



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Üretim ve İşlemler Yönetimi Bilim Dalı

**AR-GE HARCAMALARI VE NANOTEKNOLOJİ PATENTLERİ
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ: GELİŞMİŞ, GELİŞMEKTE
OLAN ÜLKELER VE TÜRKİYE İÇİN BİR UYGULAMA**

Birdal ACUN

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2024

AR-GE HARCAMALARI VE NANOTEKNOLOJİ PATENTLERİ ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN ANALİZİ: GELİŞMİŞ, GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER VE TÜRKİYE
İÇİN BİR UYGULAMA

Birdal ACUN

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Üretim ve İşlemler Yönetimi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2024

KABUL VE ONAY

Birdal Acun tarafından hazırlanan "AR-GE Harcamaları ve Nanoteknoloji Patentleri Arasındaki İlişkinin Analizi: Gelişmiş, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Türkiye için Bir Uygulama" başlıklı bu çalışma, 16.04.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Bahar Özyörük (Başkan)

Doç. Dr. Hatice Çalınar (Danışman)

Prof. Dr. Mine Ömürgönülşen (Üye)

Dr. Öğr. Üyesi Bülent Çekiç (Üye)

Dr. Öğr. Üyesi Onur Koyuncu (Üye)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Uğur ÖMÜRGÖNÜLŞEN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

08/05/2024

Birdal Acun

I **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”**

- (1) **Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**
- (2) **Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**
- (3) **Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.**
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

*** Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.**

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Hatice alıpınar danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Birdal Acun

TEŞEKKÜR

Hem lisans hem yüksek lisans sürecim boyunca her daim yardımlarını, desteklerini, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen ve yol göstericim olan sevgili hocalarım Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN'e, Dr. Öğr. Üyesi Bülent ÇEKİÇ'e, Dr. Öğr. Üyesi Onur KOYUNCU'ya ve değerli tez danışmanım Doç. Dr. Hatice ÇALIPINAR'a,

Çalışmamda bana destek olan ve sorularıma sabırla cevap veren sevgili Arş. Gör. Gizem ARI'ya,

Hayatım boyunca beni sevgileriyle sarıp sarmalayan, ne kadar değerli olduğumu hissettiren, her daim koşulsuz arkamda olan sevgili aileme, canım annem Remziye ACUN'a, canım babam Ali Kemal ACUN'a ve bir tanecik kardeşim Ali Haydar ACUN'a,

Hep kendisini örnek aldığım, bir kadının okumasının ve kendi ayaklarının üstünde durmasının ne kadar önemli olduğunu bana her zaman hatırlatan canım dedem Emekli Emniyet Müdürü Haydar ACUN'a ve doğduğum andan itibaren sevgilerini ve desteklerini hep hissettiğim canım babaannem Nezaket ACUN'a, halalarım Zeynep ACUN ve Şirin Dilek ACUN'a ve amcam Doğan Cemal ACUN'a,

Yüksek lisansa beraber başladığım, zorlu ve yorucu geçen süreç boyunca birbirimizi motive ettiğimiz, destek olduğumuz ve onu tanımaktan dolayı mutluluk duyduğum yol arkadaşım sevgili Beril AYDIN'a,

Adını sayamadığım değerli ailemin her bir ferdine, Hacettepe Üniversitesi İşletme Bölümü hocalarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

ÖZET

ACUN, Birdal. *AR-GE Harcamaları ve Nanoteknoloji Patentleri Arasındaki İlişkinin Analizi: Gelişmiş, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Türkiye için Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2024.

İnovasyon günümüzde ülkelerin ve firmaların ilgisini çeken ve sıkça gündeme gelen bir kavramdır. Bu nedenle inovasyonun ölçümü araştırmacılar tarafından ilgi gören bir konudur. İnovasyonun göstergeleri ve ölçüm araçları olarak kullanılan araştırma ve geliştirme (AR-GE) ve patentler arasındaki ilişkinin incelenmesi de oldukça önem kazanmaktadır. Bu çalışma ile 2006 ve 2022 yılları arasında gelişmiş ülkelerin, gelişmekte olan ülkelerin ve Türkiye'nin toplam AR-GE harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki incelenmektedir. Amaç gelişmiş, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için araştırma-geliştirme harcamalarında meydana gelen bir değişimin, nanoteknoloji patent başvuru sayılarında nasıl bir artış ya da azalışa neden olduğu analiz edilmektedir. Türkiye'nin bu konuda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki konumu belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu çalışma kapsamında OECD ve USPTO'dan elde edilen ikincil verilerin analizi, panel veri ve basit doğrusal regresyon yöntemi ile Stata 14.2, IBM SPSS Statistics 23 ve E-Views 12 programları aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre AR-GE harcamaları ile nanoteknoloji patentleri arasında gelişmiş ülkeler için orta ve pozitif yönlü, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için güçlü ve pozitif yönlü ilişkiler olduğu görülmüştür. AR-GE ve patent literatüründe ve tez çalışmalarında nanoteknoloji patentleri ve AR-GE harcaması ilişkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından dolayı hem Türkiye hem de Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomiler ve gelişmiş ekonomiler için bu çalışmanın bulgularının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler

Nanoteknoloji, Nanopatent, Patent, İnovasyon, AR-GE

ABSTRACT

ACUN Birdal. *The Analysis of the Relationship Between R&D Expenditures and Nanotechnology Patents: An Application for Developed, Developing Countries and Türkiye*, Master's Thesis, Ankara, 2024.

Nowadays, innovation is a concept that attracts the attention of both countries and firms and is frequently on the agenda. For this reason, the measurement of innovation is a subject of interest for researchers. It is also significant to examine the relationship between research and development (R&D) and patents, which are used as indicators and measurement tools of innovation. This study analyzes the relationship between total R&D expenditures and nanotechnology patent applications of developed countries, developing countries and Türkiye between the years of 2006 and 2022. The main objective is to analyze how a change in R&D expenditures leads to an increase or decrease in the number of nanotechnology patent applications for developed and developing countries and Türkiye. Also it is tried to be determined Türkiye's position between developed and developing countries. Within the scope of this study, the analysis of the secondary data obtained from OECD and USPTO was analyzed by panel data and simple linear regression method by using Stata 14.2, IBM SPSS Statistics 23 and E-Views 12 programs. According to the findings of the analysis, there are moderate and positive relationships between R&D expenditures and nanotechnology patents for developed countries and strong and positive relationships for developing countries and Türkiye. In the R&D and patent literature and thesis studies, there is no study examining the relationship between nanotechnology patents and R&D expenditures. Therefore, it is thought that the findings of this study will contribute to the literature for Türkiye, developing economies and developed economies.

Keywords

Nanotechnology, Nanopatent, Patent, Innovation, R&D

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM İNOVASYON VE ARAŞTIRMA-GELİŞTİRME (AR-GE)	3
1.1. İNOVASYON KAVRAMI	3
1.1.1. İnovasyon Türleri	6
1.1.2. İnovasyon Rollerini	9
1.2. AR-GE KAVRAMI	13
1.3. İNOVASYON VE AR-GE İLİŞKİSİ	14
1.3.1. İnovasyon Süreci	15
1.3.2. İnovasyon Göstergeleri	16
2. BÖLÜM PATENT	20
2.1. PATENT KAVRAMI	20
2.2. PATENT VE AR-GE İLİŞKİSİNİ İNCELEYEN ÇALIŞMALAR	23
2.3. PATENT VE İNOVASYON İLİŞKİSİ	38

2.3.1.	İnovasyon Göstergeleri	39
2.3.2.	İnovasyonun Ölçümü Olarak Patentler	43
3. BÖLÜM	NANOTEKNOLOJİ	47
3.1.	NANOTEKNOLOJİ KAVRAMI.....	47
3.2.	NANOTEKNOLOJİ VE İNOVASYON İLİŞKİSİ	50
3.3.	NANOPATENTLER	57
4. BÖLÜM	AR-GE HARCALARI VE NANOTEKNOLOJİ PATENTLERİ	
	ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ	60
4.1.	ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ	60
4.2.	ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ, HİPOTEZLERİ VE	
	DEĞİŞKENLERİ	61
4.3.	ARAŞTIRMANIN VERİ SETİ.....	63
4.4.	METODOLOJİ	64
4.4.1.	Panel Veri Analizi.....	65
4.4.1.1.	Veri Türleri	66
4.4.1.2.	Panel Veri Modelleri	67
4.4.2.	Basit Doğrusal Regresyon Analizi	70
4.5.	VERİLERİN ANALİZİ VE SONUÇLARI.....	71
4.5.1.	Panel Veri Analizi Sonuçları	72
4.5.1.1.	Gelişmiş Ülkelerin Panel Veri Analizi Sonuçları	72
4.5.1.2.	Gelişmekte Olan Ülkelerin Panel Veri Analizi Sonuçları	78
4.5.2.	Basit Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları.....	83
5. BÖLÜM	SONUÇ, TARTIŞMA, KISITLAR VE ÖNERİLER	89
	KAYNAKÇA.....	94
EK 1: GELİŞMİŞ ÜLKELERİN AR-GE HARCAMALARI (MİLYON		
DOLAR)		112

