafında kendisini devamlı yeniler konuma gelecektir. Bu davranış diğer kurumlar tarafından model alınıp teknolojik gelişimin sürekliliğini sağlayıp, yeni yatırımların planlanmasına ve geleceğe yapılan yatırımların artmasına vesile olacaktır. Bu sayede ekonomik büyüme desteklenmiş olacaktır (Dura & Yılmaz, 2022).

Dünya ekonomisine bakıldığında ekonomik gelişim aşamasında diğer ülkelerle arasına gelişmişlikte mesafe koyan ülkelerin teknolojik yatırım ve yüksek teknoloji ürün ihraç etmesinin payının oldukça fazla olduğu gözlenmektedir.

Teknolojik gelişim sürecinde ülkelerin bu sürece dahil olması, ekonomik gelişimin sürdürülebilir olması teknolojik gelişimle anılan kurumların teknolojik yeniliklere uyum sağlaması ve yenilikçi adımlar atması, yüksek teknoloji ürünlerin üretilme kapasitesini ve ihraç edilme oranlarını önemli oranda etkilemekte ve ihraç hacmini artırmaktadır. Yüksek teknoloji ürünlerin ihracı ile yapılan yatırımlar ve teknolojik gelişimde gerçekleşen yenilikler arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır (Falchenko, Savelyeva, Vyazovskaya & Almanza, 2021; Mamed, 2021). Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bu ilişki net bir şekilde ekonomik gelişim grafiklerine yansımaktadır.



Şekil 4.3. Teknoloji yoğunluğu için imalatta ISIC ve REV3 sınıflaması

Kaynak: TÜİK

Teknoloji yoğunluğu, yüksek teknoloji, orta yüksek teknoloji, orta düşük teknoloji ve düşük teknoloji alt başlıklarında değerlendirilmektedir. Yüksek teknoloji denildiğinde, hava ulaşım ve uzay araçları, ilaçlar, bilgisayar ofis malzemeleri, radyolar, TV haberleşme cihazları ve tıbbi optik cihazlar ele alınmaktadır. Ülke içerisinde bu ürünlerin üretilip ihraç edilmesi ülke gayrisafı yurt içi hasılanın artmasına dolayısı ile ekonomik gelişmeye önemli katkılar sağlamaktadır. Bu katkı teknolojik gelişim ile paralel bir şekilde devam etmektedir. Burada genel olarak teknolojik gelişimin ülke ekonomisine katkısı oldukça fazla olmaktadır (Avcı, Uysal & Taşcı, 2016).

4.2.5. Bilgi ve İletişim Teknolojileri

Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), bilginin oluşma fikrinden, uygulamaya kadar geçen aşamaların hepsini içine alan kapsamlı bir sistem döngüsüdür. Hayatın her alanında kullanımı mevcut olan, bilgi ve iletişim teknolojisi, iletişim, bilim, eğitim, sanayi ve mühendislik başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Böylece, bilgi akışını hızlandırıp, zamanı aktif kullanarak etkin bir üretim sağlanmaktadır. Bu üretim sonucunda, akıllı cihazlar, yazıcılar, uzay araçları ve uydular, sağlık alanında kullanılan cihazlar başta olmak üzere birçok ürün bilişim teknolojileri sayesinde geliştirilmektedir. Bilgi ve teknoloji ürünleri bilgisayar ve bilgisayarla ilgili donanımlardan yazılıma ve iletişim ekipmanlarına kadar birçok bileşeni bir arada bulundurmakla birlikte, BİT ürünleri teknolojik araçlarda bilgiyi işleme ve iletişim amaçlarını yerine getirmekte, ayrıca fiziksel olayların kaydını ve kontrolünü sağlayıp gerekli iyileştirmelerin yapılmasına imkân veren iç içe geçmiş kapsamlı bir yapıya sahiptir (Türedi, 2013).

Yapılan yatırımlar ve harcamalar dikkate alındığında, uluslararası düzeyde dünya ticaretinin en önemli dinamiklerinden birisi olan BİT ürünlerinin, ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeyini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmektedir. Bu yatırımlar, yeni teknolojilerin üretim sürecine girmesine, sermaye stokunun genişletilip yenilenmesine ve ekonomik büyümenin sürdürülmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, ekonomik veriler incelendiğinde, bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan yatırımların o ülkede geliştirilen teknolojik ürünler ile paralellik gösterdiğini ve uluslararası düzeyde teknolojiyi üreten, kullanan ve ihraç eden ülkeler arasında gelişmişlik düzeyinde oluşacak farkın önemli bir göstergesi konumuna gelmektedir. Bu durumda rekabet ortamında teknolojiyi üreten ülkeler ile diğer ülkelere arasında her zaman teknolojik farklılıkların oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

Dünyada artık bilgi ve teknoloji birleşiminden oluşan yeni teknolojik cihazlar, insan

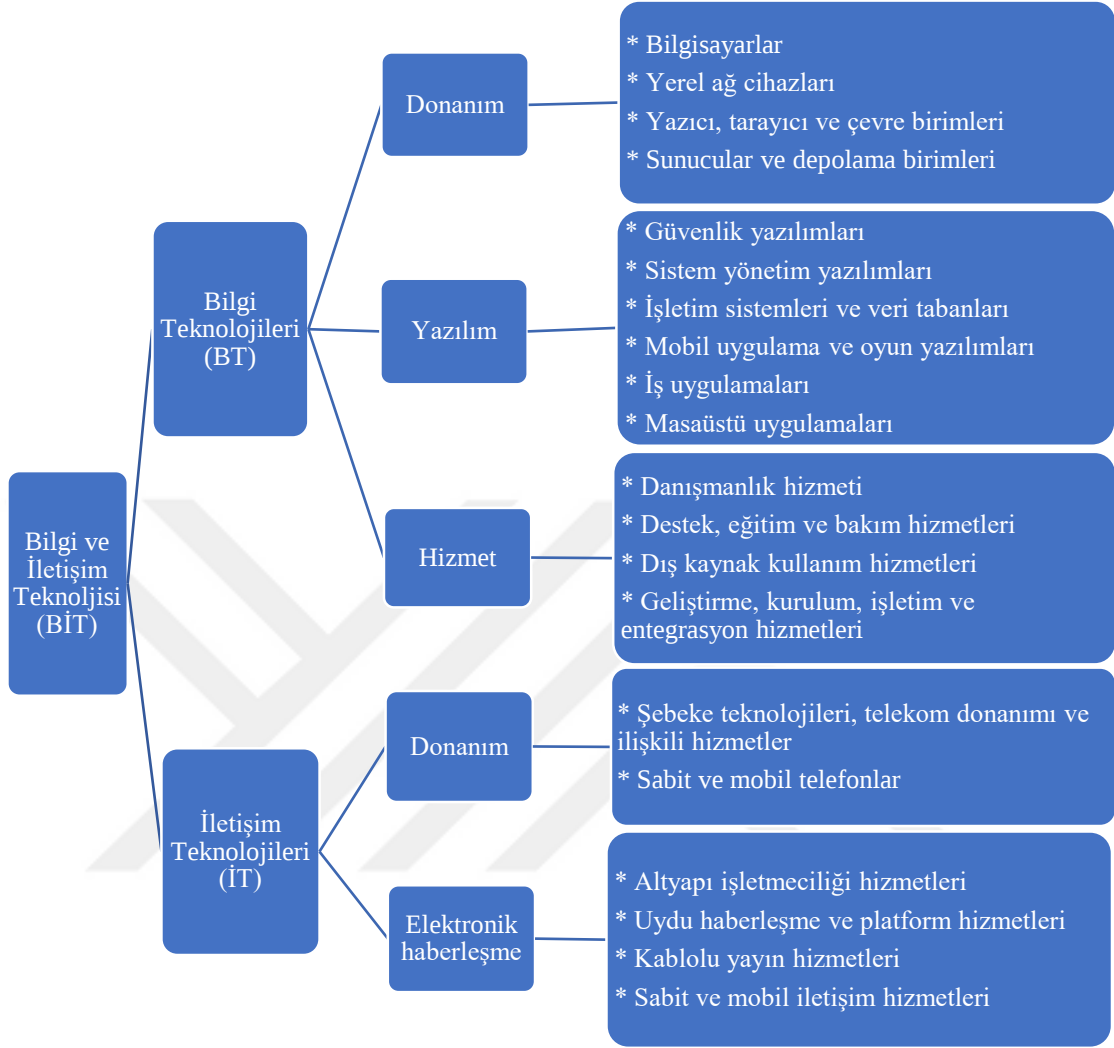
gücüne dayalı işlerin yerini almaktadır. Böylece teknolojiye bağımlı bir durumla karşılaşmaktadır. Bu durumun avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Gelişen teknolojik yenilikleri yaşantımıza doğru bir şekilde dahil ettiğimizde, iş hayatındaki işlemlerin otomatikleşmesine ve bilgisayarlaşmasına (Doğan & Yurtsal, 2021), kas gücüne dayalı işlemlerin teknolojik aletler yardımıyla yapılmasına ve benzeri durumlara geçişe uyum sağladığımızda teknolojik gelişmelerin avantajları yaşanmaktadır. Ancak teknolojinin kötüye kullanımı da yaşam alanını sıkıntıya sokabilecek düzeylere ulaşmakta ve insanlık için bir tehdit oluşturabilmektedir. Örneğin gelişen teknoloji ile siber saldırıların artma ihtimali veya bir klavye tuşu ile bombaların patlayıp, ciddi yıkımların olma ihtimali bunlardan bazılarıdır (Doğan & Abacı, 2021).

Bilgi ve teknoloji ürünlerine yapılan yatırımlar sayesinde, yeni teknolojik ürünlerin üretime dahil olması, teknolojiye sermayeye ayrılan bütçenin ve yapılan stokun artması ekonomik büyümenin iyileştirilmesi ve sürdürülebilirliği açısından önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu bilinçle hareket eden ülkelerin bilgi ve teknolojik alana yapılan yatırımlarını her geçen gün artırmaktadır. Çünkü birçok ülke yapılan yatırımların geri dönütünü almış ve daha fazla yatırım yapma gayreti içerisinde girmişlerdir. Gelişen teknolojiler yapılan yatırımlar ve uygulanan devlet politikaları sayesinde bulunduğu konumdan daha ileri bir seviyeye gelmektedir (Farhadi, Ismail & Fooladi, 2012).

Dijital ekonomiye geçiş ile BİT ürünlerinin kullanımı küresel anlamda bir artış göstermiştir. Bu durum, son yıllarda devletlerin ürün ve hizmet üretme kapasitelerini ve verimliliğini büyük ölçüde etkilemiştir. Sonuç olarak, BİT ürünlerinin kullanımı, üretimi ve ihraç edilmesi devletlerin rekabet gücünün artmasına ve ekonomilerinin büyümesine katkı sağlamıştır (Cardona, Kretschmer & Strobel, 2013).

Bilgi ve teknoloji ürünlerinin gelişimi, özellikle gelişmekte olan ülkelerin gelişmesinde ve bu ülkelerin teknolojik alt yapılarının iyileştirilmesinde bir avantaj sağlamaktadır. Çünkü bu gelişim tarihi ve coğrafi sınırları ortadan kaldırmakta ve gelişmiş ülkelerin BİT ürünlerine erişilebilirliği kolaylaşmaktadır. Burada bu gelişmiş teknolojileri alıp kendi ülkesine uyarlaması için bir ülkenin gerekli alt yapısının daha önceden hazır olması gerekir. Alt yapı olarak hazır olan bu ülkelerin BİT araçlarını alıp kendi ülkelerinde uyarlaması sonucunda rekabet etme özellikleri artacak ve sosyo-ekonomik düzeyinin kalkınmasının temelleri atılmış olacaktır. (Sinha & Sengupta, 2022). Bilgi ve teknoloji alanında yapılan yatırımlar gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere kısa zamanda olumlu bir sonuç olarak yansırken az gelişmiş ülkelere bu durum biraz farklıdır. Ancak uzun vadeli yatırımlar söz konusu olduğunda, tüm ekonomi düzeyinde büyüme

oranını etkileyen en önemli unsurlardan birisinin bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan yatırımlar olduğu açıktır.



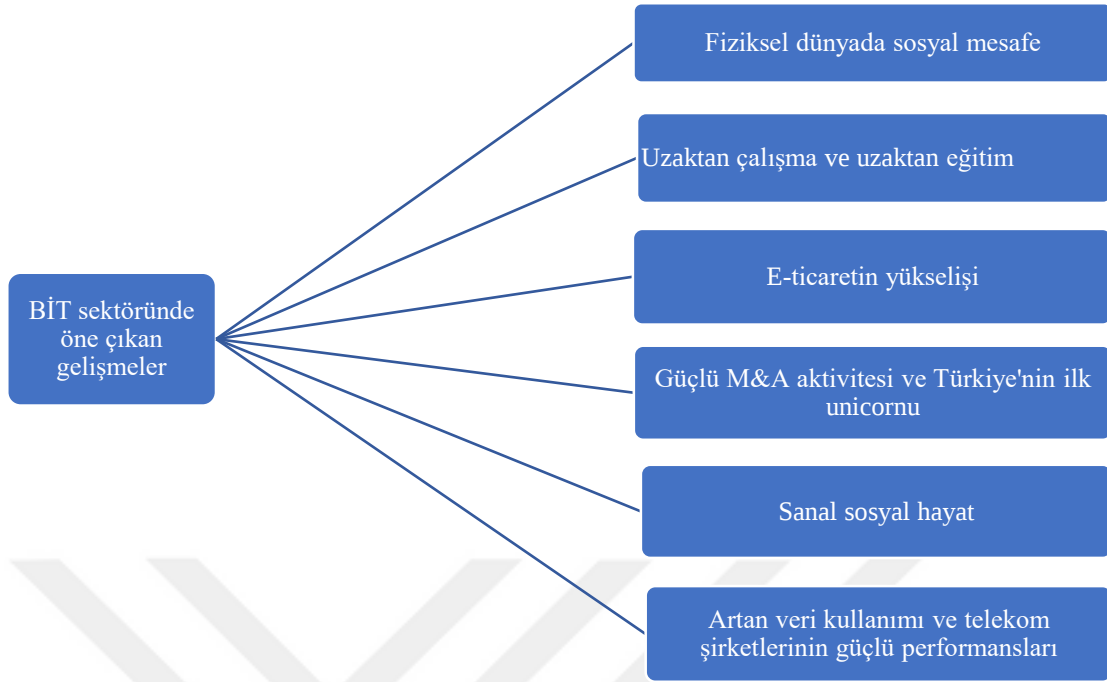
Şekil 4.4. Bilgi ve iletişim teknoloji bileşenleri

Kaynak: Deloitte danışmanlık A.Ş. 2021, TÜBİSAD.

Bilgi ve iletişim teknolojileri şekil 4.5.' de görüldüğü gibi donanım, yazılım, hizmet ve elektronik haberleşme alt başlıklarından oluşmaktadır.

Teknolojik cihazların oluşumunda, kullanımında ve bakımında kullanılan tüm parçalarına donanım ismi verilmektedir. Gelişen teknoloji çağının en önemli konulardan birisi hiç şüphesiz yazılım konusudur. Özellikle son zamanlarda güvenlik, sistem yönetimi, mobil ve masaüstü uygulama ve oyun yazılımlarının kullanım alanları oldukça fazladır. Hizmet başlığı altında, eğitim, danışmanlık, kaynak kullanımı, kurulum, bakım ve geliştirme hizmetleri ile diğer hizmetler verilmektedir. Elektronik haberleşme başlığı altında ise kablolu yayın, sabit ve mobil iletişim, uydu ve altyapı hizmetleri yer almaktadır (Karabağ,

2005).



Şekil 4.5. Bilgi ve iletişim sektöründe öne çıkan gelişmeler

Kaynak: Deloitte danışmanlık A.Ş. 2021, TÜBİSAD.

Son yıllarda BİT sektöründe öne çıkan gelişmeler;
Gerek şirketlerin çalışma esaslarındaki değişim gerekse tüketici hareketliliğinden doğan doğal süreçlerden dolayı gereksede sağlık sisteminin işlemesi adına sosyal mesafe fiziksel dünyada zorunlu hale gelmeye başlamıştır. Temassız ve online olarak yapılan ödemelerdeki artış, ticarete ödeme olanaklarını değiştirmiştir. Bu durum BİT ürünlerinin kullanılmasını dolayısı ile BİT sektörüne talep artışının yaşanmasını sağlamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte uzaktan eğitimler, online kurslar ve uzaktan çalışmalar oldukça yaygınlaşmaya başladı. Özellikle pandemiyle birlikte uzaktan eğitimler, kurslar, toplantılar ve özel işyerindeki çalışmalar bilgisayar ortamında uzaktan yapılmaya başlamıştır. Bu durumda BİT ürünlerine olan ihtiyacı artırmış dolayısı ile bu sektöre yönelim artmıştır. E-ticaretin büyümesiyle birlikte online ödemelerin artması BİT sektöründe özellikle, hizmet, donanım ve yazılım alanlarında ihtiyacın doğmasına, bu ihtiyaçlardan dolayı oluşan talebi karşılamak için ise BİT ürünlerine olan ihtiyaç artmıştır. Telekomünikasyon, yazılım ve oyun, finansal servisler, E-ticaret sektörlerindeki birleşmeler ve satın almalar devamlı artış göstermektedir. Özellikle oyun ve telekomünikasyon alanında gelişmeler oldukça hızlı ve teknolojik gelişime uyum sağlar niteliktedir. Ayrıca Türkiye de Peak Games mobil oyunu ilk unicorn unvanını almıştır.

Bu gelişmeler birlikte değerlendirildiğinde BİT sektöründe son yıllarda hızla gelişme ve bu gelişime uyum sağlama aşamasında BİT ürünlerine ihtiyaç oldukça fazladır. Sosyal hayatın sanal ortama kayması ile birlikte, fitness uygulamaları, internet, TV, elektronik, oyun, sosyal medya, meditasyon uygulamalarında talep artışı olmuştur. Bu durumda BİT ürünlerine doğal yönelimlerin oluşmasını sağlamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte elektronik haberleşmedeki artış ile birlikte mobil ve sabit hatlarda veri kullanım hızlı bir şekilde artış göstermeye başlamıştır. Bu artışı karşılamak için firmalar bu alanlara yapılan yatırım miktarlarını her geçen gün artırma yoluna gitmektedir. Burada yapılan yatırımlar ve kullanılan teknolojiler ise BİT sektörünün gelişimine ve gerekliliğine işaret etmektedir (Aytekin, 2012; Erol, 2021).



BÖLÜM V

UYGULAMA

5.1. Model

Bu bölümde Türkiye'deki teknolojik gelişimin parametrelerini tahmin etmek için Bayesyen yöntemi, çoklu doğrusal regresyona uyarlamak için bağımlı değişkenimiz GSYH oranının, bağımsız değişkenlerimiz, Ar-Ge harcamaları, yerleşik ve yerleşik olmayan başvuru patent sayısı, yüksek teknoloji ürün ihracatı ve bilgi ve iletişim teknolojileri ihracatı parametrelerine göre değişimini incelemek ve tahmin etmek için modelimiz oluşturulmuştur.

Modelimiz,

$$GSYH_t = \beta_1 + \beta_2 * AG + \beta_3 * PS + \beta_4 * YTÜ + \beta_5 * BİT + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

şeklinde olup, değişkenler;

GSYH, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla

AG, Ar-Ge Harcamaları

PS, Patent Başvuru Sayısı (yerleşik olan+ yerleşik olmayan)

YTÜ, Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı

BİT, Bilgi ve İletişim Teknolojileri İhracatı

dir.

2007-2020 yılları arasında Türkiye ve İspanya'ya ait bu veriler OECD, CEICDATA ve dünya bankasından alınmıştır. İspanya verileri Türkiye verileri için ön bilgi dağılımı olarak kullanılmıştır. İspanya'nın tercih edilmesinde bugüne kadar yapılmış olan çalışmalarda Türkiye ile her alanda benzer olması etkili olmuştur. İspanya, Türkiye'ye ekonomik gelişimi, bulunduğu coğrafi yapısı gibi birçok nedenden dolayı benzerlik göstermektedir (Ekici, 2005). Ayrıca birçok çalışmada benzer yapıda oldukları yapılan araştırmalar ile teyit edilmiştir.

İspanya için elde edilen verilerden modelimiz aracılığı ile elde edilen parametreler, Türkiye modelinin ön dağılımı oluşturulmuştur.

Son olarak (5.1) de verilen modelimiz Türkiye örneğine uygulanıp program yardımıyla sonsal dağılımı elde edilmiştir. Programda Türkiye modelinin önsel bilgisi, İspanya modelinden elde edilen değerlerdir. Böylece, elde edilen verilerden oluşan dağılım ile ön bilgi dağılımının birleşiminden sonsal dağılım elde edilmiştir.

5.2. Monte Carlo Simülasyon Yöntemi (MC)

Monte Carlo yöntemi optimizasyon, sayısal entegrasyon veya olasılık dağılımında kullanılan bir hesaplama algoritmasıdır. Analitik olarak modellenmesi veya çözülmesi karmaşık olan durumların davranışını simüle etmek için kullanılan güçlü bir araçtır. Bazen analitik olarak çözümü mevcut olan durumlara da uygulanır. Analitik çözümün yerine tercih edilme sebepleri arasında; parametre sayısı arttıkça analitik bir çözüme ulaşmanın zorlaşması ve bazen de mümkün olmamasının yanında, bilgisayar üzerinde çalışma süresini istediğimiz gibi ayarlayarak analitik çözüme daha yakın sonuçları kolayca hesaplayabildiğimiz gelişmiş bilgisayar altyapısının olması sayılabilir (Hahn, 2014).

Monte Carlo Metodu, araştırma yaptığımız konuya ait bütün olası durumların olasılıklarını gösterir. Böylece, hangi girdinin sonucu nasıl etkilediğini anlayıp daha iyi kararlar vermemize yardımcı olur. Bu yöntem, Stanislaw Ulam ile John von Neumann'ın geliştirdiği bir metottur. Adını kumar şehri olan Monaco' dan almıştır.

Monte Carlo Simülasyonu, finans, yapay zekâ, satış tahminleri, proje yönetimi, mühendislik, ulaşım, çevre, enerji, sigorta, atom ve molekül fiziği, sayısal analiz, araştırma ve geliştirme gibi birçok gerçek hayat problemlerine başarıyla uygulanmaktadır. Monte Carlo ile ilgili, A. Hall pi sayısı üzerine, Ragleigh diferansiyel denklemler üzerine, Stanislaw Ulam atom bombası ile ilgili kalkan oluşturma üzerine çalışmalar yapmıştır.

Monte Carlo Simülasyonu, girdilerini temsilen olasılık dağılımları kullanılır. Çıktıların ise göstereceği dağılımın nasıl olacağına bağlı çalışan bir yöntemdir. Monte Carlo simülasyonu, sabit girdi değerlerinin oluşturduğu olasılık dağılımından faydalanarak, belli bir aralıkta, istenilen sayıda hesaplama yapar. Bu hesaplamalar sonucunda ilgilenilen çıktılar ve bu çıktılarından oluşan olasılık dağılımı elde edilir.

Öncelikle bağımlı ve bağımsız değişkenlere bağlı model ayarlanır. Daha sonra bağımsız değişkenler için bir olasılık dağılımı belirlenir. Son olarak da simülasyonları tekrar tekrar çalıştırarak birçok değer elde edilir.

Monte Carlo simülasyonu kullanılarak elde edilen değerler, örnekten örneğe bağımsız olarak elde edilmektedir. Burada Markov Zinciri dizileri bağımsız örneklerden oluşmaktadır. Her adımı birbirinden bağımsızdır ancak bazen bağımlı olarak da türetilabilmektedir. Markov zincirleri, Bayes istatistiklerinde oldukça kullanışlı bir yapıya sahiptir. Çünkü, Markov zinciri rastgele hareket ederek parametrelerin sonsal

dağılımını bulmamıza yardımcı olur. Ayrıca Monte Carlo simülasyonu elde edilen değerlerin gerçek veri değerlerine çok yakınsadığı, programlama da çok hızlı çalıştığı ve basit modellerde dahi iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir (Hahn, 2014).

5.2.1. Monte Carlo Markov Zincirleri (MCMC)

Markov zincirleri her bir örneğin birbirinden bağımsız olarak türetildiği dizilerden oluşmaktadır. Her zincir bağımsız olarak elde edilmiş olsa da zamanla birbiri ile ilişkili durumlar da ortaya çıkabilmektedir. Markov zinciri rastgele yürüyüşten oluşan matematiksel bir yapıdır.

Markov Zincirinin bazı özellikleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

İndirgenemezlik; sonlu sayıda yinelemede dağılımın tüm alanlara ulaşması,

Periyodik; Aynı alanları tekrar tekrar ziyaret eden bir döngüye sahip olması,

Homojenlik; Markov zincirlerinin birbirinden bağımsız olarak elde edilmesi,

Durağanlık; Tahmin etmeye çalıştığımız parametre için istenen dağılımdır. Yinelemeler devam etse de dağılımımız değişmiyorsa durağanlaşmıştır.

Ergodiklik; Markov zincirimiz, indirgenemez, periyodik olmama ve başlangıç noktasına bağlı kalmama şartlarını sağlıyorsa ergodiktir denir (Hahn, 2014).

$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)$ vektör parametremiz olmak üzere, burada $\theta_1^{(i)}, \theta_1$ için Gibbs örnekleyicisinin i. yineleme sonucundaki simüle edilmiş değerini göstermektedir. Diğer adımlar aşağıdaki gibi devam etmektedir.

$$\begin{aligned}
 \theta_1^{(i)} &\sim P(\theta_1 | y, \theta_2^{(i-1)}, \dots, \theta_p^{(i-1)}) \\
 \theta_2^{(i)} &\sim P(\theta_2 | y, \theta_1^{(i)}, \theta_3^{(i-1)}, \dots, \theta_p^{(i-1)}) \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 \theta_p^{(i)} &\sim P(\theta_p | y, \theta_1^{(i)}, \dots, \theta_{(p-1)}^{(i)}) \\
 \theta_1^{(i+1)} &\sim P(\theta_1 | y, \theta_2^{(i)}, \dots, \theta_p^{(i)}) \\
 \theta_2^{(i+1)} &\sim P(\theta_2 | y, \theta_1^{(i+1)}, \theta_3^{(i)}, \dots, \theta_p^{(i)}) \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

Çok değişkenli regresyon denklemlerinin parametrelerine aynı adım sırası ile uygulanınca,

$$\begin{aligned}
 \beta_0^{(i)} &\sim P(\beta_0 | y, \beta_1^{(i-1)}, \dots, \beta_p^{(i-1)}) \\
 \beta_1^{(i)} &\sim P(\beta_1 | y, \beta_0^{(i)}, \beta_2^{(i-1)}, \dots, \beta_p^{(i-1)})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \cdot \\
& \cdot \\
& \cdot \\
& \beta_p^{(i)} \sim P(\beta_p | y, \beta_0^{(i)}, \dots, \beta_{(p-1)}^{(i)}) \\
& \beta_0^{(i+1)} \sim P(\beta_0 | y, \beta_1^{(i)}, \dots, \beta_p^{(i)}) \\
& \beta_1^{(i+1)} \sim P(\beta_1 | y, \beta_0^{(i+1)}, \beta_2^{(i)}, \dots, \beta_p^{(i)}) \\
& \cdot \\
& \cdot \\
& \cdot
\end{aligned} \tag{5.3}$$

şeklinde elde edilir (Kéry, 2010). Bu yöntem arzu edilen örnekleme değere ulaşıncaya kadar devam edilir.

5.2.2. MCMC Yöntemiyle Sonsal Dağılımın Oluşturulması

Çalışmamızda istatistiksel çıkarımlar yapmak için Bayes teorisine dayalı MCMC yöntemi ve WinBUGS programı kullanılmıştır. Bu program, son olasılık dağılımından çekilen verilerin Monte Carlo simülasyon yöntemi ile türetilmesini sağlamaktadır. Böylece, son olasılık dağılımının tam veya yaklaşık olarak elde edilmesine imkân vermektedir (Ekici, 2005). Burada sonsal dağılımdan birbirinden bağımsız örnek bulmamızı sağlayan MCMC yönteminde örneklem boyutu sonsuza doğru gittikçe, büyük sayılar yasasına göre beklenen değerimiz gerçek değerine ya çok yaklaşır ya da gerçek değeri elde ederiz (Hahn, 2014).

5.3. WinBUGS Programı

Bayesyen regresyonda analizinde pratik olarak hesap yapılabilen bir program olan WinBUGS, ayrıca kurulum ve kullanım kolaylığı sağlayan bir programdır. Aynı zamanda ücretsiz ve sınırsız olarak kullanılan bir programdır. WinBUGS bağımsız bir program olmasına rağmen diğer programlar tarafından çağrılabilen ve R programının içinde açılabilir.

Bayesyen yöntemlerinin etkin olarak kullanıldığı BUGS (Bayesian inference Using Gibbs Sampling), BSU da tasarlanan bir yazılım dilidir. Tasarlanma aşamasından sonra geliştirilen bu yazılım paketi içerisinde birçok yazılım barındırmaktadır.

WinBUGS kullanmanın birçok avantajı mevcuttur. Bunlardan ilki olasılık dağılımlarının geniş aralıklı olmasıdır. İkincisi ise tahminlerdeki model parametrelerinin belirsizliğinin tespiti ve bu belirsizliğin giderilmesinde etkili olmasıdır (Mccarthy, 2007).

5.4. Modelin Analizi

5.4.1. Modelin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Analizi

AG, PS, YTÜ ve BİT bağımsız değişkenlerinin GSYH bağımlı değişkenini üzerindeki açıklayıcı etkisini test etmek için SPSS22 programı yardımıyla analiz yapılmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda elde edilen sonuçlar tablo ve grafik yardımıyla aşağıda verilip açıklamaları ve yorumu yapılmıştır.

Tablo 5.1

Tanımlayıcı istatistik tablosu

	Ortalama Değer	Standart Sapma	N
GSYH	11.8892	0.0930	14
AG	10.1945	0.1528	14
PS	3.6810	0.2070	14
YTÜ	9.4650	0.1630	14
BİT	9.3703	0.0720	14

Çoklu doğrusal regresyon analizi ile elde edilen tanımlayıcı istatistik tablosunda değişkenlerimizin ortalama değeri ve standart sapması gözlemlenmektedir.