EK 2: GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERİN AR-GE HARCAMALARI (MİLYON DOLAR).....	113
EK 3: GELİŞMİŞ ÜLKELERİN NANOTEKNOLOJİ BAŞVURU SAYILARI ..	114
EK 4: GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERİN NANOTEKNOLOJİ PATENT BAŞVURU SAYILARI	115
EK 5: TÜRKİYE’NİN AR-GE HARCAMALARI (MİLYON DOLAR).....	116
EK 6: TÜRKİYE’NİN NANOTEKNOLOJİ PATENT BAŞVURU SAYILARI...	116
EK 7: ORJİNALLİK RAPORU	117
EK 8: ETİK KURUL MUAFİYET FORMU.....	119

KISALTMALAR DİZİNİ

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ARBİS: Araştırmacı Bilgi Sistemi

AR-GE: Araştırma ve Geliştirme

BİT: Bilgi ve İletişim Teknolojisi

EPC: Avrupa Patent Sözleşmesi

EPO: Avrupa Patent Ofisi

GSYH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

IPC: Uluslararası Patent Sınıflandırması

OECD: Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü

SI: Système International d'Unités

t.y.: Tarih yok

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

TÜRKPATENT: Türk Patent ve Marka Kurumu

TZE: Tam Zamanlı Eşdeğer

USPTO: Amerika Birleşik Devletleri Patent ve Ticari Marka Ofisi

v.d.: ve diğerleri

WIPO: Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü

WoS: Web of Science

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1: Literatürde Patent ve AR-GE İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	35
Tablo 2: İnovasyon Göstergeleri	42
Tablo 3: Literatürde İnovasyonun Ölçümü için Patent ile ilgili Verilerin Kullanımını İnceleyen Çalışmalar	44
Tablo 4: Analizin Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri	63
Tablo 5: Gelişmiş Ülkeler için Tanımlayıcı İstatistikler	72
Tablo 6: Gelişmiş Ülkeler için Korelasyon Matrisi	73
Tablo 7: Gelişmiş Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları	74
Tablo 8: Gelişmiş Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları	75
Tablo 9: Gelişmiş Ülkeler için Hausman Testi Sonuçları	75
Tablo 10: Gelişmiş Ülkeler için Varsayımdan Sapmalar	76
Tablo 11: Gelişmiş Ülkeler için Driscoll-Kraay Standart Hata Tahmincisi Bulguları.....	77
Tablo 12: Gelişmekte Olan Ülkeler için Tanımlayıcı İstatistikler.....	78
Tablo 13: Gelişmekte Olan Ülkeler için Korelasyon Matrisi.....	79
Tablo 14: Gelişmekte Olan Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları	80
Tablo 15: Gelişmekte Olan Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları	80
Tablo 16: Gelişmekte Olan Ülkeler için Hausman Testi Sonuçları	81
Tablo 17: Gelişmekte Olan Ülkeler için Varsayımdan Sapmalar.....	82
Tablo 18: Gelişmekte Olan Ülkeler için Driscoll-Kraay Standart Hata Tahmincisi Bulguları.....	83
Tablo 19: Basit Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları.....	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: İnovasyonun Kavramsal Çerçevesi (Kamuda)	11
Şekil 2: İnovasyon Süreci Aşamaları	15
Şekil 3: AR-GE harcamasının GSYH içindeki payı	17
Şekil 4: AR-GE İnsan Kaynağı Sayısı (TZE)	18
Şekil 5: 2012-2022 yılları başvuru sahibinin menşesine göre toplam patent başvuruları (Doğrudan ve Patent İş birliği Anlaşması Ulusal Faz Girişleri (PCT National Phase Entries)	22
Şekil 6: Patentleme, Buluş ve İnovasyon Arasındaki Genelleştirilmiş İlişki.....	39
Şekil 7: İnovasyon Göstergelerinin Çerçevesi	40
Şekil 8: Nanoteknoloji İçin Bir Ontoloji.....	49
Şekil 9: 2012-2023 yılları arasında Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayın sayısı.....	55
Şekil 10: 2012-2023 yılları arasında Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayınların üniversitelere göre dağılımı	56
Şekil 11: USPTO’da 2012-2023 (Eylül) Nanoteknoloji Alanında Başvuru Yapılan Patentlerin Sayısı.....	58
Şekil 12: 2012-2020 OECD Ülkeleri Ekonomilerinin Nanoteknoloji ile ilgili Patentlerdeki Payı.....	59
Şekil 13: Hipotezin Saçılım Grafiği.....	85
Şekil 14: Kalıntı Değerler ile Tahmin Değerleri Arasındaki Saçılım Grafiği	86

GİRİŞ

İnovasyon kavramı günümüzde akademik literatürde üzerinde çok durulan bir kavramdır. İnovasyonun göstergeleri ve ölçüm araçlarından olan araştırma ve geliştirme (AR-GE) ve patent verileri ülkeler ve firmalar açısından oldukça önem taşımaktadır. Bunun nedeni inovasyon faaliyetleri ile rekabet avantajı elde etmek, maliyetleri minimize etmek, yeni pazarlara girmek, verimliliği ve kâr payını arttırmak, sektördeki imajı ve itibarı yükseltmek, ürün ve hizmetler ile müşterilerin hayatını kolaylaştırıp, memnuniyetlerini kazanmak ve müşteri sayısını arttırmak gibi birçok avantaj elde edilmesidir.

Nanoteknoloji ilk olarak 1959 yılında karşımıza çıkan bir kavramdır. Günümüzde ise özellikle gelişmiş ülkeler ve yüksek teknoloji firmalar yapılandırma, işleme, görünüm tasarımı ve üretkenlikteki inovasyonları daha verimli hale getirmek için nanoteknolojiden yararlanmaktadır (Malik vd., 2023) ve uygulama alanları günden güne genişlemektedir.

Literatür incelendiğinde, bir firmanın araştırma ve geliştirme harcamalarını değiştirdiğinde patent başvuru sayılarında değişiklikler meydana geldiğine dair kanıtlar oldukça güçlüdür (Griliches, 1998). Bu çalışmada da öncelikle 2006- 2022 yıllarına ait gelişmiş ülkelerin ve gelişmekte olan ülkelerin toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki panel veri analizi kullanarak ve sonrasında Türkiye’de yapılan toplam AR-GE harcamaları ile toplam nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki basit doğrusal regresyon analizi ile incelenecektir. Amaç gelişmiş, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için araştırma-geliştirme harcamalarında meydana gelen bir değişimin, nanoteknoloji patent başvurularında nasıl bir artış ya da azalışa neden olduğunu analiz etmektir. Ayrıca Türkiye’nin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında nasıl bir konumda olduğu tespit edilmeye çalışılacaktır. AR-GE ve patent literatüründe ve tez çalışmalarında nanoteknoloji patenti ve AR-GE ilişkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından dolayı hem Türkiye hem de Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomiler ve gelişmiş ekonomiler için bu çalışmanın bulgularının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde inovasyon ve AR-GE kavramları hakkında bilgiler verilecek, inovasyon ve AR-GE arasındaki ilişki üzerinde durulacaktır. Ayrıca araştırma-geliştirme harcamasının GSYH içindeki payı ve insan kaynağı sayısı gibi güncel veriler paylaşılacaktır.

İkinci bölümde patent kavramı hakkında bilgiler verilecek, patent ve AR-GE ilişkisini inceleyen çalışmaların literatürü bu bölümde yer alacaktır. Ayrıca patent ve inovasyon arasındaki ilişki de incelenecektir.

Üçüncü bölümde nanoteknoloji kavramı ve inovasyon ile ilişkisi üzerinde durulacak, nanoteknolojinin sektörel olarak uygulama alanları incelenecektir. Web of Science (WoS) üzerinden Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayın sayısı ve üniversitelere göre dağılımları hakkında güncel veriler paylaşılacaktır. Ayrıca nanopatent kavramı incelenecek, nanoteknoloji patent başvuru sayıları ve ülke ekonomilerinin nanoteknoloji ile ilgili patentlerdeki payı ile ilgili güncel veriler paylaşılacaktır.

Dördüncü bölümde çalışmanın amacı ve önemi, problemi, hipotezleri ve değişkenleri, veri seti, metodolojisi, verilerin analizi ve sonuçları yer alacaktır. Çalışma sonuçları, tartışmalar, kısıtlar ve öneriler ile son bulacaktır.

1. BÖLÜM

İNOVASYON VE ARAŞTIRMA-GELİŞTİRME (AR-GE)

Çalışmanın bu bölümünde inovasyon kavramı, inovasyon çeşitleri, inovasyonun kamu sektörü ve firmalar için ne anlama geldiği, AR-GE kavramı, AR-GE süreci, inovasyon ve AR-GE arasındaki ilişki üzerinde durulmaktadır. Ayrıca AR-GE harcamasının GSYH içindeki payı ve AR-GE insan kaynağı sayısı gibi güncel veriler paylaşılmaktadır.

1.1. İNOVASYON KAVRAMI

Günümüzde oldukça popüler olan, sıklıkla araştırmacılar ve firmalar tarafından üzerine çalışılan inovasyon (innovation), hizmet, sanayi, finans, tarım, bilim ve bilgi teknolojileri gibi birçok alanda kullanılan, önemi her geçen gün artan bir kavram haline gelmiştir.

İnsanoğlu ilk çağlardan beri yaşamını devam ettirmek için çeşitli buluşlar ve yenilikler yapmıştır. Bu nedenle inovasyon kavramının insanlık tarihi kadar eski olduğu söylenebilir. İnovasyon, Latince bir kelime olup “yenilemek veya değiştirmek” anlamına gelen “innovatus” sözcüğünden gelmektedir (Elçi, 2006). Aronson (2008) ise yeni bir şeyi tanıtmak anlamına gelen “innovare” fiilinden türetilen Latince “innovatio” kelimesine dayandırmaktadır. Dünyada bu kavram 1900’lü yılların başında ortaya çıkmasına rağmen, Türkiye’de inovasyon kavramından söz edilmesi 2000’li yılları bulmuştur.