Tablo 5.2

Korelasyon tablosu

	GSYH	AG	PS	YTÜ	BİT
Pearson Korelasyonu					
GSYH	1.000	0.987	0.967	0.934	-0.262
AG	0.987	1.000	0.974	0.888	-0.380
PS	0.967	0.974	1.000	0.881	-0.343
YTÜ	0.934	0.888	0.881	1.000	0.008
BİT	-0.262	-0.380	-0.343	0.008	1.000
Anlamlılık (1-kuyruk)					
GSYH	.	0.000	0.000	0.000	0.182
AG	0.000	.	0.000	0.000	0.090
PS	0.000	0.000	.	0.000	0.115
YTÜ	0.000	0.000	0.000	.	0.489
BİT	0.182	0.090	0.115	0.489	.

Tablo 5.2’de bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusallık bağlantısı olup olmadığına

bakıldığında katsayıların ($r > 0.80$) dan büyük olduğu gözlemlenmektedir. Bu da değişkenler arasında çoklu doğrusallık bağlantısı olduğu anlamına gelmektedir. Tablodan, AG değişkeni ile PS değişkeni arasında 0.974, AG değişkeni ile YTÜ değişkeni arasında 0.888 ve PS değişkeni ile YTÜ değişkeni arasında 0.881, yüksek korelasyon değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bağımsız değişkenler arasındaki bu yüksek ilişki determinasyon katsayısının büyük olmasına sebep olmaktadır. Bu durumda bağımsız değişkenlerin bazılarının birbirinden etkilendiği ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki açıklayıcı etkisi azalmakta ve bu etki net olarak belirlenmemektedir. Dolayısıyla regresyon analizi kullanılarak bu model ile yapılan çalışmanın anlamsız olacağı yorumu yapılabilir.

Tablo 5.3
Model özeti tablosu

Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Tahminin Standart Hatası	İstatistiksel Değişimi					
					R^2 Değişimi	F Değişimi	df1	df2	F Önem Düzeyi Değişimi	Durbin-Watson
1	0.995 ^a	,990	,986	,0109195	,993	217,197	5	8	0.000	1.836

a. Tahminciler: BİT, YTÜ, PS, AG

b. Bağımlı Değişken: GSYH

Tablo 5.3'te modelimizin sonuçlarını yorumlayabileceğimiz verilerimiz mevcuttur. R değeri bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenle olan korelasyonunu göstermektedir. R değerimiz 0.995 olup korelasyonun yüksek olduğu söylenebilir. R^2 değeride bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı olup bu değer 0.990 dır. Ancak değişken sayımız birden fazla olduğu için ayarlanmış R^2 'ye bakmamız gerekmektedir. Burada 'ayarlanmış R^2 ' değerine bakıldığında modelimizdeki bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken tarafından açıklanma oranının 0.986 olduğunu görmekteyiz. Ayrıca artık terimlerin korelasyonunu belirlemede kullanılan Durbin-Watson katsayısı 1.836 çıkmıştır. Bu oran (0,4) aralığında değer alıp 4'e yaklaştıkça korelasyonun arttığı söylenebilir. Burada, 2'den küçük ve 2'ye yakın değerler korelasyon konusunda kararsız bölge olarak değerlendirilir. Tablo 5.3'te elde edilen değer 2'ye yakın olup değişkenler arasındaki korelasyonun kararsız bölgede olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 5.4
ANOVA tablosu

Model	Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kareler	F	Önem Düzeyi
1					
Regresyon	0.111	4	0.028	233.733	0.000 ^b
Artık	0.001	9	0.000		
Toplam	0.113	13			

a. Bağımlı Değişken: GSYH

b. Tahminciler: BİT, YTÜ, PS, AG

Tablo 5.4'ten önem düzeyinin değerinin 0.000 olduğu gözlemlenmektedir. Bu değerden hareketle modelimizdeki değişkenlerin, modeli açıklamakta anlamlı olduğu sonucuna varmaktayız. Ancak buradan hangi değişkenin bağımlı değişkeni hangi oranda etkilediğini göremeyiz. Bunun için ise tablo 5.5 incelenmelidir.

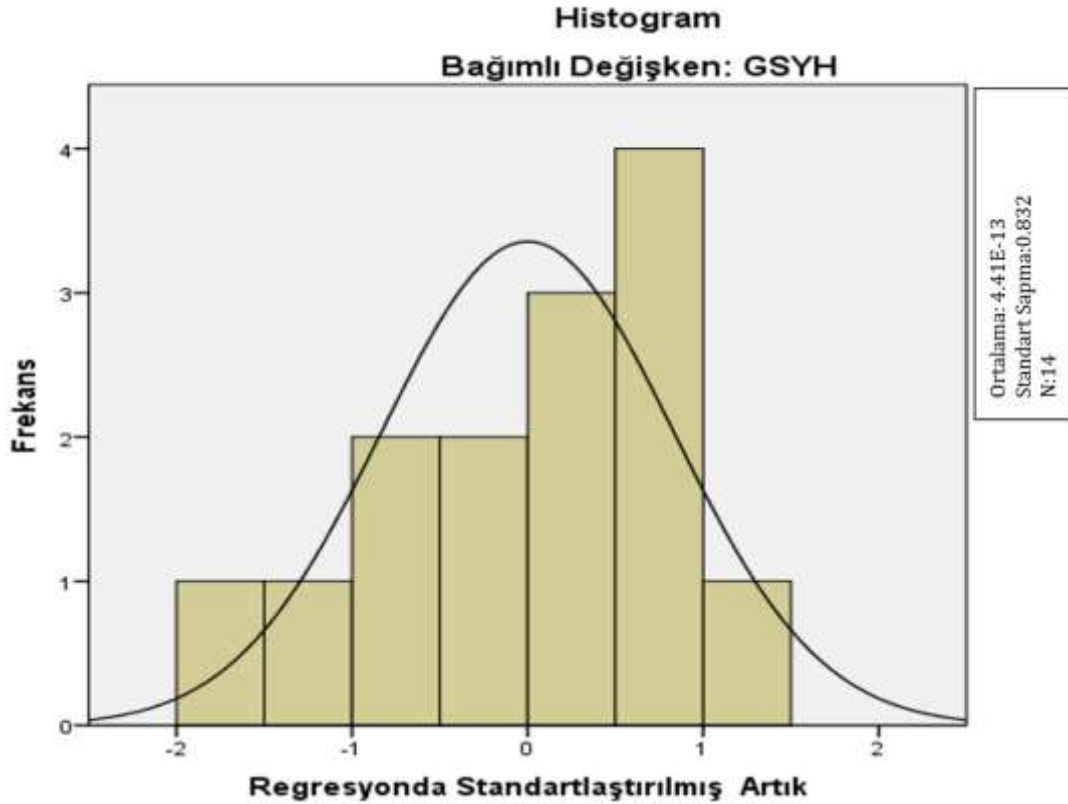
Tablo 5.5
Parametre test sonuç tablosu

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış	t	Önem Düzeyi	B için 95.0% Güven Aralığı		Korelasyonlar			Doğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Error	Beta			Alt sınır	Üst Sınır	Sıfır Dereceli	Kısmi	Parça	Hata Payı	Varyans Genişlik Faktörü
1(Sabit)	5.056	1.108		4.561	0.001	2.548	7.563					
AG	0.502	0.113	0.824	4.430	0.002	0.246	0.758	0.987	0.828	0.144	0.031	32.637
PS	0.016	0.065	0.035	0.242	0.814	-0.131	0.162	0.967	0.080	0.008	0.051	19.631
YTÜ	0.098	0.070	0.171	1.402	0.194	-0.060	0.255	0.934	0.423	0.046	0.071	14.073
BİT	0.079	0.078	0.061	1.008	0.340	-0.098	0.255	-0.262	0.319	0.033	0.291	3.441

Bağımlı Değişken: GSYH

Varyans genişlik faktör değerine baktığımız zaman bu değer beşten büyük olması (bazı kaynaklarda 3, bazılarında 10 olarak kabul edilmektedir) durumunda çoklu doğrusallık bağlantısı olduğu anlamına gelmektedir. Buradaki oranımız 1 değerinden

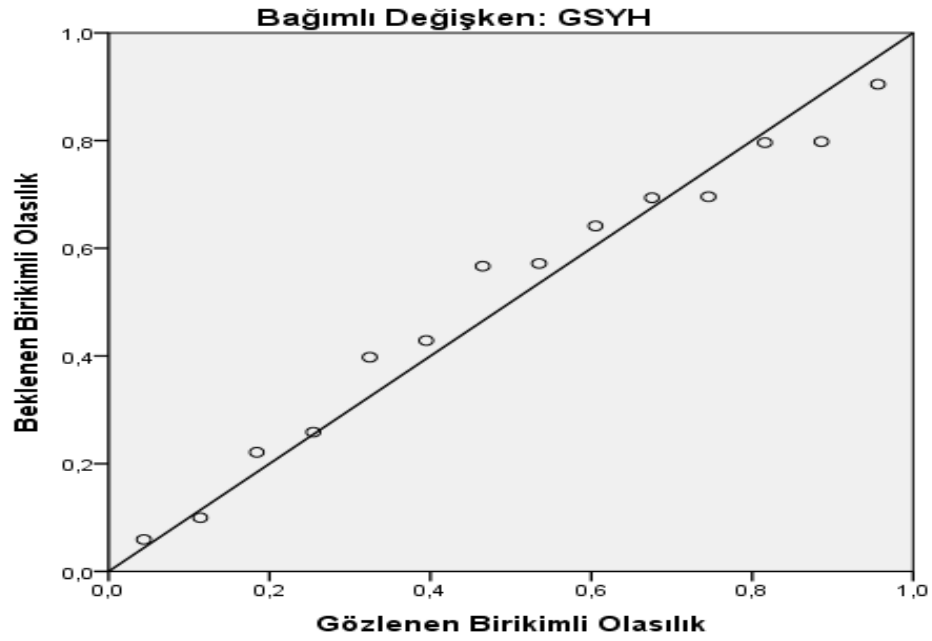
artarak ne kadar uzaklaşırsa çoklu doğrusallık o kadar artmaktadır. Değişkenlerimizden AG, PS ve YTÜ'nün varyans genişlik faktörü değerlerinin beşten büyük olduğu gözlemlenmektedir. Buda değişkenler arasında çoklu doğrusal bağımlılık olduğu anlamına gelmektedir. Çoklu doğrusallığın olduğu durumlarda bağımsız değişkenler bağımlı değişkenleri açıklamada yetersiz kalacaktır. Bunun için bazı değişkenler modelden çıkarılmalı veya çoklu doğrusallık sorununa farklı çözümler aranmalıdır.



Şekil 5.1 Histogram

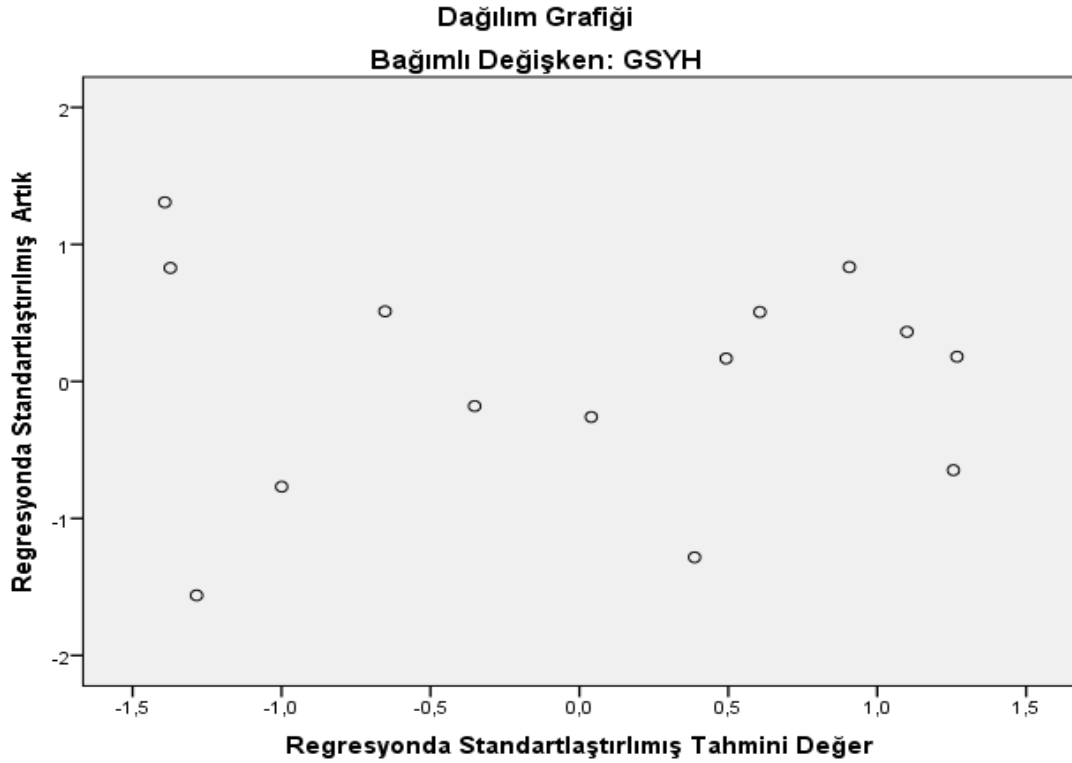
Regresyon analizinde hataların normal dağılım gösterip göstermediğinin araştırılması modelin tahmini açısından oldukça önemlidir. Hataların normal dağılıma yakınsayıp yakınsamadığını gözlemlemek için histogram grafi oluşturulur. Oluşturulan histogramın tepe noktasına göre simetrik olması ve grafiğin normal dağılıma benzer bir görünüm sergilemesi beklenmektedir. Şekil 5.1 incelendiğinde hataların normal dağılım gösterdiği gözlemlenmektedir.

Normal P- Regresyonda Standartlaştırılmış Artıklarının P Grafiği



Şekil 5.2 Standardize edilmiş hataların grafiği

Hataların normal dağıldığını Şekil 5.2’deki grafik yardımıyla gözlemleyebiliriz. Çünkü nokta değerlerin doğruya oldukça yakın olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5.3 Dağılım grafiği

Gözlem değerlerinin dikdörtgen şeklindeki bölgeye yayılmış olması durumunda eş

varyanslılık olduğu yorumu yapılabilir. Şekil 5.3'te beklendiği üzere eş varyanslılık olduğu gözlemlenmiştir.

5.4.1.1. Çoklu Doğrusal Regresyon Analiz Sonuçları

AG, PS, YTÜ ve BİT bağımsız değişkenlerini kullanarak GSYH bağımlı değişkenini yorumlamak için çok değişkenli regresyon yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Yapılan analize göre, modelde $F(4,9) = 233.733$ olup F -tablo değeri ise $F_{0.01,4,9} = 6.422$ olup $233.733 > 6.422$ dir. Burada modeldeki bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkinin önemli olduğu yorumu yapılabilir. $p = .00$ olup $p < .01$ düzeyinde anlamlı olduğu ve bağımsız değişkenler tarafından bağımlı değişkendeki varyansın % 98.6 ($R^2_{adjusted} = .986$) açıklandığı gözlemlenmektedir. Ancak bağımsız değişkenlerin anlamlılık seviyesine ayrı ayrı incelendiğinde .002 değeri ile AG değişkeni anlamlı iken diğer değişkenlerin anlamsız olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca ANOVA tablosunda significant değerinin küçük, test istatistik değeri ile R^2 değerinin büyük çıkmış olmasına rağmen parametre test sonuç tablosundaki bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı modele katkısının anlamsız olduğu gözlemlenmiştir. Bu çelişki tam olarak çoklu doğrusallık belirtisinin bir tipik sonucudur. Bu durumda modelin çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile analiz edilmesi anlamlı olmamaktadır. Analize devam etmek için ya değişkenlerin bazıları modelden çıkarılmalı ya da başka yöntemler ile analiz edilmelidir. Çoklu doğrusallıktan etkilenmeyen Çoklu Doğrusal Bayesyen Regresyon yöntemi ile analiz edilmesi uygun olacaktır.