Türkçe’de bu kavramın çevirisi konusunda belirsizlikler ve yetersizlikler söz konusu olup “yenilik, yenileme ve yenilikçilik” gibi sözcüklerle karşılanmaya çalışılmaktadır (Elçi, 2006) fakat hiçbiri tam manasıyla anlamı verememektedir. Bunun nedeni inovasyonun, Elçi (2006)’nin belirttiği üzere yenilikten ziyade sonuca odaklı olup; farklılaştırmaya ve değiştirmeye dayalı toplumsal ve ekonomik bir sistemi ifade etmesidir.

İnovasyon kavramı literatürde oldukça geniş bir yer kaplamaktadır. Araştırmacılar birçok farklı inovasyon tanımı yapmışlardır. Bu tanımlardan bazılarını aşağıda yer verilmektedir.

Bu kavramı ilk kez 1911 yılında yazdığı, çevirisinin 1934 yılında yapıldığı “ The Theory of Economic Development” adlı çalışmasında incelemiş olan ekonomist Joseph A. Schumpeter, inovasyonu beş bölüme ayırarak, bir ürünün yeni üretim veya satış metodunun hayata geçirilmesi, yeni olan bir ürünün ya da hali hazırda elde olan bir ürünün yeni olan bir niteliği ile pazara sürülmesi, yeni bir pazarın açılması, bir ürünün yeni üretim veya satış metodunun hayata geçirilmesi, yeni hammadde veya yarı mamul tedarik kaynaklarının bulunması, bir tekelin oluşturulması ya da yok edilmesi gibi yeni endüstri yapısı yaratmak şeklinde tanımını yapmıştır.

Drucker (1973) inovasyonun, pazar odaklı değer yaratma süreci olarak tanımını yapmaktadır. Urabe vd. (1988) de inovasyonu, yeni bir fikrin oluşturulması ve bu fikrin yeni bir ürün, hizmet ya da sürece dönüştürülmesi olarak belirtmektedir. Rogers (1995) ise daha önce bilinmeyen bir fikir, nesne veya uygulama olarak tanımlamaktadır.

Damanpour ve Gopalakrishnan (2001) inovasyonu yeni olan bir ürün, hizmet, cihaz, sistem, politika veya programla ilgili bir fikir veya davranışın edinilmesi olarak firma düzeyinde tanımlamaktadır. Benzer şekilde inovasyon Hivner vd. (2003)’ne göre bir ürün, hizmet veya sürecin başlatılması veya iyileştirilmesi için uygulanan yeni veya yenilikçi fikirlerdir.

Elçi (2006) inovasyonu; ürünlerde, hizmetlerde ve iş yapış yöntemlerinde toplumsal ve ekonomik bir değer yaratabilmek için değişiklikler, farklılıklar ve yenilikler yapmak olarak tanımlamaktadır. Ayrıca yeni pazarlara girmek ve içinde bulunulan pazarların büyümesi, karlılığı ve verimliliği arttırdığı için çok önemli bir rekabet aracıdır. Van der Meer (2007) ise inovasyonu rekabet aracı olarak görmektedir.

Zhang (2011) inovasyonu örgütsel bir bakış açısıyla tanımlamaktadır. İnovasyon, yaratıcı fikir veya davranışlardan yararlanarak yeni fırsatların yaratılmasıdır. Bir başka deyişle yeni bir ürün veya fikir üretmek için yeni olan bir teknoloji, pazara yeni bir giriş, yönetsel yeni bir yapı anlamına gelmektedir.

OECD ve Avrupa İstatistik Kurumunun birlikte yayınlamış olduğu, TÜBİTAK tarafından çevirisi yapılmış Oslo Kılavuzu'na (Data, 2005) göre inovasyon iş uygulamalarında, iş yeri kuruluşunda veya harici ilişkilerde yeni veya anlamlı seviyede iyileştirilmiş bir ürünün veya sürecin, yeni bir pazarlama yönteminin veya yeni bir organizasyonel yöntemin uygulanması biçiminde tanımını yapmaktadır.

Avrupa Komisyonu (European Commission, 1995), yayınladığı “Green Paper on Innovation” bildirisinde inovasyon tanımını üç bölüme ayırarak kısaca, ürün ve hizmet çeşitliliğinin ve ilişkili pazarların yenilenmesi ve genişletilmesidir; yeni üretim, tedarik ve dağıtım tekniklerinin oluşturulmasıdır; yönetimde, çalışma koşullarında, iş örgütlerinde ve işgücünün niteliklerinde değişiklikler yapılmasıdır şeklinde tanımlamaktadır.

Baregheh vd. (2009), 1934-2008 yıllarında altı disiplinden alınan 60 inovasyon tanımının içerik analizini yapmışlardır. Analiz sonucunda inovasyon, pazarda başarılı bir şekilde yol almak, rekabet içinde olmak veya diğerlerinden ayrılmak için örgütsel düşünceleri yeni veya iyileştirilmiş ürünlere, süreçlere ya da hizmetlere dönüştüren çok aşamalı bir süreç şeklinde tanımlamaktadır.

Singh ve Aggarwal (2022) çalışmasında 208 inovasyon tanımını kullanarak birleştirilmiş bir inovasyon tanımına ulaşmayı amaçlamıştır. Temelli teori yaklaşımı kullanarak yapmış olduğu veri analizinde inovasyonun tanımının altında yatan yedi geniş tema ortaya koymuştur: yaratıcı potansiyel, motivasyon, eylem, psikolojik süreçler, ekolojik süreçler, yenilik ve değer yaratma, rekabet avantajı, teknoloji veya icattan yararlanma ve ekonomik büyüme. Araştırmanın sonucunda inovasyonun tanımı değer yaratan, yeni teknoloji veya buluşlardan yararlanan, rekabet avantajı ve ekonomik büyümeye katkı sağlayan yeni

uyarlanabilir çözümler uygulayarak yaratıcı potansiyelin ticari ve/veya sosyal bir güdüyle faaliyete geçirilmesidir şeklinde yapılmaktadır.

Kline ve Rosenberg (2010) inovasyonun tek bir boyutu olmadığını, çeşitli faaliyetleri kapsayan çok boyutlu bir kavram olduğunu belirtmektedir. İnovasyonu yeni bir şey olarak algılayabiliriz ama aynı zamanda yeni bir ürün, üretim süreci, belli bir iş için yeni geliştirilen daha ucuz olan malzemenin temelde değişiklik yapılmamış bir üründe muadil olması, üretimin, iş işlevlerin veya dağıtım alanlarının yeniden düzenlenerek verimliliğin artırılması, belli bir ürün için daha iyi destek sağlanması ya da maliyetlerin düşürülmesi veya yenilik yapma araçlarında veya metotlarında bir ilerleme olarak düşünülebilir.

1.1.1. İnovasyon Türleri

İnovasyon türlerini incelenecek olunursa Edwards-Schachter (2018) çalışmasında son yıllarda en dikkat çekici 10 inovasyon türüne genel bir bakış sunmaktadır:

Teknolojik İnovasyon: Yeni iç veya dış pazarların açılması ve organizasyonel gelişim, ekonomik yapıyı durmaksızın içeriden dönüştüren, eski yapıları yok eden ve yeni bir yapı yaratan endüstriyel mutasyon sürecini göstermektedir (Schumpeter, 1942). Teknolojik yenilik, AR-GE'ye yapılan yatırımlar açısından girdilerin, patentler veya yeni ürünler ve üretim süreçleri açısından çıktılarla ilişkilendirilmesi yoluyla incelenmektedir.

Ürün İnovasyonu: Potansiyel kullanıcılara sunulan, kullanım amaçları ya da özellikleri açısından yeni ya da önemli oranda değişiklik yapılmış bir ürün (Gault, 2018). Bu tanımdan yola çıkılırsa ürün inovasyonu yeni bir ürün ortaya koymayı aynı zamanda var olan ürünlerin niteliklerinde meydana gelen yenilikleri ifade etmektedir.

Süreç İnovasyonu: Daha az maliyetli ve/veya daha kaliteli ürün tedarik edebilmek için bir kuruluşun üretim ya da hizmet faaliyetlerine girdi malzemeleri, görev özellikleri, iş ve bilgi akış mekanizmaları ve bir ürün üretmek veya hizmet sunmak amacı ile kullanılan ekipman vb. yeni unsurların dahil edilmesidir (Reichstein ve Salter, 2006).

Organizasyonel verimliliği artırmaya yönelik pazarlama yöntemleri de süreç inovasyonunun bileşenleridir.

Hizmet İnovasyonu: Hem belirli hizmetlerdeki hem de hizmeti üreten sistemin, yani organizasyonun ve çevrenin yapısını içeren hizmet sistemlerindeki yeniliklerdir. Hizmet inovasyonu, ulaştırma ve lojistik, bilgi ve bilgiye dayalı hizmetler, gıda, sağlık ve eğitim gibi faaliyetleri kapsamaktadır.

İş Modeli İnovasyonu: İş modeli, inovasyon için önemli bir araç ve aynı zamanda kendi başına bir inovasyon kaynağıdır. İş modeli inovasyonu, mevcut bir iş modelinin bilinçli olarak değiştirilmesi veya işlevlerini geliştiren ve müşteri ihtiyaçlarını mevcut iş modellerinden daha iyi karşılayan yeni bir iş modelinin oluşturulmasıdır.

Yıkıcı İnovasyon: Yıkıcı teknolojiler kavramı pazarda bozulmaya neden olan teknolojiler olarak tanımlanmaktadır (Christenson, 1997). Bu durum, yeni bir ürünün, mevcut müşteriler tarafından değer verilen hedef nitelikler açısından daha düşük performans göstermesine rağmen, ana akım pazardaki ana akım ürünün yerini alması halinde ortaya çıkar. Bu bağlamda, bir iş modelinde üstün veya yeni bir değerin tüketicilere ulaştırılmasını ve onlar tarafından benimsenmesini sağlayan her türlü değişiklik yıkıcı bir inovasyon teşkil etmektedir. Yıkıcı inovasyonlar teknolojik, iş modelleri ve radikal ürün inovasyonları olabilir (Markides, 2006). Özellikle, inovasyonların yıkıcı olması için teknolojiye veya ürün işlevselliğinde radikal ilerlemeler içermesi gerekmez. Aslında yıkıcılık, büyük bir teknik atılımdan ziyade bir pazar/iş olgusunu ifade etmektedir.

Radikal İnovasyon: Radikal inovasyon veya aralıklı değişim, bir firmanın teknik beceri ve bilgi, tasarım, üretim tekniği, tesis ve ekipmana yaptığı mevcut yatırımların çoğunu ortadan kaldıran değişim olarak tanımlanmıştır (Utterback, 1996). Tam bir radikal inovasyon büyük miktarda yeni bilgi gerektirir ve aynı zamanda endüstriyel yapıları dönüştürmek için büyük performans iyileştirmeleri sağlar. Dahlin ve Behrens (2005) bir inovasyonun radikal kabul edilebilmesi için yerine getirmesi gereken yeni bir buluşun varlığı, buluşun benzersiz olması ve gelecekteki buluşları etkileyebilmesi şeklinde üç

kriter geliştirmiştir. Ayrıca, mevcut ürünlerden dramatik bir şekilde ayrılması gerektiği de vurgulanmaktadır.

Tasarım Odaklı İnovasyon: İnovasyonların itici gücü olarak tasarım uygulamaları, insan merkezli tasarım araştırmalarının değişen görünümünden etkilenmiştir. Tasarım odaklı bir stratejide, inovasyonun en önemli yönü, yeni ürün ve hizmet anlamlarının ortaya çıkışını anlama, öngörme ve etkileme becerisiyle ilgilidir. Bu nedenle tasarım odaklı yenilikler üretebilmek için bir şirketin, müşterinin ürünlere verdiği anlamı belirli bir sosyokültürel bağlamda yorumlayabilmesi gerekmektedir.

Sosyal İnovasyon: Sosyal ilişkilerde, sistemlerde ve yapılarda değişim üreten sosyal uygulamalardaki, değişim yoluyla toplumsal bir ihtiyacı çözmeyi amaçlayan ve büyük sosyo-teknik değişime katkıda bulunan sivil toplum temsilcilerinin belirgin katılımını içeren kolektif bir öğrenme sürecidir (Edwards-Schachter ve Wallace, 2017). Bir diğer tanımı ise insanların bir veya daha fazla ortak hedefe ulaşmak için kişiler arası faaliyetleri veya sosyal etkileşimleri nasıl düzenlemeleri gerektiğine dair yeni fikirlerin üretilmesi ve uygulanmasıdır (Mumford, 2002).

Sorumlu (Responsible) İnovasyon: İnovasyon sürecinin ve pazarlanabilir ürünlerinin etik açıdan kabul edilebilirliği, sürdürülebilirliği ve toplumsal açıdan arzu edilirliği konusunda toplumsal temsilcilerin ve inovatörlerin karşılıklı olarak birbirlerine duyarlı hale geldikleri şeffaf ve etkileşimli bir süreçtir (Von Schomberg, 2011).

Oslo Kılavuzunda (Data, 2005) yer alan ürün ve süreç inovasyonlarına ek olarak pazarlama ve örgütsel inovasyonlar ile kapsam genişletilmektedir. Teknolojik inovasyon kategorisinde, ürün ve süreç inovasyonları; teknolojik olmayan inovasyonlar kategorisinde ise pazarlama ve organizasyonel inovasyonlar bulunmaktadır.

Pazarlama İnovasyonu: Pazarlama karmasında (4P) yapılan değişimler veya yeniliklerdir. Bunlar; yeni hizmetlerin, yeni fiyat belirleme stratejisinin, yeni reklam

promosyonlarının, yeni dağıtım kanallarının ve pazarlama bilgi sistemlerinin geliştirilmesi olabilir (Gupta vd., 2016).

Organizasyonel İnovasyon: Bir kurum veya kuruluşun iş yöntemlerinde, iş yeri mekanizmasında ya da dış bağlantılarında yeni örgütlenme biçimlerinin kurulmasıdır (Gault, 2018). Bu inovasyon organizasyonel yapıları, öğrenme süreçlerini ve çevreye uyumlarını geliştiren unsurlara odaklanmaktadır (Edwards-Schachter, 2018).

Açık İnovasyon: Kuruluşun iş modeline elverişli olacak şekilde somut ve soyut teknikler ile örgütsel sınırlar içinde bilinçli bir şekilde yönetilen bilgi akışlarına bağlı olarak yayılmış bir inovasyon süreci biçiminde tanımlanmaktadır (Chesbrough ve Bogers, 2014). Burada açık kelimesi geçiren örgütsel sınır boyunca bilgi akışları ile açıklanmaktadır.

Kapalı İnovasyon: Kuruluşun fikir üretme ve geliştirme, üretimden pazarlama, dağıtım, hizmet ve finansmana kadar her şeyi kendi başına yapması gerektiği anlamına gelmektedir (Herzog, 2009).

Hibrit İnovasyon: Bir veya daha fazla mal ile hizmeti bir araya getirerek, mal ve hizmetin ayrı ayrı sunulmasına kıyasla daha fazla müşteri faydası yaratan bir teklif yoluyla yeni bir fikrin ticari olarak kullanılmasıdır (Shankar vd., 2007). Hibrit inovasyon birbirini tamamlayacak şekilde açık ve kapalı inovasyonların bir kombinasyonudur.

1.1.2. İnovasyon Rollerini

İnovasyonun çeşitli rollerini bulunmaktadır. Bu nedenle inovasyon kavramının kamu ve firma için ne anlama geldiğini incelemek önem taşımaktadır.

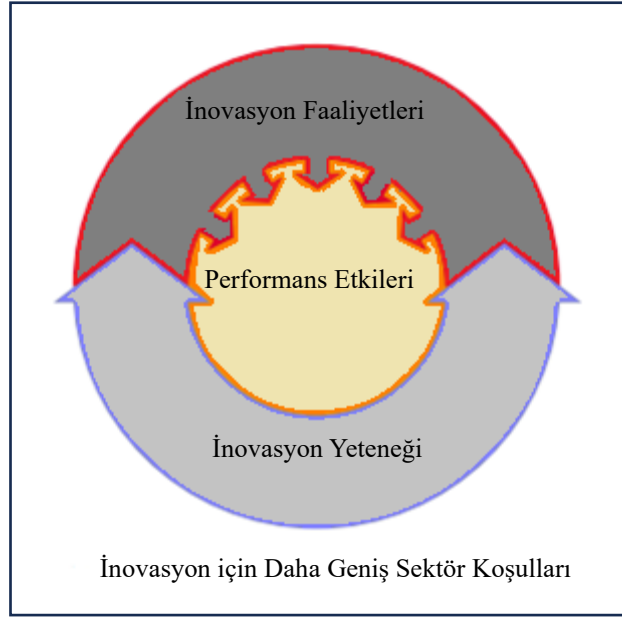
Mulgan (2007)'a göre kamu sektöründe inovasyon, kamu değeri yaratmaya yönelik yeni fikirlerle ilgilidir. Bu fikirler en azından, kısmen de olsa yeni olmalıdır (iyileştirmelerden

ziyade), benimsenmelidir (sadece iyi fikirler olmaktan ziyade) ve faydalı olması gerekmektedir.

Kamu sektöründe inovasyon kavramı hükümet önceliklerinin dengelenmesi, kaynak etkinliği, kamu beklentilerinin karşılanması, problemlere çözüm geliştirilmesi, hizmet sunumunun ve süreçlerinin iyileştirilmesi konularında daha fazla değerlendirme alanları yaratmaktadır (Satı, 2019). Ayrıca kamu sektöründe inovasyona duyulan ihtiyaç, bir dizi toplumsal zorlukla başa çıkmak amacıyla devlet ve toplum arasında anlamlı etkileşimler yaratmak için yeni fikirler ve kavramlar, teknolojiler, teknikler ve yöntemler, formlar, sistemler ve prosedürler arayışı olduğu söylenebilir (Bekkers vd., 2011).