5.4.2. Modelin Çoklu Doğrusal Bayesyen Regresyon ile Analizi

Model analizinde öncesinde hangi sonuçlarla karşılaşacağımızın belirsizliği seçilecek olan önsellerin önemine işaret etmektedir. Markov zincirlerinde seçilen bir yanma sürecinden sonra dağılımın yavaş yavaş parametrelerin sonsal dağılımından örnekler üretmektedir. Bu konuda oldukça başarılı olduğu yapılmış çalışmalarla gözlemlenmiştir. Çoklu doğrusal regresyon modellerinde ilk 1000-5000 zincir yakma genellikle yeterli (Hahn, 2014) olduğu için çalışmamızda ilk 1000 yinelemeli bir yanmaya izin verilmiştir. Böylece, Markov zincirleri 1001. Adımdan itibaren iz grafiğini çizmiş ve bu şekilde sonsal dağılım parametreleri elde edilmiştir. İterasyon sayısını belirlerken zincirin başlangıç değerlerinden uzaklaşma ve MC hatasını dikkate alarak yeterli sayıda Markov zincirine izin verilmelidir. MC hatasının 0.5 ten küçük olmasına dikkat edilmelidir (Hahn,

2014). Programda zincir sayısı istenen uzunlukta seçilebilir. Ancak belli bir değere yaklaştıktan sonra durağan hale gelecektir. Zincir sayısı ile ilgili belli bir sayı kriteri olmayıp örnekten örneğe değişim gösterebilmektedir (Hahn, 2014). Ancak daha önce yapılmış çalışmalar kriter olarak alınıp iz grafiklerindeki değişim izlenerek geçerli bir zincir sayısı belirlenebilir. Çalışmamızda önsel ve sonsal dağılımlar elde edilirken ilk 10000 zincir üretildiğinde parametrelerin çoğu istenen aralığa ulaşmış ancak bazı parametreler 300000 iterasyon sonucunda istenen aralıkta değerler üretmiştir. Bu sebeple 1500000 zincir üretilmiş ve bütün parametrelerin istenilen aralığa düşmesi sağlanmıştır. Analizimizde kullanılan Monte Carlo yöntemi, WinBUGS programı ile çok hızlı çalışması, simülasyona dayalı elde ettiğimiz sayısal verilerin gerçek değere yakınsaması, küçük ve basit modellere de uygulanabilmesi gibi temel özelliklerinden dolayı oldukça kullanışlıdır.

5.4.2.1. Önsel Dağılım

Önsel dağılımı elde etmek için modelimiz (5.1), WinBUGS programında, İspanya modelinin ön dağılımı bilinmediği için belirsiz ön dağılım seçilerek elde edilmiştir. Verilerimiz normal dağılım gösterdiği için, belirsiz ön dağılımı da normal dağılım aldık. Belirsiz ön dağılımın parametrelerinin varyansı oldukça büyük seçildiğinde belirsizlikle özdeş olmaktadır (Ekici, 2005). Bu düşünce ile İspanya önsel dağılımının parametrelerinin, ortalamasını 0, kesinliğini 0,001 olarak seçtik. Bu seçimde daha önce yapılmış çalışmalar ve bu konuda yazılmış kitaplar referans alınmıştır (Hahn, 2014). Ayrıca modelimizde varyans yerine kullanılan kesinlik için gamma dağılımı kullanılmıştır. Gama dağılımı, alfa ve beta parametrelerinin 0.001 gibi küçük değerlere sahip olan bir dağılımdır.

Burada varyans yerine kesinlik kullanmamızdaki amaç kullandığımız programın kesinlik ile çalışmasından kaynaklanmaktadır ve kesinlik ise

$$Kesinlik = \frac{1}{Varyans} \quad (5.4)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Bu tür bir önceliğin sifıra yakın dikey artışla aralığın düze yakın bir şekil olacağı aşikardır. Buda çalışmamız için sonsal bilgiyi üreten WinBUGS için verilerimize yakın değerler üretmesini sağlayan önsel olacaktır. Sonsal dağılımların uygun olması için kullanılabilecek en uygun önsel dağılımdır (Hahn, 2014).

Burada $b[j]$ 'ler ortalaması sıfır ve kesinliği 0.001 olan belirsiz önsel dağılımı, kesinlik ise parametre değerleri 0.001 olan gamma dağılımı olup,

$$b[j] \sim \text{dnorm}(0, 0.001)$$

$$\text{tau} \sim \text{dgamma}(0.001, 0.001)$$

şeklinde gösterilmektedir.

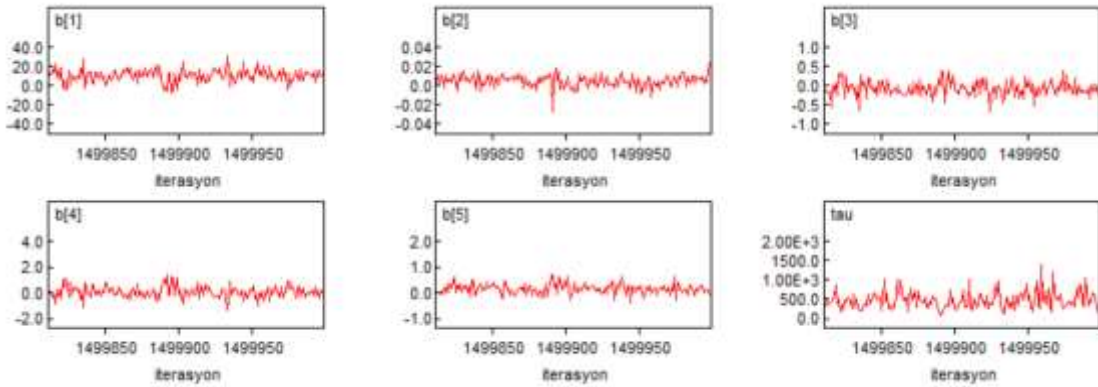
Modelimiz 5 parametre ile çalıştırılmış ve parametre sayısı fazla olduğu için 1500 000 örnek çekilmiş ve elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak verilip gerekli yorumlar yapılmıştır.

Tablo 5.6

Tanımlayıcı istatistik tablosu

Parametre	Ortalama	Standart Sapma	MC Hata	2.5%	Medyan	97.5%	Başlangıç	Örneklem
b [1]	10.42	7.158	0.005867	-4.028	10.47	24.52	1001	1499000
b [2]	0.0051	0.0063	5.139E-6	-0.0075	0.0051	0.0177	1001	1499000
b [3]	-0.0894	0.1938	1.627E-4	-0.4723	-0.0906	0.3007	1001	1499000
b [4]	0.0563	0.4871	4.037E-4	-0.9041	0.0529	1.039	1001	1499000
b [5]	0.1402	0.2178	1.739E-4	-0.2902	0.1389	0.5785	1001	1499000
tau	439.4	205.8	0.2365	133.7	407.5	925.1	1001	1499000

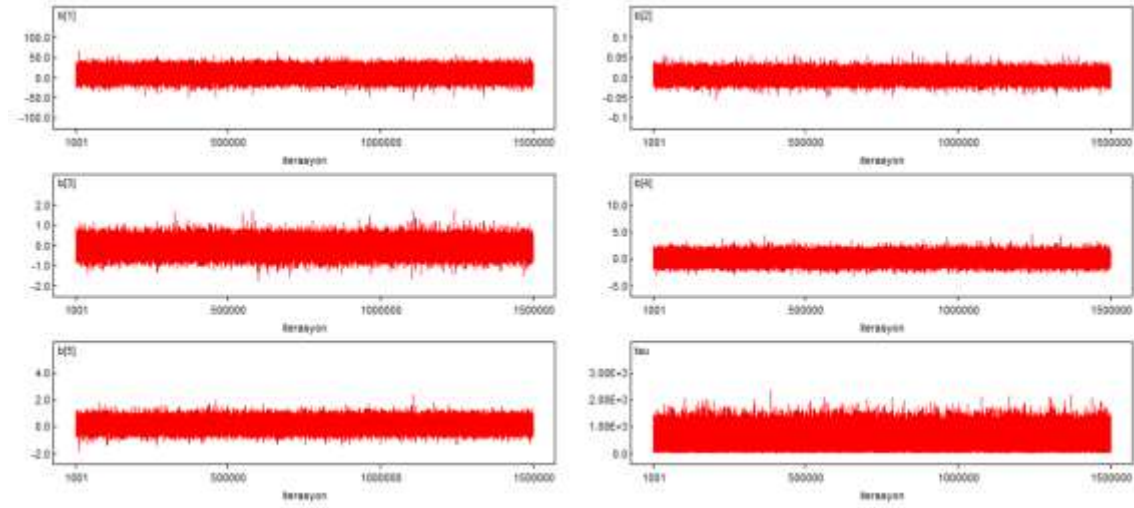
İspanya önsel dağılımına ait istatistik tablosunda MC hatasına bakıldığında (MC error) programın elde ettiği değerlerin istenen şartı (0.05 ten küçük) sağladığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.4 İz çizimi

Markov zincirinin belli bir aralıkta elde ettiği verilerin çizimi, iz çizim tablosu ile gözlenmektedir. Markov zincirinin en son 200 iterasyonunun davranışının yakınlaştırılmış görünümünü vermektedir. Burada İspanya modelinin sonsal dağılımına yaklaşırken verileri arama hızını bu tablo yardımıyla gözlemleyebiliriz. Bu tespiti iz

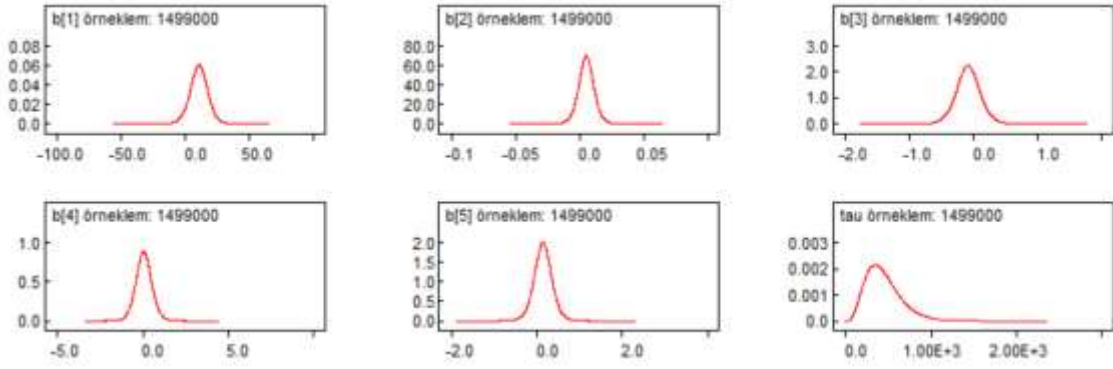
çiziminin salınımlarına bakarak yorumlayabiliriz. İz çiziminde salınımlar tüm parametreler için oldukça fazla olup zincirin kolayca hareket ettiği gözlemlenmektedir. Bu hızlı salınım hareketleri modelin sonsal dağılımı arama hızının fazla olduğunun bir göstergesidir. Şekil 5.4.'e bakarak, karışma düzeyinin makul seviyede olduğu yorumu yapılabilir.



Şekil 5.5 Çoklu zincir izleme hareket grafiği; 1001-1500000

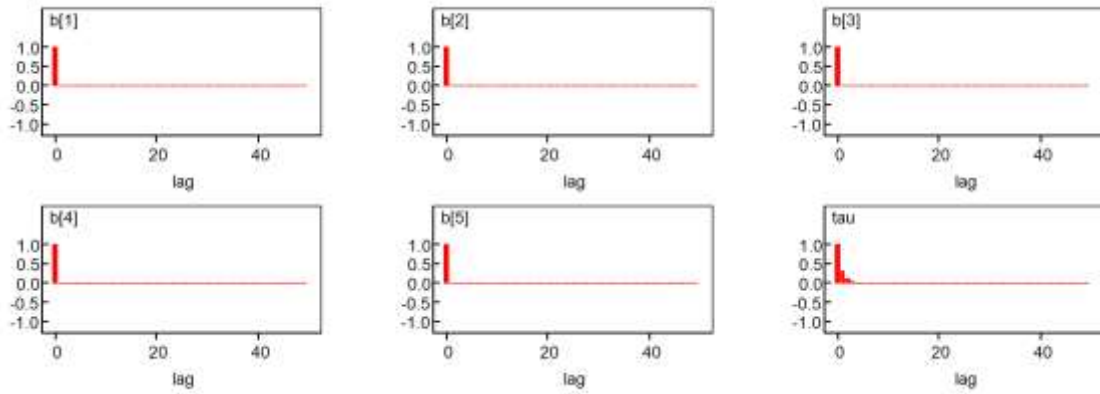
Şekil 5.4 bize zincir hareketinin son 200 iterasyonunu vermektedir. Büyük iterasyon hakkında yeterli bilgi vermediği için daha fazla bilgi edinmek için çoklu zincir izleme hareket grafiğine bakmakta fayda vardır.

Çoklu zincir izleme hareket grafiğinde ilk 1000 adımın yanma olarak belirlendiğini ve 1001'den 1500 000'e kadar olan zincir hareketinin iterasyonu gözlemlenmektedir. Sonsal dağılımın zincir boyunca tutarlı bir şekilde yakınsadığı nokta etrafında değerler ürettiğini ve tüm zincirlerin iyi karıştığını şekil 5.5'e bakarak gözlemleyebiliriz. Örneğin b [1] parametresinin (-4.028, 24.52) aralığında 10.42 değerine yakın noktalarda değer ürettiği yorumunu yapabiliriz. Diğer parametrelerde aynı şekilde parametrenin ortalama sonsal değeri etrafında değerler ürettiğini şekil 5.5'ten gözlemleyebiliriz. Ayrıca buradan grafikten iyi bir karışım olduğu sonucuna varabiliriz. Bazı değerlerde az da olsa bir aşağı bir yukarı doğru gezinmeler olduğu gözlenmektedir. Örneğin b [1] parametresi her ne kadar 10.42 ortalama değerine yakın yerde veri üretse de (-100, 100) aralığında gezinmektedir.



Şekil 5.6 Kernel yoğunluk çizimi

Kernel yoğunluk çizimi ile parametrelerin ve kesinlik değerinin yoğunlukları çizilmektedir. Burada İspanya parametre değerlerinin sonsal dağılımının normal dağılım gösterdiğini ve kesinlik değerinin ise çarpık olduğu gözlemlenmiştir.

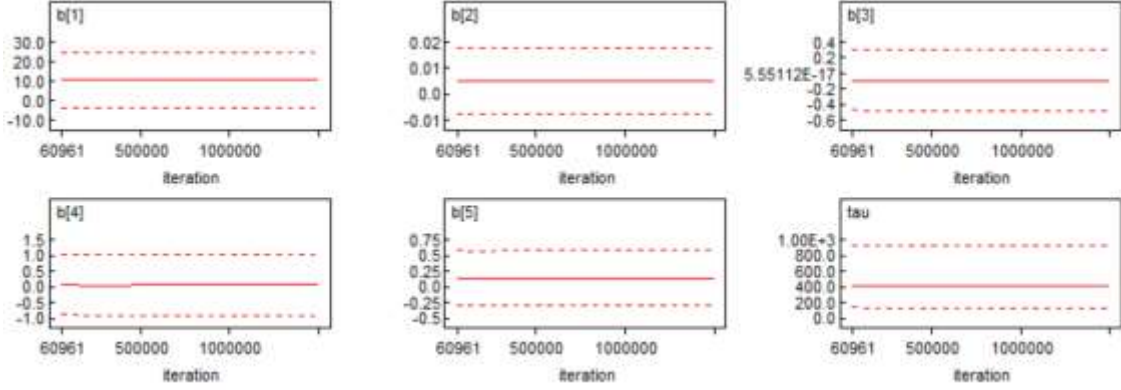


Şekil 5.7 Otokorelasyon çizimi

Verilerin zaman içerisinde otokorelasyonunu izlemek için kullanılan grafik, MCMC tarafından çalışma süresince bir iterasyondan diğerine geçişlerde otokorelasyonu göstermektedir. Otokorelasyon çizimi, belirli bir iterasyon ile diğer bir iterasyon arasındaki otokorelasyonunu incelemektedir. Grafik her zaman 1'den başlamaktadır. Bunun anlamı da her iterasyonun kendisiyle olan otokorelasyonunu göstermektedir. WinBUGS programı ilk 49 iterasyon için otokorelasyon hesaplaması yapmaktadır. Otokorelasyon çizimi, Markov zincirinin verimliliğinin tespitinde fikir vermekte yardımcı olmaktadır. Burada ideal durumun tüm otokorelasyonların sıfıra yakın olmasıdır.

Şekil 5.7'ye bakıldığında tüm parametreler için otokorelasyonun sıfır olduğudur. Buda bize Markov zincirlerinin iterasyonlarının birbirinden bağımsız olarak türetildiği fikrini vermektedir. Zincirlerin birbirinden bağımsız olmaları, sonsal dağılımlar hakkında elde

etmek istediğimiz parametreler hakkında mümkün olan durum içerisinde maksimum bilgi elde etmemizi sağlamaktadır. Ayrıca burada otokorelasyonun artması veya negatif değerler alması simülasyonun daha çok çalıştırılması ile bazen çözüme kavuşmaktadır. Ama uzun çalıştırmalar çözüm olmuyorsa modelde bir kusur olduğu yorumu da yapılabilir.



Şekil 5.8 Çalışan nicelikler grafiği

Çalışan nicelikler grafiğinin 60961'den başladığı şekil 5.8'den gözlenmektedir. Bu değerler, istenilen sonsal dağılımın grafiklerini üretebilecek en makul başlangıç noktası olarak WinBUGS tarafından otomatik olarak belirlenmektedir. Çalıştırılan programda zincirlerin, parametrelerin istenen değere yakınsayıp yakınsamadığını göstermektedir. Eğer grafik durağan değilse istenen değere yakınsamadığı ve değişen ortalama niceliklerdeki kaymayı gösterecektir, yorumu yapılabilir. Şekil 5.8' e bakıldığında genellikle parametre değerlerinin ve kesinliğin, %95 güvenilir aralığında çalışma boyunca sabit olduğu gözlemlenmiştir. Burada zincirin bir değere yakınsadığını gözlemlemek yalnız başına tanı koymada yeterli değildir. Diğer grafik ve tanılarda beraber değerlendirilmelidir. Ancak grafik bir değere yakınsamasa idi bu parametrenin çalışmadan çıkarılması gerektiği yorumu yapılabilirdi.

5.4.2.2. Sonsal Dağılım

Sonsal dağılımı elde etmek için, Türkiye verilerinin ön dağılımı olarak yukarda İspanya verilerinden elde edilen parametreler ve kesinlik kullanılmıştır. İspanya verilerinden elde edilen katsayı parametreleri ve standart sapma değerleri kullanılarak elde edilen kesinlikler aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Katsayı parametreleri = (10.42, 0.0051, -0.0894, 0.0563, 0.1402)

Kesinlik = (0.0195, 25219.2759, 26.6252, 4.2147, 21.0807)

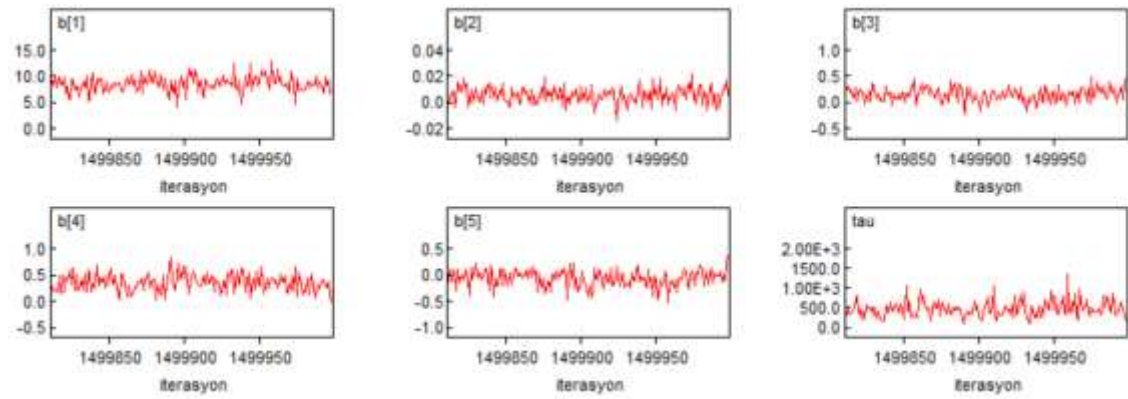
Tüm bu değerler modelimiz (5.1) de tekrardan yazılıp gerekli işlemler yapıldığında Türkiye modeline ait veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler tablo ve grafik yardımıyla verilmiş ve yorumları yapılmıştır.

Tablo 5.7

Tanımlayıcı istatistik tablosu

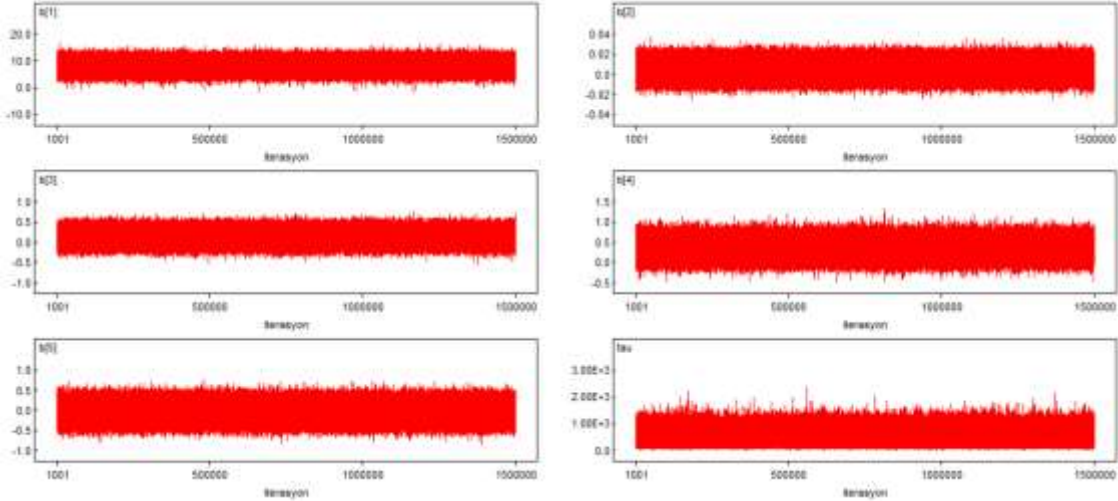
Parametre	Ortalama	Standart Sapma	MC Hata	2.5%	Medyan	97.5%	Başlangıç	Örneklem
b [1]	8.495	1.57	0.00131	5.283	8.534	11.49	1001	1499000
b [2]	0.0054	0.0063	5.13E-6	-0.0070	0.0054	0.0177	1001	1499000
b [3]	0.1575	0.124	1.02E-4	-0.0921	0.159	0.3963	1001	1499000
b [4]	0.3403	0.1584	1.27E-4	0.03243	0.3386	0.6568	1001	1499000
b [5]	-0.0492	0.1585	1.33E-4	-0.3562	-0.0509	0.2668	1001	1499000
tau	449.9	194.1	0.1982	154.9	421.8	903.3	1001	1499000

Türkiye sonsal dağılımına ait istatistik tablosunda MC hatasına bakıldığında (MC error) programın elde ettiği değerlerin istenen şartı (0.05 ten küçük) sağladığı gözlemlenmiştir.



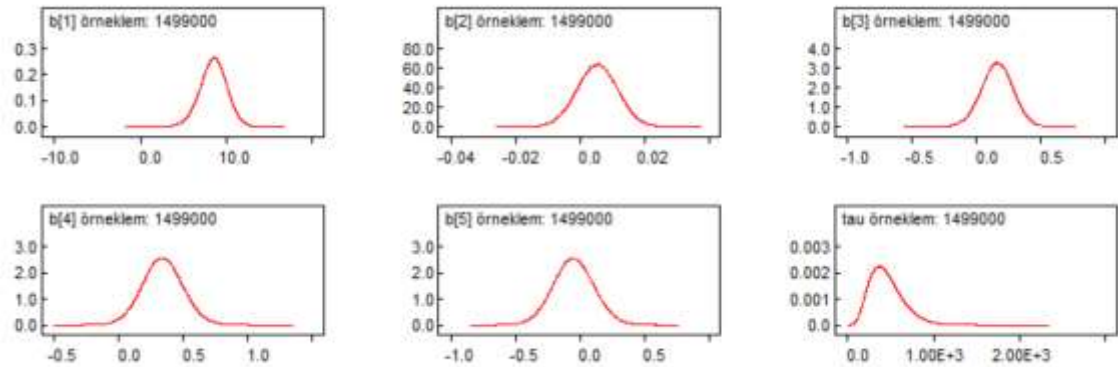
Şekil 5.9 İz çizimi

Markov zinciri belli aralıkta 200 iterasyon görüntülenmektedir. Bu zincirlerin oluşturduğu iz çizimi şekil 5.9 incelendiğinde Türkiye modelinin sonsal dağılıma yaklaşırken arama hızının oldukça fazla olduğunu salınım hareketlerine bakarak yorumlayabiliriz. Şekil 5.9 dikkatlice incelendiğinde iz çiziminin, modelimizin sonsal dağılımını istenen seviyede arama hızı ile aradığı sonucuna varırız.



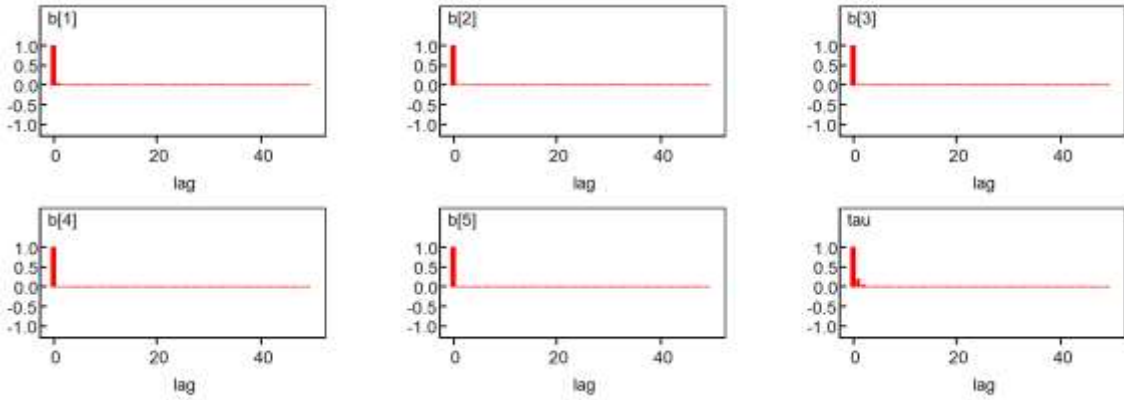
Şekil 5.10 Çoklu zincir izleme hareket grafiği; 1001-1500000

Çoklu zincir izleme hareket grafiğinde ilk 1000 adımın yanma olarak belirlendiğini ve 1001'den 1500 000'e kadar olan zincir hareketinin iterasyonu gözlemlenmektedir. Sonsal dağılımın zincir boyunca tutarlı bir şekilde yakınsadığı nokta etrafında değerler ürettiğini ve tüm zincirlerin iyi karıştığını şekil 5.10'a bakarak gözlemleyebiliriz. Örneğin $b[1]$ parametresinin (5.283, 11.49) aralığında 8.495 değerine yakın noktalarda değer ürettiği yorumunu yapabiliriz. Diğer parametrelerde aynı şekilde parametrenin ortalama sonsal değeri etrafında değerler ürettiğini şekil 5.10'dan gözlemlenmektedir.



Şekil 5.11 Kernel yoğunluk çizimi

Kernel yoğunluk çizimleri ile parametrelerin ve kesinliğin yoğunlukları şekil 5.11'deki gibi olup burada parametrelerin normal dağılım gösterdiğini ve kesinliğin ise çarpık olduğu gözlemlenmektedir.

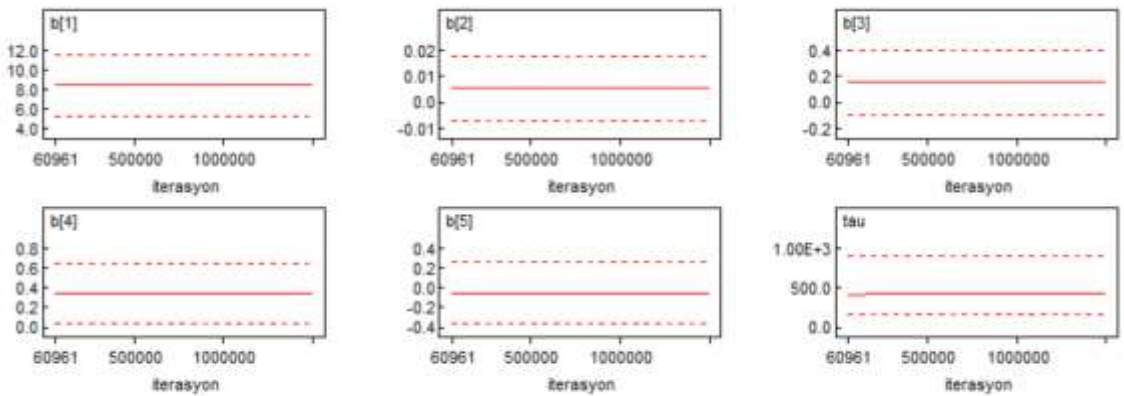


Şekil 5.12 Otokorelasyon çizimi

Otokorelasyon çizimi, belirli bir iterasyon ile diğer bir iterasyon arasındaki otokorelasyonunu incelemektedir. Grafik her zaman 1'den başlamaktadır. Bunun anlamı da her iterasyonun kendisiyle olan otokorelasyonunu göstermektedir. WinBUGS programı ilk 49 iterasyon için otokorelasyon hesaplaması yapmaktadır. Otokorelasyon çizimi, Markov zincirinin verimliliğinin tespitinde fikir vermekte yardımcı olmaktadır. Burada ideal durumun tüm otokorelasyonların sıfıra yakın olmasıdır.