Hughes vd. (2011) çalışmasında kamu sektörü kuruluşlarındaki inovasyonun çerçevesini ayrıntılı bir şekilde çizmiştir. Organizasyon içi ve dışı olmak üzere kamu sektöründeki inovasyonun iki kapsamı bulunmaktadır. Organizasyon içi faktörleri, organizasyonun kendi kontrolündedir. Bu faktörler, bir kuruluşun inovasyon faaliyetini destekleyen ve performansını etkileyen inovasyon yeteneğidir. Organizasyon dışı faktörler (İnovasyon için daha geniş sektör koşulları), organizasyonun kontrolü dışında ve karar vericilerin veya stratejik etkiye sahip diğer sektör organlarının kontrolü altında olan yönleri temsil etmektedir. Şekil 1'de kamu sektöründe inovasyonun kavramsal çerçevesi gösterilmektedir. Bu faktörler kuruluşun inovasyon faaliyetini ve yeteneğini etkileyebilir. Kamu sektöründe inovasyon, ekonomik değer göstergelerinin yanı sıra bir dizi sosyal değer üzerindeki etki ile değerlendirilir.

Şekil 1: İnovasyonun Kavramsal Çerçevesi (Kamuda)



Kaynak: Hughes vd. (2011)

Performans etkileri, üst yönetimin ve personelin inovasyonu yönetirken en çok dikkat ettiği alandır. İnovasyonun kuruluşun mevcut performansına etkisini değerlendirir. İnovasyonun etkisi değerlendirilirken temel kurumsal performans göstergeleri, hizmet değerlendirme ve etkinlik verilerini içermeli, etkinin iyileştirilmesi için bağlamın anlaşılması gereklidir.

İnovasyon faaliyetleri, kuruluşun mevcut inovasyon faaliyetlerinin bir çerçevesini çizer. İnovasyon faaliyeti; yeni fikirlerin üretilmesi, bu fikirlerin seçilmesi ve geliştirilmesi, hayata geçirilmesi ve başarılı olan inovasyonun yayılmasını ve paylaşılmasını içermektedir.

İnovasyon yeteneği, inovasyon faaliyetinin ve performansının sürdürülebilir bir şekilde etkileyebilecek temel destekleyici yetenekleri içermektedir. Liderlik ve kültür, inovasyonun yönetimi, inovasyonun kurumsal kolaylaştırıcıları gibi organizasyon yeteneklerini geliştirmek kuruluşun kontrolindedir.

İnovasyon için sektör koşulları kısmı bir kuruluşun içinde faaliyet gösterdiği sistemin inovasyon yapmasına ne kadar yardımcı olduğuna dair bir görüş sağlar. Bu sistem, inovasyona yardımcı olabileceği gibi engel de olabilecek politika araçlarını içerir. Bu politika araçları kuruluşun kontrolü altında değildir. Karar vericilerin veya stratejik etkiye sahip diğer sektör organlarının kontrolü altındadır. İnovasyon için sektör koşulları etkinlik ve teşvik sistemleri, özerklik (inovasyon yapmada sorumluluklar ve özgürlükler), liderlik ve kültür (inovasyonun gerçekleşmesi için gerekli davranış ve koşullar), kolaylaştırıcılar (inovasyon için kritik öneme sahip unsurlara erişim) olmak üzere dört bölümde incelenmiştir.

Firma düzeyinde inovasyon çeşitli şekillerde tanımlanabilir. Oslo Kılavuzunda (Data, 2005) inovatif bir firma, en az bir yeniliği uygulayan bir firmadır; ürün veya süreç yenilikçisi ise bu alanlarda inovasyon uygulayan bir firma olarak tanımlanır. Ayrıca firmalar fiilen bir inovasyonu uygulamaya koymadan da gelecekte uygulanması planlananlar da dahil olmak üzere inovasyon faaliyetine sahip olabilirler.

İnovasyon faaliyetleri ile firmalar rekabet avantajını elde etmek, maliyetlerini minimize etmek, yeni pazarlara girmek, verimliliğini ve kâr payını arttırmak, sektördeki imajını ve itibarını yükseltmek, ürün ve hizmetleri ile müşterilerinin hayatını kolaylaştırıp, memnuniyetlerini kazanmak ve müşteri sayısını arttırmak gibi amaçları vardır.

Oslo Kılavuzuna göre belirli bir dönem boyunca, inovasyon faaliyetleri üç türde olabilir (Data, 2005):

- Bir inovasyonun uygulanıp sonucunda başarılı olması (ticari olarak mutlaka başarılı olması gerekmez),
- Süregelen, henüz bir inovasyonun uygulanmasıyla sonuçlanmamış, devam etmekte olan çalışmalar,
- Bir inovasyonun uygulanmasından önce iptal edilmiş olan çalışmalar.

İnovatif firmalar bir dizi karakteristik özelliğe sahiptir (European Commission, 1995):

- Uzun vadeli perspektif; pazar eğilimlerini belirleme ve öngörme yeteneği; teknolojik ve ekonomik bilgileri bir araya getirme, işleme ve asimilasyon isteği ve becerisi gibi stratejik yetenekler.
- Riskten anlama ve riske hakim olma; çeşitli operasyonel departmanlar arasında dahili iş birliği ve kamu araştırmaları, danışmanlıklar, müşteriler ve tedarikçilerle harici iş birliği; firmanın tamamının değişim sürecine dahil edilmesi ve insan kaynaklarına yatırım yapılması gibi organizasyonel beceriler.

Firma düzeyinde inovasyon, kolay süreçlerle gerçekleşmemektedir. Süreç her adımda kişiler, kuruluşlar ve içinde buldukları ortamlar arasında önemli geri beslemeleri ve karmaşık etkileşimleri içermektedir (Elçi vd., 2008).

1.2. AR-GE KAVRAMI

Araştırma ve Geliştirme (AR-GE); insanlığın, kültürün ve toplumun bilgisi ile beraber bilgi stokunu artırmak ve bu bilgi stokundan elde edilen mevcut bilgilerden yeni uygulamalar geliştirmek amacıyla gerçekleştirilen yaratıcı ve sistematik çalışmaları içermektedir. (OECD Data, 2022).

AR-GE kavramının tanımı ve içeriği Frascati El Kılavuzu'nda (OECD, 2002) ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Bu kılavuza göre AR-GE; temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme gibi 3 faaliyeti kapsamalıdır. Firmalar, yeni bilgi edinmek ve araştırmayı belirli buluşlara veya mevcut tekniklerin modifikasyonlarına yönlendirmek için temel ve uygulamalı araştırmalar yapabilir. Temel araştırmalar, spesifik bir uygulama veya kullanım amacı olmaksızın deneysel veya teoriktir. Uygulamalı araştırmalar ise özgündür, spesifik bir pratik amaca ve yeni bilgiler elde etmeye yöneliktir. Deneysel geliştirme, bu araştırmalardan faydalanarak yeni ürün veya süreç konseptleri üretme veya diğer yeni metotlar geliştirme, mevcut olanları iyileştirme ve bunların uygulanabilir olup olmadığını değerlendirme faaliyetidir. Bu aşama; geliştirme ve test etmeyi, teknik işlevleri veya tasarımları modifiye etmek için ileri araştırmalar yapmayı içermektedir.

AR-GE önemli bir kavramdır. Bunun nedeni AR-GE ile firmalar, kurum ve kuruluşlar kendilerini diğer rakiplerinden ayırabilir; piyasada rekabet edip, öne çıkabilir ve daha fazla yatırımcı çekebilir; daha yüksek gelirler ve verimlilik elde edebilir; daha yüksek müşteri memnuniyeti ve sadakati sağlayabilir; müşteri tabanını genişletebilir; ürünlerinde ve hizmetlerinde farklılaşarak rakiplerinin kopyalaması zor ürünler ve hizmetler yaratmasına olanak tanıyabilir; öngörüler yaparak pazarlama stratejileri geliştirebilir.

AR-GE kavramını daha iyi anlamak için bu kavramın içerdiği süreçleri de incelemek gereklidir. Genel bir AR-GE sürecinin, klasik ürün geliştirme sürecinin basamakları ile tutarlı olduğu görülmektedir. AR-GE süreci basamakları şu şekildedir (Gulzar, 2015):

- ❖ Bir fikir üretme (Piyasayı araştırma ve ihtiyaçları belirleme)
- ❖ Fikirleri rafine etme (Fikirlere odaklanma ve hedefleri tanımlama)
- ❖ Temel araştırma (Hipotez kurma ve netleştirme; sentezleme ve teorileştirme)
- ❖ Uygulamalı araştırma (Fikirlere yönelik müşterinin tepkisini ölçmek için kavram testi araştırması yapma; ürünü tasarlama ve netleştirme)
- ❖ Geliştirme (Prototip geliştirme ve test etme)
- ❖ İnovasyon (Teknik buluşların geliştirilmesi ve pazarlanması)
- ❖ Ölçeği büyütme (Ürünün ticarileştirilmesi)

1.3. İNOVASYON VE AR-GE İLİŞKİSİ

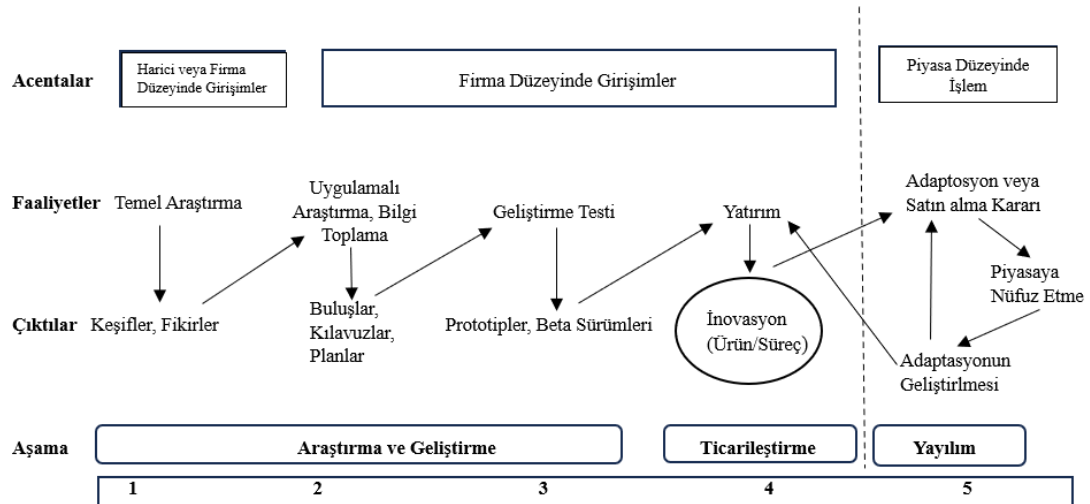
Araştırma ve geliştirme kavramı hem kurumsal hem de devlet sektörlerinde inovasyonla geniş ölçüde bağlantılıdır (Kenton vd., 2022). AR-GE faaliyetlerinin ana amacı bir inovasyon yaratmaktır. İnovasyonun tanımını yaparken yeni bir ürün, hizmet veya süreç üretmek ya da var olanın iyileştirilmesi olduğunu belirtilmişti. İşte bu bağlamda AR-GE faaliyetleri özellikle inovasyonları teşvik edip rekabetçi kalabilmede, maliyetleri minimize etmede, firmaların kendilerini farklılaştırıp, öne çıkarmalarında önemli bir rol üstlenmektedir. Araştırma, geliştirme ve yeni teknolojilerin kullanımı inovasyonun temel unsurlarıdır (European Commission, 1995) fakat inovasyonu AR-GE faaliyetleri ile sınırlı tutmak doğru değildir. Elçi (2006)'nin belirttiği üzere doğrusal inovasyon anlayışına göre ürün/hizmet pazara sürülür ve inovasyon faaliyeti son bulur. Ama

inovasyon günümüzde çok daha karmaşık, aşamaların birbirine geri besleme yaptığı, dinamik bir süreçtir. Bu nedenle inovasyonun süreçlerine bakmak ve göstergelerini incelemek önem teşkil etmektedir.

1.3.1. İnovasyon Süreci

İnovasyon süreci, belirli bir zaman dilimi içinde bir dizi organizasyon hedefine ulaşmak için tasarlanmış, yaratıcı ve yeni yaklaşımların izlendiği bir dizi stratejik adımdır (Owczarek, 2023). Başarılı bir inovasyon, entegre bir tasarım sürecini, yani işletmenin, ürünlerin ve yeni teknolojilerin tasarımında ve uygulanmasında entegrasyonu gerektirir. Böyle bir entegre tasarım çabası, iyi bir iş birliği ve tasarımların yönetimini gerektirir ve etkin bilgi yönetimi teknikleri ve araçlarıyla desteklenmelidir (Du Preez ve Louw, 2008). Greenhalgh ve Rogers (2010)'ın ortaya koyduğu inovasyon süreci modeli şu şekildedir (Şekil 2):

Şekil 2: İnovasyon Süreci Aşamaları



Kaynak: Greenhalgh ve Rogers (2010)

Şekil 2’de de görüleceği üzere bir ürün, hizmet veya sürecin bir inovasyon ortaya koyabilmesi için araştırma ve geliştirme, ticarileştirme, yayılım (difüzyon) aşamalarından geçmesi gerekmektedir. Sürecin ilk basamağı olan araştırma ve geliştirme aşamasında yeni keşifler ve fikirler ortaya konur, bilgiler toplanır, kılavuzlar ve planlar hazırlanır,

prototipler hazırlanır ve geliştirilir. Diğer basamak olan ticarileştirmede nihayet inovasyona ulaşılmış, yeni ürün, hizmet veya süreçler elde edilmiş olup, pazarlanabilir duruma gelmiştir. Son basamak olan yayılım aşamasında ise bu inovasyonların piyasaya sürülmesi başlamaktadır. Ayrıca bu aşamada piyasada bulunan diğer aktörler tarafından ürün, hizmet veya süreçlerin benimsenmesi gerçekleşmektedir. Ticarileştirme ve yayılım aşamaları arasında da geri beslemeler mevcuttur. Adaptasyonlar piyasaya nüfuz ettikten sonra da geliştirilebilir, bir yatırım alıp inovasyona tekrar dönüşebilir. Elçi (2006)'nin de belirttiği üzere doğrusal inovasyon anlayışının yerini, bu şekilde geri beslemelerin olduğu sistemik inovasyon yaklaşımları almaktadır. AR-GE'nin buradaki temel görevi yeni fikirler geliştirmek, bu fikirlerin ticarileştirilmesi ve yeni süreçlerin hayata geçirilmesi ile işletmenin para kazanma biçimini değiştirmektir. Böylece işletme uzun süre müşteri ihtiyaçlarını, isteklerini ve taleplerini karşılamada rekabetçi kalabilir.

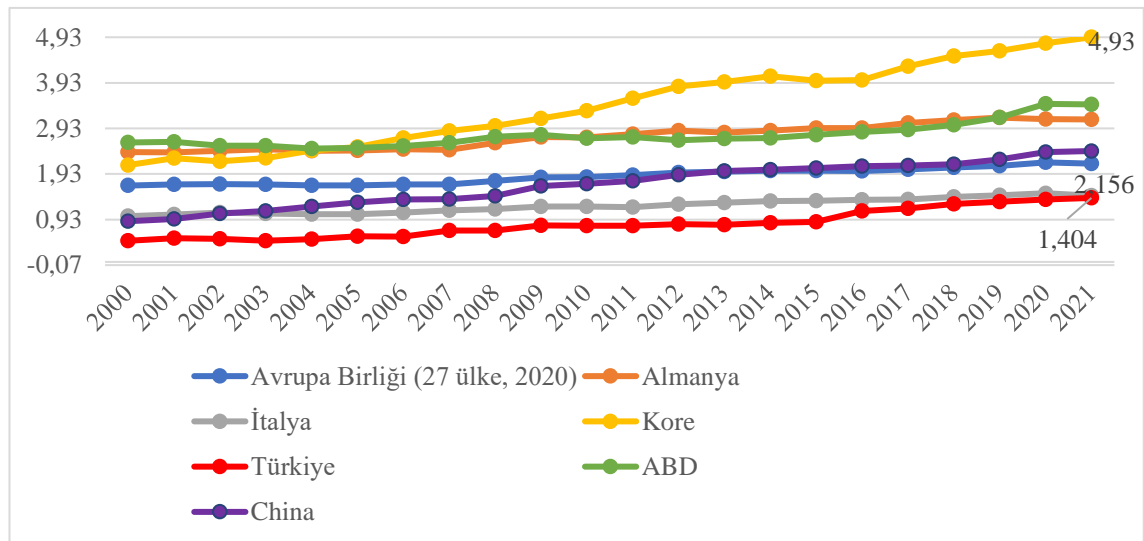
1.3.2. İnovasyon Göstergeleri

İnovasyon politika yapıcıları, inovasyon faaliyetlerini belirlemek için daha iyi göstergelerin nasıl geliştirileceği sorunuyla mücadele etmektedirler (Gault, 2013). İnovasyon çalışmalarında genellikle inovasyon göstergeleri olarak AR-GE, patentler veya ankete dayalı ölçümleri kullanılmaktadır (Lee, 2015). Görülüyor ki AR-GE'ye ek olarak, patent tabanlı göstergeler bir inovasyon çıktı ölçütü olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Jaffe vd., 1993; Cohen, 2010). Bu göstergeler daha ayrıntı incelendiğinde Şahinli ve Kılınç (2013) ve Tezcan (2018)'in da belirttiği üzere inovasyon ve AR-GE düzeylerinin ölçümünde kullanılan Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) içerisindeki araştırma-geliştirme harcamaları, finans kaynağına göre araştırma-geliştirme harcamaları, kişi başına düşen araştırma-geliştirme harcaması, araştırma-geliştirme çalışmalarında görev alan insan kaynağı (Tam Zamanlı Eşdeğer (TZE)), bilimsel yayın sayısı, patent başvuru ve tescil sayıları, teknolojik ürün ihracatı, lisans ve telif hakkı ücretleri, toplam faktör verimliliği, bilgi ve iletişim teknolojileri ihracatı, endüstri katma değeri gibi bazı ortak göstergeler olduğu görülmektedir.

Bu göstergelerin AR-GE ile ilişkili olan göstergeleri şunlardır: GSYH içerisindeki araştırma-geliştirme harcamaları ve araştırma-geliştirmede çalışan insan kaynağı sayısı.

GSYH içerisindeki araştırma-geliştirme harcamaları, bir ülkedeki bütün devamlı şirketleri, üniversite, araştırma enstitüleri ve devlet laboratuvarları vb. tarafından yürütülen araştırma-geliştirmeye yönelik toplam harcama (cari ve sermaye) şeklinde tanımlanmaktadır (OECD Data, 2022). AR-GE’de çalışan insan kaynağı sayısı ise doğrudan AR-GE faaliyetleri ile ilgilenen bütün kişileri ve doğrudan hizmet verenleri kapsamaktadır (Eurostat, 2022). Bunlar; AR-GE idarecileri, yöneticileri, teknisyenleri, büro personeli ve araştırmacılar olabilir. Bu göstergeler inovasyon faaliyetlerini teşvik etmesi ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir göstergesi olması açısından dikkat edilmesi gereken verilerdir. Hem dünya hem de Türkiye AR-GE verileri aşağıda incelenmektedir.