Şekil 5.12'ye bakıldığında tüm parametreler için otokorelasyonun sıfır olduğu gözlemlenmiştir. Buda bize Markov zincirlerinin çalışma süresince bir iterasyondan diğerine geçişlerde otokorelasyonun sıfır olup zincirlerin birbirinden bağımsız olarak türetildiği fikrini vermektedir. Böylece bu çizimden simülasyon değerleri arasında bir bağımlılık olmadığı gözlemlenmiştir.

Zincirlerin birbirinden bağımsız olmaları, sonsal dağılımlar hakkında elde etmek istediğimiz parametreler hakkında mümkün olan durum içerisinde maksimum bilgi elde etmemizi sağlamaktadır.

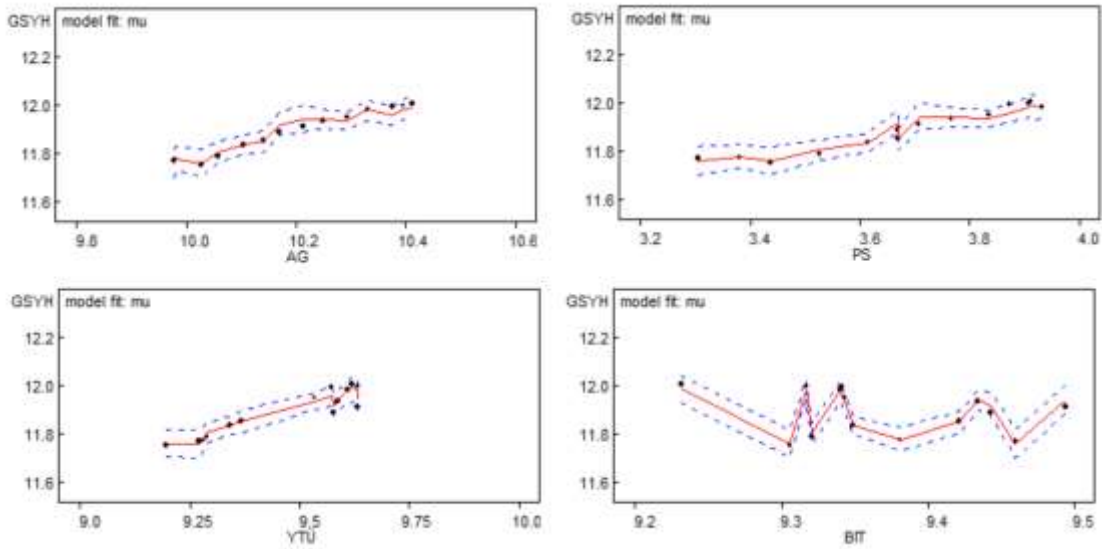


Şekil 5.13 Çalışan nicelikler grafiği

Çalışan niceliklerin grafiğinin 60961 başlangıç noktasından başladığı şekil 5.13'ten gözlenmektedir. Bu değerler, WinBUGS tarafından otomatik olarak atanan, en uygun sonsalın grafiğini türetmede önemli bir başlangıç noktası olup çalıştırılan programda zincirlerin, parametrelerin istenen değere yakınsayıp yakınsamadığını göstermektedir. Eğer grafik durağan değilse istenen değere yakınsamadığı ve değişen ortalama niceliklerdeki kaymayı gösterecektir (Hahn, 2014).

Şekil 5.13'e bakıldığında genellikle parametre değerlerinin ve kesinliğin, %95 güvenilir aralığında çalışma boyunca sabit olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin b [1] parametresi 8.495 değeri boyunca sabit değerler türetmiştir.

5.4.2.3. Model Kontrolü



Şekil 5.14 Model kontrolü

WinBUGS karşılaştırma menüsü yardımıyla modelimizi grafik yardımıyla kontrol ediyoruz. Grafik üzerindeki noktalar bağımlı değişkenimizi (GSYH) temsil etmekte, kesikli çizgiler bağımsız değişkenin %2,5 ve %97,5 kantil aralığını temsil etmekte ve düz çizgiler ise %50 kantil değerini temsil etmektedir (Hahn, 2014). Bağımsız değişken ile bağımlı değişkenlerin birbirine yakın değerler aldığını yani tutarlı olduğu gözlemlenmektedir. Şekil 5.14'te bütün değerlerin %2,5 ile %97,5 kantil aralığına düştüğünü, ayrıca %50 kantil değerine çok yakın değerler aldığını görmekteyiz. Bu durum modelimizdeki bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamada yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

5.4.2.4. Çoklu Doğrusal Bayesyen Regresyon Analiz Sonuçları

AG, PS, YTÜ ve BİT bağımsız değişkenlerini kullanarak GSYH bağımlı değişkenini yorumlamak için çok değişkenli Bayesyen Regresyon Analizi kullanılmıştır. Bağımsız değişkenlerimizin anlamlılık düzeyleri, 0.05’ ten küçük olup bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenler tarafından açıklanmasının anlamlı olduğu yorumu yapılabilir.

Tahmini Bayesyen regresyon denklemi ise,

$$\widehat{GSYH} = 8.495 + 0.0054 * AG + 0.1575 * PS + 0.3403 * YTÜ - 0.0492 * BİT$$

şeklinde olup, bağımsız değişkenlerin katsayılarının BİT hariç hepsinin işareti beklendiği gibi pozitif olup bağımlı değişkeni pozitif yönde etkilemiştir. Buradan hareketle, tahmini Bayesyen regresyon denkleminin katsayıları incelendiğinde, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni olumlu yönde etkilediği dolayısı ile ekonomik büyümeye etkisinin pozitif yönlü olduğu sonucuna varılabilir.

BÖLÜM VI

SONUÇ VE TARTIŞMA

6.1. Sonuç

Türkiye’deki teknolojik gelişim göstergeleri olan AG, PS, YTÜ ve BİT değişkenlerinin ekonomik ve teknolojik gelişim üzerinde etkisi oldukça önemlidir. Çalışmamızda, kullandığımız modele uygulanan Bayes regresyon analizi ile elde edilen analiz sonucuna göre katsayılarının pozitif işaretli ve anlamlı olması bu önemi desteklemektedir. Modeldeki diğer değişkenler sabit tutulduğunda GSYH değişkenindeki bir birimlik artış AG değişkeninde 0.0054, PS değişkeninde 0.1575, YTÜ değişkeninde 0.3403 birimlik bir artışa ve BİT değişkeninde 0.0492 birimlik bir azalışa karşılık gelmektedir. Bu değişkenlerden PS ve YTÜ’nün etkisinin diğer değişkenlere göre oldukça fazla olduğu gözlemlenmektedir.

Çalışmada, Bayesyen yaklaşımı, regresyon analizi, Bayesyen regresyon analizi, Monte Carlo simülasyon yöntemi ve uygulamada kullandığımız WinBUGS programı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Uygulama çalışmasında gerekli olan ana hatlar belirlenmiş ve regresyon analizine Bayes yaklaşımını uygulayarak WinBUGS programı yardımıyla sonsal dağılımlar elde edilerek yöntemin etkinliği gösterilmiştir.

Çalışmada değişkenlerimize ait olasılık dağılımlarını incelemek için geleneksel optimizasyon yöntemlerinin etkisiz kaldığı büyük ve karmaşık veri sistemlerini incelemek ve çözmek için güçlü bir stratejiye sahip olan Bayes optimizasyonu kullanılmıştır (Ekici, 2005; Doğan, M. 2017; Erkan, 2019). Bu optimizasyon gerçekleştirilirken Monte Carlo zincirleri kullanılmıştır.

Çalışmada Klasik yaklaşım ile Bayesyen yaklaşım arasındaki ilişki ve farklılıklar detaylı bir şekilde anlatılmış ayrıca kullanım alanlarına ilişkin temel farklılıklar değerlendirilip uygulama kısmında bu farklara ve yorumlara yer verilmiştir. Bu çalışmada ayrıca Bayes yaklaşımında önsellerin nasıl belirlendiğine ilişkin metotlara yer verilmiştir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde iki yaklaşım arasında hangi yaklaşımın kullanılmasının gerektiği tartışması devam etmekle birlikte bilgisayar alt yapısının gelişmiş olması Bayesyen yaklaşımı ile yapılan çalışmalara öncesi kadar kesin itirazların olmadığını göstermektedir. Her iki yaklaşımın bilime önemli katkıları olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu yöntemlerin birini diğerine tercih etmenin veya birini dışlamanın doğru bir yaklaşım olmadığı gerçeği ile karşılaşılmaktadır. Ancak yapılan çalışmaya

hangi yöntem daha çok katkı sağlıyorsa o yöntem kullanılarak diğer yöntemlerle karşılaştırılmalı ve eksiklikleri tartışılmalıdır. Çünkü Bayesyen yaklaşımı belli bir kural ve çerçeve dahilinde analizlerini yapmakta ve elde edilen sonuçların genel itibari ile klasik yaklaşımdan daha iyi sonuçlar verdiği daha önce yapılan çalışmalarda ve bu tezin uygulama kısmında gösterilmiştir. Bu çalışmada, iyi seçilmiş bir önsel bilgi ile gelişmiş bilgisayar alt yapısının birleşmesi ile Bayes yaklaşımının daha kullanışlı hale geldiği (Scheines, Hoijtink & Boomsma, 1999; Song & Lee, 2004; Kruschke, Aguinis & Joo, 2012; Zhang & Yang, 2015; Gündoğdu, 2016; Temiz, 2017; Foley, 2018; Yurtçu, 2018; Kocabalkan, 2019) çalışmalarına benzer olarak elde edilmiştir.

Bayes yaklaşımı, ilk tahmin verileri oluşturulduktan sonra yeni veriler geldikçe tahminini geliştirmeye devam eden, devamlı kendisini yenileyen ve tahminlerini güçlendiren bir yöntemdir. Bu yöntem, dünyaya sezgisel bir pencereden bakış açısıyla bakmasına rağmen gelişen teknolojik alt yapı ve kullanılan yöntemin denenmiş, test edilmiş bir yaklaşım olup matematiksel olarak çok sağlam temelleri olduğu dikkate alınırsa kullanım alanında oldukça geniş yer bulmasını sağlamıştır. Çünkü Bayesyen yaklaşım bir önsel bilgi olmadan da çalışabilmekte ve diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlara yakın bir değer elde edilmektedir. Ancak iyi seçilmiş bir önsel ile elde edilen değer aralığının beklenen değer aralığına daha yakın olduğu yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir (Kruschke, Aguinis & Joo, 2012). Burada klasik yaklaşım ile Bayes yaklaşımı arasında kıyaslama yapılırken taraf tutma ile ilgili olmayan şu gerçeği göz önünde bulundurmakta fayda vardır. Çalışılan konu üzerinde bizi en etkin sonuca götürecek aracının seçimi önemlidir. Yapılan çalışmalarda ne kadar çok yöntemle sahipseniz o kadar etkili kararlar alabilirsiniz. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda daha çok yöntemin kıyaslanması ve en uygun olanı bulma açısından çalışmalar yapılabilir.

Çalışmanın uygulama kısmında çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. 2007-2020 yılları arasında Türkiye’deki teknolojik gelişimin değerlendirilmesini yapmak için, bağımlı değişken olarak yurt içi gayrisafi (GSYH) harcamaları, bağımsız değişkenler ise, Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayısı (yerleşik olan ve yerleşik olmayan), yüksek teknolojlü ürün ihracatı ve bilgi ve iletişim teknolojileri ihracatı olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler arasındaki ilişkinin araştırılması için klasik regresyon analizi ve Bayes regresyon analizi kullanılmıştır. Klasik yöntemde bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon olup değişkenler arasında çoklu doğrusal bağımlılık olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda modelimizin klasik regresyon yöntemi ile çözülmesi anlamsız olmaktadır. Yani bağımlı değişkeni, aralarında yüksek oranda bağımlılık olan bağımsız değişkenlerle

açıklamak imkânsız olmaktadır. Ancak Bayesyen regresyon analizi ile çalıştırıldığında modelimizin istenen şartları sağladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca veri sayısının az olmasına ve çoklu doğrusal bağımlılık olmasına rağmen sonsal dağılımlar elde edilmiştir. Bu durum Bayes yaklaşımının klasik yaklaşım ile çözümü yapılamayan modellerde uygulanabildiğini göstermektedir.

Çalışmada teknolojik gelişimi etkileyen değişkenler incelenerek değişkenlerin etkisi araştırılmıştır. Teknolojik gelişimi doğrudan etkileyen değişkenler arasında yer alan, Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayısı, yüksek teknoloji ürünü ihracatında meydana gelen pozitif yönlü değişim aynı zamanda GSYH bağımlı değişkenine pozitif yönlü olarak yansımıştır. GSYH bağımlı değişkenindeki artış ise ülkenin teknolojik gelişiminin ve ekonomik büyümesinin anlık görüntüsünü sağlamaktadır.

Sonuç olarak, Bayesyen regresyon analizi ile, bağımsız değişkenlerin Türkiye'deki teknolojik gelişime önemli bir katkı sağladığını ve bu değişkenlerin teknolojik gelişim için önemli bir rol oynadığı bulunmuştur. Çalışmada kullanılan değişkenlerin ekonomik ve teknolojik gelişime etkisinin oldukça önemli olduğu (Algan, Manga & Tekeoğlu, 2017; Petralia, Balland & Morrison, 2017; Özcan & Özer, 2017; Güneş, 2019; Şeker, 2019; Uyar, 2020; Mehmood, Iftikhar & Khan, 2022; Mora-Apablaza & Navarrete, 2022) çalışmaları ile paralellik göstermektedir.

6.2. Tartışma

Teknolojik gelişimde ülkenin alt yapısının hazır bulunuşluğu, araştırma geliştirmeye ayrılan bütçe ve yapılan yatırımlar, ülke yöneticilerinin tutumları, ülkenin sahip olduğu yer altı zenginlikleri gibi birçok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörler birlikte değerlendirilip, gerekli adımlar doğru bir şekilde atıldığında gelişmekte olan ülkeler gelişmiş ülkeler düzeyine ve gelişmiş ülkeler ise daha ileri bir noktaya kendisini taşıyacak ve uluslararası düzeyde rekabet güçleri artacaktır. Bu düşünceden hareketle, ülkeler, teknolojik gelişimleri yakından takip ederek geliştirilen ürünleri üretebilmek için ihtiyaç duyulan alt yapıyı hazır hale getirip, gerekli gördükleri teknolojik gelişimleri kendi ülkelerine transfer etmelidir.