Şekil 3: AR-GE harcamasının GSYH içindeki payı

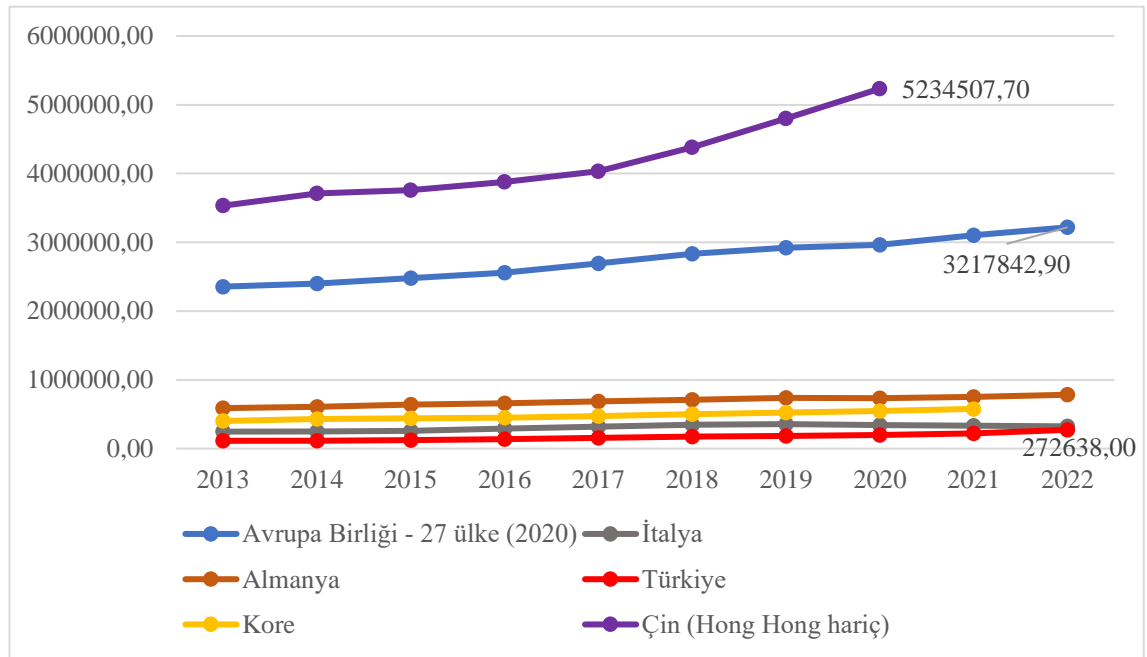


Kaynak: OECD Data (2022)

Şekil 3’te Türkiye ve bazı ülkelerin yıllar içindeki ve tüm sektörlerdeki mevcut AR-GE harcamalarının GSYH içindeki oranı yer almaktadır. Bu oran en son elde edilen verilere göre Türkiye için %1,40 ve İtalya için %1,45’ tir. Bu oran yıldan yıla artmış olsa da Avrupa Birliği (27 ülke) ortalamasının (%2,15) altında kaldığı görülmektedir fakat Kore (%4,93), ABD (%3,45), Almanya (%3,12) ve Çin (%2,43) gibi ülkelerin ayırmış olduğu pay çok daha yüksektir. Bu verilere göre ülkelerin teknoloji ve bilimdeki gelişmişlik seviyeleri hakkında yorum yapılabilir.

Şekil 4'te Türkiye ve bazı ülkelerin yıllar içindeki ve tüm sektörlerdeki mevcut AR-GE insan kaynağı tam zaman eş değeri (TZE) cinsinden sayısı yer almaktadır. Bu oran TÜİK (2022) verilerine göre Türkiye için 272.638 kişidir. Türkiye için sektör bazında değerlendirdiğimizde 172.593'ü özel sektörde, 9.627'si kamu sektöründe ve 90.418'i yükseköğretimde görev almaktadır. Avrupa Birliği'nde (27 ülke) ise bu sayı 3.217.842, Çin'de 5.234.507, Almanya'da 782.904, Kore'de 577.099 ve İtalya'da 322.982 kişidir. Her yıl bu değerler artarken, Çin hariç diğer ülkeler Avrupa Birliği'nin (27 ülke) altında kalmıştır. Bu veriler dikkate alınarak teknoloji ve bilimde çalışan insan gücü hakkında yorum yapılabilmektedir.

Şekil 4: AR-GE İnsan Kaynağı Sayısı (TZE)



Kaynak: Eurostat (2022)

İnovasyonların merkezi olan ve yeni teknolojilerin gelişmesini sağlayan AR-GE merkezleri ülkelerin uluslararası rekabet gücünü, inovasyon kapasitelerini ve verimliliğini arttırmakta, yüksek katma değerli ürünler/hizmetler üreterek ve uygun sanayi altyapıları oluşturarak bu inovasyonların ülke içinde yapılmasına olanak sağlamaktadır. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2023) istatistiki verilerine göre 2023

yılı kasım ayı itibariyle Türkiye’de faaliyette olan AR-GE merkezi sayısı 1.295’tir. 419 merkezle İstanbul, 142 merkezle Ankara, 134 merkezle Kocaeli, 133 merkezle Bursa ve 98 merkezle İzmir ilk beşte yer almaktadır. Destek personeli de dahil olmak üzere AR-GE merkezlerinde çalışan toplam personel sayısı 79.965’tir. Tamamlanan 58.973, devam etmekte olan 15.019 tane proje vardır. İşletme ortaklık yapısı yabancı veya yabancı ortaklı olan 229 tane AR-GE merkezi vardır. Sektörel olarak incelendiğinde teçhizat ve makine imalatı (171), otomotiv yan sanayi (134), yazılım (116), bilgisayar ve iletişim teknolojileri (87), tekstil (80) ilk sıralarda yer almaktadır.

2. BÖLÜM

PATENT

Tezin bu bölümünde patent kavramı hakkında bilgiler verilmektedir. Patent ve AR-GE ilişkisini inceleyen çalışmaların bir literatürü ve tablosu da bu bölümde yer almaktadır. Ayrıca patent ve inovasyon ilişkisi üzerinde de durulmaktadır.

2.1. PATENT KAVRAMI

Patent, bir şeyi yapmanın yeni bir yolunu sağlayan veya bir probleme yeni bir teknik çözüm yolu sunan genellikle bir ürün veya süreç olan bir buluş için verilen istisnai bir haktır (WIPO, t.y.). Diğer bir deyişle patent, sahibine buluşunun üçüncü kişiler tarafından izinsiz, ticari amaçla kullanılmasını engelleme hakkı veren, süresi sınırlı olan yasal bir ünvandır (EPO, t.y.). Patent kavramını daha iyi anlayabilmek için bazı kavramları bilmek önemlidir. Patent tanımı yapılırken sıklıkla tekrarlanmış olan buluş kavramı, teknik bir sorunu çözen yeni bir ürün veya süreçtir (De Icaza, 2007). Bu ürün ve süreçler tamamen yeni de olabilir, geliştirilmiş de olabilmektedir. Bir diğer önemli kavram ise fikri mülkiyet kavramıdır. Çünkü bir mucit başkalarını patentin sağladığı fikri mülkiyet haklarının ticari kullanımından hariç tutma hakkına sahiptir (Göktepe-Hulten ve Mahagaonkar, 2010). Fikri mülkiyet hakları, bir inovasyonun mucitlerine yaratıcı çabalarından veya itibarlarından ticari fayda elde etmelerini sağlamak amacıyla belirli münhasır haklar verilmesidir ve patent, telif hakkı, ticari marka, endüstriyel tasarımlar, coğrafi işaretler için çeşitli fikri mülkiyet koruması aranabilmektedir (Saha ve Bhattacharya, 2011).

Patentlerin önemli özelliklerinden biri çok iyi birer bilgi kaynağı olmalarıdır. De Icaza (2007) çalışmasında mucitlerin eğer bir patent başvurusunda bulunacak ise buluşları hakkında ayrıntılı bilgi vermek zorunda olduğunu belirtmektedir. Çünkü bu başvurular kamuya açık belgelerdir, herkes tarafından okunabilmektedir. Mucitler kendi alanlarındaki son gelişmeleri bu başvuru belgeleri ile takip edebilir ve yeni fikirler için ilham alabilirler. Yatırımcılar ve şirketler de yatırım yapabilecekleri buluşları ararken bu belgeleri okuyarak bilgi sahibi olabilirler.

Dünyada her ülkenin patent işlemlerini yürüten resmi ve yetkili olan patent daireleri vardır. Bunun nedeni her patentin yalnızca başvuru yapılan ülkede koruma sağlamasıdır. Eğer başka bir ülkede de koruma isteniyorsa o ülkeye başvuru yapılması gerekmektedir. Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO), uluslararası düzeyde fikri mülkiyet haklarının korumaya alınması ve düzenlenmesi amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Buluşun sadece kendi ülkenizde değil, Avrupa'da da almanızı sağlayan kurum Avrupa Patent Ofisi'dir (EPO). Amerika'daki yetkili kurum Amerika Birleşik Devletleri Patent ve Ticari Marka Ofisi'dir (USPTO). Türkiye'de ise bu kurum T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na bağlı Türk Patent ve Marka Kurumu'dur (TÜRKPATENT).