Türkiye'de teknolojik gelişim özellikle TÜBİTAK'ın kurulmasıyla birlikte resmîyet kazanıp, hazırlanan kalkınma planları ile gün geçtikçe istikrarlı bir şekilde gelişim göstermiştir. Teknolojik gelişime daha iyi uyum sağlayabilmek için, bu süreç içerisinde Ar-Ge için birimler oluşturulmuş, Türk Patent Enstitüsü yasası çıkarılmıştır. Ayrıca son yıllarda devlet politikası haline getirilen Milli teknoloji hamlesinde Türkiye hedefleri

belirlenmiştir. Bu hedefler arasında, Ar-Ge deki harcamaların, araştırmacı sayısının ve insan kaynağının artırılması, teknolojik cihazların üretilip yazılımların geliştirilmesi ve yeni üniversitelerin kurulması gibi birçok başlık bulunmaktadır (Erden, 2020). Ülke hedefleri doğrultusunda yapılan bu teknolojik gelişim hamlelerinin önemi başarılı bir şekilde anlatılmış ve her geçen gün yeni araştırmacıların katılımı sağlanmıştır. Bu teknolojik hamlelerin devamlılığının sağlanması oldukça önemlidir.

BİT ihracatının teknolojik gelişim üzerinde etkisinin beklenenden az çıkması, GSYH'ya yansımayan internet gelişim verileri olduğu göz önüne alınmalıdır. Bu alanda ölçülebilirliğin artırılması için nelerin yapılabileceği tartışılmalıdır. Ayrıca teknolojik alanda geliştirilen devlet politikalarının uygulama aşamasında gerekli hassasiyetin gösterilerek bu ürünlere yapılacak yatırımların artırılması konusunda devlet politikaları firmalar tarafından desteklenmelidir.

Teknoloji alanında her geçen gün yeni bir gelişim yaşanan bu yüzyılda, BİT ürünleri hızlı ilerlemesini ve yaygınlaşmasını sürdürürken, teknolojik gelişim ve ekonomik büyümeye etkisi giderek artmaktadır. Bu durum bu alanda yapılacak yeni araştırmalara oldukça açık olup, farklı modeller üzerinde bu gelişmenin yakından takip edilerek, işletmelerin sağlanan devlet desteği ile teknolojik gelişim ve ekonomik kalkınmayı bir arada değerlendirip gerekli planlamayı yapması sağlanmalıdır.

Türkiye'deki teknolojik gelişimin son yıllarda pozitif yönlü bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu artış paralelinde teknolojik gelişimi doğrudan etkileyen bazı değişkenlerin, Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayısı, bilgi ve iletişim teknoloji ihracatı ve yüksek teknoloji ürünü ihracatı olduğu bu çalışmada yapılan analizlerle teyit edilmiştir. Buradan hareketle bu değişkenlerdeki olumlu artışın devamlılığının sağlanması oldukça önem arz etmektedir. Yapılan yatırımların ve harcamaların devlet geleneği haline getirilip herkes tarafından desteklenip, kabul edilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acatech, (2013), Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0, *National Acedemy Of Science and Engineering, Almanya*, 24-25.
- Akdeniz, F., (2018), *Olasılık ve istatistik*, Ankara: Genel dağıtım akademisyen kitabevi.
- Akkuş, F., E., (2019), Bayesci yaklaşım ve Bühlmann-Straub Kredibilite modellerinin Monte Carlo simülasyonu ile karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Akpınar, B., (2019), Görüntü sınıflandırma için derin öğrenme ile Bayesci derin öğrenme yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Algan, N., Manga, C., M., Tekeoğlu, M., (2017), Teknolojik gelişme göstergeleri ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği, *International Conference On Eurasian Economies, Session 2c*.
- Altındağ, İ., (2015), Bayesci doğrusal olmayan yapısal eşitlik modeli, Doktora Tezi, Konya Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Altuntaş, M., (2011), İstatistiksel model seçiminde Bayesci yaklaşımlar ve Bayes faktörü, Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi, Sinop.
- Anwar, A., Malik, S., Ahmad, P., (2022), Cogitating the role of technological innovation and institutional quality in formulating the sustainable development goal policies for E7 countries: Evidence from quantile regression, *Global Business Review*, 1–24.
- Applebaum, D., (1996), *Probability and Information an integrated approach*, Australia: Cambridge University Press.
- Arıkan, A., S., (2007), Avrupa topluluğu'nda Fikri-Sınai mülkiyet hakları ve son gelişmeler, *Ankara Avrupa çalışmaları dergisi*, 7(1), 149-173.
- Ateş, M., (2003), *Fikir ve sanat eserleri üzerindeki hakların kapsamı ve sınırlandırılması*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Avcı, M., Uysal, S., Taşcı, R. (2016). Türk imalat sanayinin teknolojik yapısı üzerine bir değerlendirme, *Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 17(37), 49-66.
- Aytekin, N., (2012), Bilgi iletişim teknolojileri ve örgütsel iletişim, *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi* 28, 7-18.

- Başar, S., (2012), *Makro İktisat*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi açıköğretim fakültesi yayını.
- Benito, P., I., Sebastián, M., A., González-Gaya, C., (2021), Study and application of industrial thermal comfort parameters by using Bayesian inference techniques, *Applied Sciences*, 11, 11979.
- Bernardo, J., M., Smith, A., F., M., (2000), *Bayesian theory*, England: John Wiley & Sons. Ltd.
- Bluman, A., G., (2005), *Probability demystified*, ABD: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Bozkurt, K., (2014), Patent verileri ve teknolojik sınıflama sistemleri, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 65-80.
- Brewer, E., Demmer, M., Du B.W., Ho, M., Kam, M., Nedevschi, S., Pal, J., Patra, R., Surana, S., Fall, K., (2005), The case for technology in developing regions, *IEEE Computer Society*, 23-38.
- Cardona, M., Kretschmer, T., Strobel, T., (2013), ICT and productivity: conclusions from the empirical literature, *Information Economics and Policy* 25, 109–125.
- Chalterjee, S., Had, A., S., (1988), *Sensitivity analysis in lineer regression*, New York: John Wiley & Sons.
- Congdon, P., (2006), *Bayesian statistical modelling*, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Çakıcı, M., Oğuzhan, A., Özdil, T., 2000, Temel İstatistik II, Özal Matbaası, İstanbul.
- Çiftci, F., Genç, A., (2020), Bezostaja buğdayının fiyatına etki eden bazı donelerin alternatif regresyon yöntemleriyle karşılaştırılması, *Uluslararası sosyal bilimler eğitim dergisi*, 6(2), 215 – 237.
- Çiftçi, H. (2004). Türkiye'nin Bilim ve Teknoloji Stratejisi, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13 (1), 57-73.
- Dam, M., M., Yıldız, B., (2016), BRICS-TM ülkelerinde Ar-Ge ve inovasyonun ekonomik büyüme üzerine etkisi: Ekonometrik bir analiz, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* (33), 220-23.
- DeGroot, M., H., (1986), *Probability and statistics*, ABD: Addison-Wesley publishing company.
- Deloitte danışmanlık A.Ş., (2021), TÜBİSAD, Erişim Adresi: <https://www2.deloitte.com/tr/tr/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/deloitte-tubisad-bit-2021-raporu.html>, Erişim Tarihi:

21.08.2023.

- Demirhan, H., Hamurkaroğlu, C., (2015), *İstatistiksel yöntemlere giriş (2. Baskı)*, Ankara: Hacettepe Üniversitesi yayınevi.
- Doğan, A., (2022a), Ulusal ve uluslararası teknoloji haber web siteleri kullanılabilirliğinin içerik analizi ile karşılaştırmalı incelenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(3), 1481-1501.
- Doğan, A., (2022b), Yönetim bilişim sistemleri öğrencilerinin alana yönelik algılarının ölçümü üzerine uygulamalı bir araştırma, *Journal of Politics, Economy and Management*, 5(2), 110-129.
- Doğan, A., Abacı, F., (2021), Türkiye'de siber terörizme karşı bilişim teknolojilerinin kullanımı, *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 18(42), 5968 – 5998.
- Doğan, A., Yurtsal, A., (2021), Developing a decision support system for exam scheduling problem using genetic algorithm, *Eskişehir Technical University Journal Of Science And Technology A- Applied Sciences And Engineering*, 22(3), 274-289.
- Doğan, M., (2017), Bayesci yapısal eşitlik modellemesi: teknoloji kabul modeli uygulaması, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Dubois, D., Prade, H., (1988), *Possibility theory*, New York: Plenum Press.
- Duman, K., Aydın, K., (2018), Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile GSYİH ilişkisi, *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4(1), 49-66.
- Dura, Y., C., Yılmaz, E., G., (2022), Yüksek teknolojili ürün ihracatı ekonomik büyüme için bir avantaj sağlar mı? Gelişmiş ülkeler üzerinden ampirik kanıtlar, *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, 3-1, 82-94.
- Ekici, O., (2005), Bayesyen Regresyon ve WinBUGS ile Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Erbaş, S., O., (2014), *Olasılık ve istatistik*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Erden, F., (2020), Türkiye’nin bilim ve teknoloji politikalarının gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Erdoğan, M., S., (2013), The Use of Spline, Bayesian Spline and Penalized Bayesian Spline Regression For Modeling, Master’s Degree Thesis, Dokuz Eylül University, İzmir.
- Erkan, G., (2019), Klasik ve Bayesci Yapısal Eşitlik Modellerinde Parametre

- Tahminlerinin Karşılaştırılması: Sıralı Kategorik Verilerle Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Erkuş, H., Karagöz, K., (2009), Türkiye’de Kayıt Dışı Ekonomi ve Vergi Kaybının Tahmini, *Maliye Dergisi*, 156, 126-140.
- Erol, V., (2021), Yönetim bilişim sisteminin bir örneği olarak Türkiye’de elektronik seçim sistemi, *BŞEÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 6 (2), 427-440.
- Falchenko, O., Savelyeva, I., Vyazovskaya, V., Almanza, L., C., M., (2021), Innovations and High-Tech Export As a Basis of Sustainable Developmen, *E3S Web of Conferences*, 291(04011), 1-7.
- Farhadi, M., Ismail R. ve Fooladi M. (2012). Information and communication technology use and economic growth. *Plos One*, 7 (11), 1-7.
- Foley, D., (2018), A Bayesian Approach to Time Series Forecasting, *Towards Data Science*, <https://www.datascientistguide.com/>.
- Gamgam, H., Altunkaynak, B., (2017), *Regresyon analizi*, Ankara: Seçkin yayıncılık.
- Gelman, A., Hill, J., (2007), *Data analysis using regression and multilevel hierarchical models*, New York: Cambridge University Press.
- Gencer, G., (2016), Bazı dağılımlar için en çok olabilirlik ve farklı kayıp fonksiyonları altında Bayes tahmin edicilerinin performanslarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Georgescu, I., (2012), *Possibility theory and the risk*, India: Scientific Publishing Services Pvt. Ltd.
- Global Economic Data, Indicators, Chats & Forecasts, CEIC, erişim adresi: www.ceicdata.com/en/indicator/spain/exports-ict-goods, erişim tarihi: 29.09.2023
- Global Economic Data, Indicators, Chats & Forecasts, CEIC, erişim adresi: www.ceicdata.com/en/indicator/turkey/exports-ict-goods, erişim tarihi: 29.09.2023
- Goldstein, M., Wooff, D., (2007), *Bayes linear statistics theory and methods*, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Golgeci, I., Ali, I., Bozkurt, S., Gligor, D., M., Arslan, A., (2022) The impact of corporate support programs on environmental and social innovation: empirical insights from the food and beverage industry, *International Journal of Operations & Production Management*, 42(7), 898-929.
- Grab, J., (2003), *Linear regression*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

- Greenberg, E., (2008), *Introduction to Bayesian ekonometrics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Grinstead, C., M., Snell, J., L., (1997), *Introduction to Probability*, ABD: American Mathematical Society.
- Güler, F., (2007), *Temel İstatistik*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- Gündoğdu, S., (2016), *Balıklarda büyüme parametrelerinin Bayesyen istatistiksel yöntemle tahmini*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Güneş, H., (2019), *Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisi: OECD ülkeleri için panel veri analizi*, *Sakarya İktisat Dergisi* 8-2, 160-176.
- Hahn, E., D., (2014), *Bayesian methods for management and business, pragmatic solutions for real problems*, Salisbury MD: John Wiley & Sons.
- Inekwe, J., N., (2015), *The contribution of R&D expenditure to economic growth developing economies*, *Soc Indic Res*, 124, 727–745.
- Işık, A., (2006), *İstatistik II*, İstanbul: Beta basım yayım dağıtım A.Ş.
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., Balsalobre-Lorente, D., (2022), *The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations*, *Resources Policy*, 76 (102569), 1-18.
- Judge, G., G., Griffiths, W. E., Hill, R., C., Lütkepohl, H., Lee, T., C., (1986), *The theory and practice of econometrics (Second Edition)*, ABD: John Wiley & Sons, Inc.
- Karabağ, S., F., (2005), *Bilgi yönetiminde donanım ve yazılım teknolojileri*, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 297-316.
- Karadağ, Ö., (2011), *Bayesci Hiyerarşik Modeller*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Karakostas, E., (2022), *What determines the medium and high technology products exports: The case of Germany*, *International Journal of Advanced Economics*, 4-3, 40-52.
- Karasu, S. (2019). *2005-2016 döneminde teknolojik değişimin Türk imalat sanayinin rekabet gücü üzerindeki etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Kaya, M., (2019), *Robust Bayesyen regresyon analizi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Kete, H., Karasaç, F., (2022), Covid-19 Sürecinde Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye'nin ekonomik performanslarının COPRAS yöntemi ile değerlendirilmesi, *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 373-395.
- Kéry, M., (2010), *Introduction to WinBUGS for ecologists*, ABD: Elsevier Inc. All rights reserved.
- Kırca, M., M., (2019), Yapı seramiği endüstrisinde kusurlu üretim, ürün sınıflandırma ve verimlilik sürecinin Bayes ağları ile analizi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Kiani, T., A., Sabir, S., Qayyum, U., Anjum, S., (2022), Estimating the effect of technological innovations on environmental degradation: empirical evidence from selected ASEAN and SAARC countries, *Environment, Development and Sustainability*, <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02315-5>. Erişim tarihi: 13.04.2023.
- King, R., Morgan, B., J., T., (2010), Olivier Gimenez, Stephen P. Brooks, *Bayesian analysis for population ecology*, New York: CRC Press.
- Kocabalkan, E., (2019), genelleştirilmiş lineer karma modellerde klasik ve Bayesci yaklaşımların karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Koç, Y., (2020), Weibull dağılımının parametrelerinin Bayesci yöntemle tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Koehrsen, W., (2018), Introduction to Bayesian linear regression, *Towards Data Science*, Erişim Adresi: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-bayesian-linear-regression-e66e60791ea7>, Erişim tarihi: 13.04.2023.
- Kozlova, E., Didenko, N., (2022), Impact of technological development factors on the quality of life: A comparative analysis of E7 And G7, *International Journal for Quality Research*, 16(2), 625–642.
- Krishnan, V., (2006), *Probability and random processes*, Canada: A John Wiley & Sons, Inc.
- Kruschke, J., K., Aguinis, H., Joo, H., (2012), The time has come: Bayesian methods for data analysis in the organizational sciences, *Organizational Research Methods* 15(4), 722–752.
- Küçük, S., (2021), Endüstri 4.0 kavramının ve sürecinin bilinirliği üzerine Karaman organize sanayi bölgesinde bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Karaman.

- Lerena, R., G., Guillermet, A., F., (2021), Characterization of the space and process of knowledge production in technological development projects with social impact, 2021 *World Engineering Education Forum/Global Engineering Deans Council (WEEF/GEDC)*, 36-43.
- Link, W., A., Barker, R., J., (2010), *Bayesian inference with ecological application*, China: Academic Press.
- Liu, H., (2021), Research on performance prediction of technological innovation enterprises based on deep learning, *hindawi, wireless communications and mobile computing*, 2021, 1-12.
- Lunn, D., Jackson, C., Best, N., Thomas, A., Spiegelhalter, D., (2012), *The BUGS book*, New York: CRC Press.
- Mamed, Z., A., (2021), The uneven development paradox of the high-tech sector amid a comparable economic growth in the European union and the united states, *Studies On Russian Economic Development*, 32-5, 555–563.
- Maraya, S., (2019), Determinants of economic growth in southeast Asian Countries: Bayesian model averaging approach, Master's Degree Thesis, Anadolu University, Eskişehir.
- Mccarthy, M., A., (2007), *Bayesian methods for ecology*, New York: Cambridge University Press.
- Mehmood, K., Iftikhar, Y., Khan, A., N., (2022), Assessing eco-technological innovation efficiency using DEA approach: insights from the OECD Countries, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24, 3273-3286.
- Meester, R., (2008), *A natural introduction to probability theory* (2nd Edition), Germany: Birkhäuser Verlag AG.
- Miller, A., Miller, M., (2021), Models of technological integration development, *Strategic Management*, 26(4), 015-027.
- Mohamed, M., M., A., Liu, P., Nie, G., (2022), Causality between technological innovation and economic growth: Evidence from the economies of developing countries, *Sustainability*, 14(6), 3586.
- Mora-Apablaza, L., Navarrete, C., (2022), Patents as indicators of the technological position of countries on a global level?, *Scientometrics*, 127, 1233–1246.
- Ntantanis, H., Pohlman, L., (2020), Market implied GDP, *Journal of Asset Management*, 21, 636–646.
- Ntzoufras, I., (2009), *Bayesian modeling using WinBUGS*, Canada: A John Wiley &

Sons, Inc.

Organisation for economic co-operation and development, OECD.stat, erişim adresi: stats.oecd.org, erişim tarihi: 29.09.2023

Olive, D., J., (2010), *Multiple linear and 1D regression*, ABD: Carbondale.

Öğredik, G., (2007), Ar-Ge harcamalarının gider veya maliyet olarak muhasebeleştirileceği dönem, Erişim Adresi: <http://www.muhasibetr.com/yazarlarimiz/guray/001/>, Erişim Tarihi: 23.08.2023

Özbay, N., (2017), lineer regresyonda bazı yanlış tahmin edicilere Bayesyen yaklaşım, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Özcan, S., E., Özer, P., (2017), Ar-Ge harcamaları ve patent başvuru sayısının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri: OECD ülkeleri üzerine bir uygulama, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(1), 15-28.

Özgören, E., (2019), Bayes açıortay regresyon tekniği ve bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.

Öztürk, S., Alaşahan, Y., (2019), Türkiye'de endüstri 4.0 uygulamalarının değerlendirilmesi: panel veri analizi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 61, 1-18.

Öztürk, Z., Cengiz, M., A., (2017), Bayesci genelleştirilmiş lineer karma modellerde önsel seçimleri ve karşılaştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 999 – 1010.

Papananiasa, M., McLeayb, T., E., Mahfoufa, M., Kadirkamanathana, V., (2019), A Bayesian framework to estimate part quality and associated uncertainties in multistage manufacturing, *Computers in Industry* 105, 35–47.

Petralia, S., Balland, P., A., Morrison, A., (2017), Climbing the ladder of technological development, *Research Policy* 46, 956–969.

Richardson, S., Best, N., (2003), Bayesian hierarchical models in ecological studies of health–environment effects, *Environmetrics*, John Wiley & Sons, Ltd., 14(2), 129 – 147.

Roussas, G., (2003), Introduction to probability and statistical inference, USA: Elsevier Science.

Sahin, B., E., (2019), Impact of high technology export on economic growth: An analysis on Turkey, *Journal of Business, Economics and Finance*, 8(3), 165-172.

Scheines, R., Hoijtink, H., Boomsma, A., (1999), Bayesian estimation and testing of

- structural equation models, *Psychometrika*, 64, 37-52.
- Seçilmiş, N., (2012), Yeni ekonomi çerçevesinde yapılan Ar-Ge faaliyetlerinin büyümeye katkısı: Gaziantep örneği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Sevinç, V., (2007), Bayesci vektör otoregresif modellerin farklı önsel dağılımlarla incelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Sheng, X., Ma, J., Xiong, W., (2020), Smart soft sensor design with hierarchical sampling strategy of ensemble gaussian process regression for fermentation processes, *Sensors (Basel)*, 20(7), 1957.
- Sinha, M., Sengupta, P., P., (2022), FDI inflow, ICT expansion and economic growth: an empirical study on Asia-Pacific developing countries, *Global Business Review* 23(3), 804–821.
- Song X., Y., Lee S., Y., (2004), Bayesian analysis of two-level nonlinear structural equation models with continuous and polytomous data, *Br J Math Stat Psychol*, 57(1), 29-52.
- Sony, M., (2020), Pros and cons of implementing industry 4.0 for the organizations: a review and synthesis of evidence, *Production & Manufacturing Research*, 8(1), 244–272.
- Stirzaker, D., (2003), Elementary probability (2nd Edition), New York: Cambridge University Press.
- Sümbüloğlu, K., Akdağ, B., (2007), *Regresyon yöntemleri ve korelasyon analizi*, Ankara: Hatipoğlu yayınları.
- Şeker, A., (2018), Teknoloji transferinin teknolojik gelişim, üretim ve yüksek teknoloji ürünlerinin ihracatı üzerindeki etkisi: Türkiye örneği, *Business & Management Studies: An International Journal*, 6(3), 583-603.
- Şeker, A., (2019), Teknolojik gelişme ve yüksek teknoloji ihracatının ekonomik karmaşıklık endeksi üzerindeki etkisi: Türkiye örneği, *Yönetim ve Ekonomi* 26/2, 377-395.
- Taş, S., (2006), Fikrî ve sınai mülkiyet alanındaki sorunlar, gelişmeler ve Türkiye-AB ilişkileri açısından bir değerlendirme, *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi*, 10, 80-95.
- Taufiq, A., Astuti, A., B., Fernandes, A., A., R., (2019), Geographically weighted regression in cox survival analysis for weibull distributed data with Bayesian approach, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 546(5), 052078.

- Tekin, A., Demirel, O., (2022), Bilimsel ve teknolojik performansın ekonomik büyüme etkisi: OECD ülkeleri üzerine bir panel veri analizi, *Sosyoekonomi*, 30(51), 353-364.
- Temiz, R., (2017), Bulanık Bayesci hipotez testlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- The World Bank (2023), Erişim Adresi: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, Erişim Tarihi: 21.08.2023.
- Tijms, H. (2007), *Understanding probability chance rules in everyday life* (2. Edition), New York: Cambridge University Press.
- Tunalı, H., Güz, T., (2021), Bilgi ve iletişim teknolojileri gelişim endeksi ve ekonomik büyüme ilişkisinin panel veri modelleri ile karşılaştırmalı analizi, *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 6(15), 249-261.
- Türedi, S. (2013). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik büyüme etkisi: gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için panel veri analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, 7, 299-322
- Türk, B., Tali, H., H., (2020), Makine öğrenmesi yöntemleri ile somatizasyon ve duygusal öz farkındalık üzerinden şiddetin tahmini, *Adli Tıp Bülteni*, 25(2), 99-105.
- Türkiye istatistik kurumu, (2023), TÜİK, Erişim Adresi: <https://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 21.08.2023.
- Uskov, V., S., (2020), Scientific and technological development of the Russian economy in the transition to a new technological order, the vologda research center of RAS, *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 13(1), 70-86.
- Uyar, Ş., (2020), Teknoloji transferi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye örneği (1984-2018), Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Uzun, T., K., (2020), Bayesci hipotez testleri ve uygulamaları üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Ülger, Ö., (2019), *Ar-Ge teşvikleri ve harcamaları ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin OECD ülkeleri çerçevesinde incelenmesi (1996-2015)*, Ankara: İksad Yayınevi.
- Yan, X., Su, X., G., (2009), *Linear regression analysis theory and computing*, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

- Yardımcı, A., (2000), Doğrusal regresyonda değişken seçimine Bayesci yaklaşımların karşılaştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Yurtçu, M., (2018), Parametrik olmayan Bayes yöntemiyle ortak değişkenlere göre yapılan test eşitlemelerinin karşılaştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Zerey, G., (2018), Klasik ve Bayesci portföy seçim modellerinin Bist 30 üzerinde uygulanması, Doktora Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Zhang, W., Zhang, T., Li, H., Zhang, H., (2022), Dynamic spillover capacity of R&D and digital investments in China's manufacturing industry under long-term technological progress based on the industry chain perspective, *Technology in Society*, 71(c), 102129.
- Zhang, W., Yang, J., (2015), Forecasting natural gas consumption in China by Bayesian model averaging, *Energy Reports*, 1, 216–220.
- Watanabe, C., Naveed, K., Zhao, W., (2015), New paradigm of ICT productivity e Increasing role of un-captured GDP and growing anger of consumers, *Technology in Society* 41, 21-44.
- Weisberg, S., (2005), *Applied linear regression*, Canada: A John Wiley & Sons, Inc.
- Welfens, P., J., J., Perret, J., K., (2014), Information & communication technology and true real GDP: economic analysis and findings for selected countries, *Int Econ Econ Policy*, 11, 5–27.

EKLER

EK-1-Türkiye Veri Tablosu

Tablo 6.1. Türkiye Veri Tablosu

Yıllar	GSYH	AG	PS	YTÜ	BİT
2007	590330093012,939	9477999000	2021	1855715217	2884485261
2008	595141428332,854	9572595000	2397	1909881738	2407459495
2009	566436841006,172	10651191000	2732	1568804095	2021768755
2010	614171064520,319	11405958000	3357	1943251656	2092408571
2011	682958902917,534	12687346000	4113	2202094015	2232219536
2012	715662340203,413	13831102000	4666	2327204095	2642917713
2013	776392136706,161	14752407000	4661	3782388286	2774770931
2014	814743696794,687	16326409000	5097	4292918460	3124541375
2015	864316670330,882	17734271000	5841	872098694	2717092412
2016	893038641113,713	19603762000	6848	3421633945	2202259765
2017	960034377547,426	21401612000	8555	4068849600	2190159466
2018	988642300436,943	23715215000	7466	3735725595	2194136992
2019	996389402328,711	24839246000	8088	4280200491	2073036635
2020	1015719678024,54	25870086000	8158	4172699768	1704220733

EK-2- WinBUGS Programı Türkiye Kodu

```

model {
  for (i in 1: N) {
    GSYH[i] ~ dnorm(mu[i], tau)
    mu[i] <- b [1] + b[2]*AG[i] + b[3]*PS[i] + b[4]*YTÜ[i] +
    b[5]*BİT[i]
  }
  for (j in 1:K) {b[j] ~ dnorm(mu.is[j], tau.is[j])}
  tau ~ dgamma (0.01, 0.01)
  sigma2 <- 1/tau}
list(GSYH = c(), AG = c(),PS = c(), YTÜ = c(), BİT = c(), mu.is=c(), tau.is=c(), N=14, K=5)
list(b = c(), tau =)

```

EK-3- İspanya Veri Tablosu

Tablo 6.2. İspanya Veri Tablosu

Yıllar	GSYH	AG	PS	YTÜ	BİT
2007	1231003442635,55	20705599000	3532	10502552067	6688950461
2008	1241923268505,08	22311662000	884	11248660432	6818766461
2009	1195188366526,17	22098172000	3803	10374405678	4882734204
2010	1197135561649,22	22074586000	3779	11504349325	5458563086
2011	1187386271879,3	21467269000	3626	13554458627	4819965304
2012	1152252436684,76	20290817000	3475	13768258934	3703225477
2013	1136082395816,8	19637093000	3244	14479326037	3342714349
2014	1151939554049,61	19392094000	3178	14664458406	3636086099
2015	1196156971279,69	19814975000	3020	13109480801	3458388744
2016	1232493518447,66	19883444000	2922	15598981400	3883337713
2017	1269169576560,16	20817019000	2343	14928178719	4722944918
2018	1298163367417,97	2185198300	1674	15483660258	5020168166
2019	1323918490148,05	22474025000	1446	15036520591	5488900634
2020	1173978918108,98	...	1555	15725222510	5382314096

EK-4- WinBUGS Programı İspanya Kodu

```

model {
  for (i in 1:N) {
    GSYH[i] ~ dnorm(mu[i] , tau)
    mu[i] <- b[1] + b[2]*AG[i] + b[3]*PS[i] + b[4]*YTÜ[i] +
    b[5]*BİT[i]
  }
  for (j in 1:K) {b[j] ~ dnorm(0, 0.001)}
  tau ~ dgamma(0.01 , 0.01)
  sigma2 <- 1/tau }
list(GSYH = c(), AG = c(), PS = c(), YTÜ = c(), BİT = c(), N=14, K=5)
list(b = c(), tau =)

```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLERİ

Adı ve Soyadı : Mulla Veli ABLAY

EĞİTİM BİLGİLERİ

Doktora : Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi,
Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 2019-2023

Yüksek Lisans : Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi – Kahraman Maraş Sütçü
İmam Üniversitesi Ortak Programı, Fen Bilimler Enstitüsü,
Uygulamalı Matematik, 2017-2019

Lisans : Atatürk Üniversitesi, Matematik Öğretmenliği, 2002-2007

İŞ DENEYİMİ

2007-2013 : Dershane, Matematik Öğretmeni

2013-2022 : Millî Eğitim Bakanlığı, Matematik Öğretmeni

2022-... : Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Öğretim Görevlisi



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI BENZERLİK RAPORU FORMU

FORM DR-28

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı ve Soyadı	Mulla Veli ABLAY
Öğrenci Numarası	1921501306
Ana Bilim/ Ana Sanat Dalı	İşletme
Bilim / Sanat Dalı	İşletme
Danışman Unvanı, Adı-Soyadı	Doç. Dr. Ahmet DOĞAN
Tez Başlığı (Türkçe)	Türkiye Gayri Safi Yurt İçi Hasılasının Teknolojik Gelişim Parametreleri Yoluyla Analizi

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 107 sayfalık kısmına ilişkin, 18/12/2023 tarihinde Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 17 'dir.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30) ☒

1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,

2- Kaynakça dâhil,

3- Alıntılar dâhil.

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10) ☐

1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,

2- Kaynakça hariç,

3- Alıntılar dâhil,

4- 5 Kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Tarih ve İmza
Mulla Veli ABLAY

Danışman Onayı
UYGUNDUR

Doç. Dr. Ahmet DOĞAN

Enstitü Onay
UYGUNDUR

Arş. Gör. Dr. Ş. Ufuk ULADI

AÇIKLAMALAR

- Lisansüstü tezler, savunma öncesinde intihal program raporu ile birlikte Enstitüye teslim edilir.
- İntihal raporu ile ilgili olarak etik kurallar dâhilindeki benzerlik oranları ilgili Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenir. (Enstitü Yönetim Kurulu tarafından tezin, intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için TURNITIN'den alınan raporda "benzerlik oranı"nın, "alıntılar dahil" en fazla %10, "alıntılar dahil" % 30'u geçmemesi şeklinde kabul edilmiştir).