Bir buluşun patent koruma hakkı kazanabilmesi için bazı gereklilikleri karşılaması gerekmektedir: ortada bir buluş olmalı, bu buluş yeni olmalı, bir buluş derecesine sahip olmalı (buluş basamağını içermeli), endüstriyel uygulamaya müsait olmalı, hariç tutulan konular listesinde olmamalıdır (EPO, t.y.). Bu hariç tutulan, patent verilmeyen konular aşağıda listelenmektedir (PRV, 2023):

- Bir keşif, bilimsel teori veya matematiksel yöntem,
- Estetik bir yaratım,
- Zihinsel bir eylemde bulunmak, oyun oynamak veya iş yapmak için bir şema, kural veya yöntem, bir bilgisayar programı,
- Bir bilgi sunumu,
- İnsanlar veya hayvanlar üzerinde uygulanacak cerrahi veya terapötik tedavi veya teşhis prosedürü.

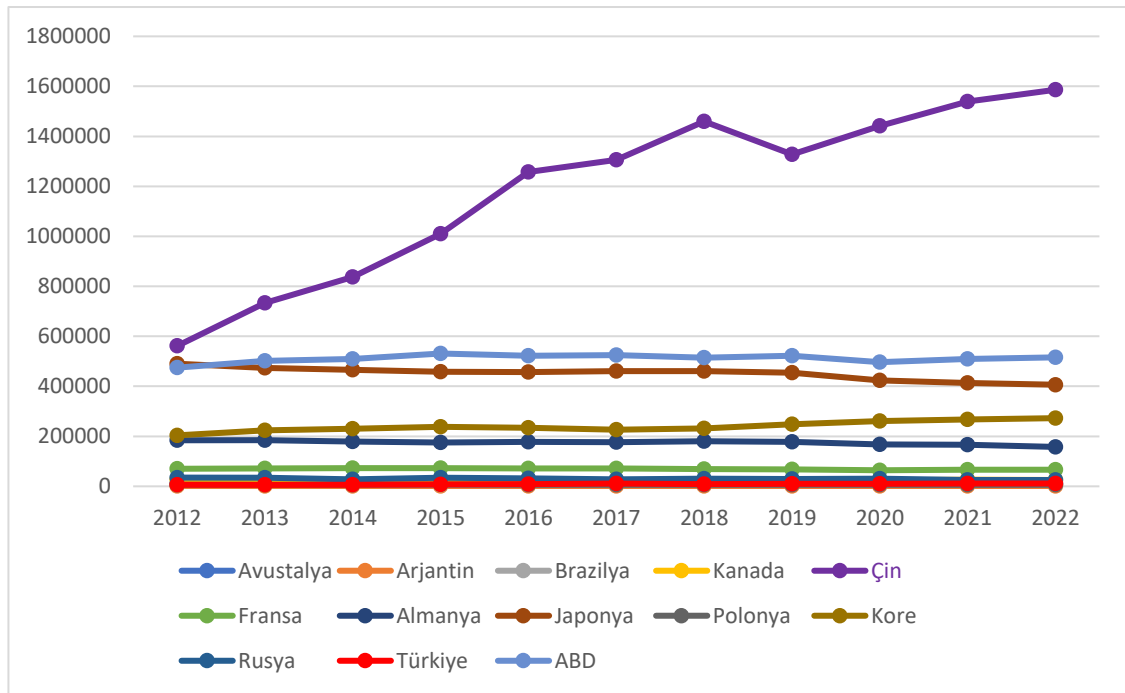
Sınai Mülkiyet Kanunu'na (2016) göre süresi uzatılmaksızın, patentin (incelemeli) koruma süresi başvuru tarihinden itibaren yirmi yıldır. İncelemesiz patentler için bu süre yedi yıl, faydalı model için on yıldır.

Patent başvurusunun tescil süreci başvuru, şekilsel olarak inceleme, araştırma, inceleme ve patent belgesini alma şeklinde olup, başvuru anından itibaren haklar kazanılır. Onay

alındığı vakit başvuru tarihinden itibaren koruma sağlanmaktadır (İstanbul Medeniyet Üniversitesi Patent Ofisi, 2024)

Patent kavramının ekonomilerin gelişmişlik düzeyleri ile arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. Raghupathi ve Raghupathi (2017) çalışmasında ülke düzeyinde inovasyonun başarısını belirleyen temel ekonomik faktörleri incelemektedir. OECD ülkeleri için 2000 ila 2010 yılları arasında ekonomik göstergeler ile inovasyon (patentlerle temsil edilen) arasındaki ilişkiyi araştırarak bu konuyu ele almıştır. Sonuç olarak ortalama ekonomik göstergelerin düşük olduğu ülkelerin, yabancılara ait patentlerin yüksek bir yüzdeye sahip olduğu görülmüştür. Bu ülkeler, inovasyona yönelik kaynaklarını ve tesislerini güçlendirmek için yabancı iş birliğine güvenmektedir. Şekil 5'te WIPO'nun 2012-2022 yılları arasında başvuru sahibinin menşesine göre toplam patent başvuruları yer almaktadır.

Şekil 5: 2012-2022 yılları başvuru sahibinin menşesine göre toplam patent başvuruları (Doğrudan ve Patent İş birliği Anlaşması Ulusal Faz Girişleri (PCT National Phase Entries))



Kaynak: WIPO IP Statistics Data Center (2023)

Şekil 5'e göre Çin bu konuda lider konumdadır. ABD, Japonya, Kore ve Almanya gibi gelişmiş ülkeler ise Çin'i takip etmektedir. Türkiye, Arjantin, Brezilya, Polonya gibi gelişmekte olan ekonomiler de bu lider ülkeleri arkadan takip etmektedir.

2.2. PATENT VE AR-GE İLİŞKİSİNİ İNCELEYEN ÇALIŞMALAR

İnovasyon sürecinin ilk basamağı olan araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin somut çıktılara yol açtığı ilk durum patent başvurusu yapılması ve bu patent başvurusunun konusu olan şeylerin sürekliliğinin garanti altına alınmasıdır. Ayhan (2002), patent sürecini bir fikrin doğumu ile başlayarak, yapılan AR-GE sonucunda ortaya çıkan inovasyonun patentlenmesi ile korumaya alınması şeklinde ele almaktadır. Bu AR-GE projeleri zamanla patentlere, ticari markalara veya şirkete kalıcı faydalar sağlayan çığır açan keşiflere yol açabilmektedir (Kenton vd., 2022). Daha önde de belirtildiği üzere inovasyon göstergelerinden olan araştırma-geliştirme harcamaları ve patent başvuru sayısı firmaların ve ülkelerin inovasyon düzeylerini ölçme konusunda oldukça önem kazanmaktadır. Bu nedenle literatür incelendiğinde AR-GE ve patent ilişkisinin konu olduğu birçok araştırma olduğu görülmektedir.

Pakes ve Griliches (1980) çalışmasında 121 orta ve büyük ABD firması patent için 1968-1975 yılları verileri, AR-GE harcamaları için 1963-1975 yılları verilerini kullanarak patent ölçütünün buluş faaliyetinin iyi bir göstergesi olup olmadığını AR-GE harcamalarıyla ilişkilendirerek incelemişlerdir. Çalışmada Panel Veri Analizi (iç boyutta) yapılmıştır. Sonuçta AR-GE ile firmalar ve endüstriler arasında kesitsel düzeyde alınan patent sayısı arasında oldukça güçlü bir ilişki olduğu görülmüştür.

Bound vd. (1982) ABD imalat sektöründeki 2582 firma ve yirmi yıllık bir süreyi kapsayan (1976 yılında Standard and Poor's Compustat yıllık endüstriyel dosyalarından elde edilen veriler) finansal değişkenler, istihdam, AR-GE harcamaları ve toplam patent başvuruları hakkında yıllık verileri içeren büyük bir panel veri setinin oluşturulmasını açıklamaktadır. Çalışmada Kesit Analizi (Cross-Section), Negatif Binom Modeli ve Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler Yöntemi (Non Linear Least Squares) kullanmıştır. Sonuç olarak, örneklem genelinde AR-GE yapan firmaların tamamı olmasa da bazılarının patent

aldığını ve iki faaliyet arasında güçlü bir ilişki olduğunu tespit edilmiştir. Küçük firmalar için AR-GE doları başına çok daha büyük bir patent çıktısı bulunmuştur. AR-GE programlarının büyüklüğü ve patent alma eğilimi arasında ters bir orantı olduğu görülmektedir.

Hingley (1997) çalışmasında 1963-1993 yılları için AR-GE harcamaları ile Avrupa Patent Sözleşmesi'ne (EPC) taraf ülkelere gelen patent başvurularının sayısı arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Çalışmada Zaman Serisi Regresyon ve Doğrusal Regresyon kullanılmıştır. Sonuç olarak EPC'ye taraf olan ülkelerde AR-GE harcamalarının gelecekteki patent başvuruları üzerinde olumlu bir etkisi olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur. Zaman serisi analizi transfer fonksiyonları, on üç ülkenin on tanesinde başarılı oldu ve ortalama zaman gecikmesi 3,6 yıl olarak tahmin edildi. Doğrusal regresyon analizi ise on üç ülkenin altısında başarılı oldu. Her ülke için en uygun model seçildiğinde, ortalama gecikme 3,7 yıl olarak tahmin edilmiştir.

Cincera (1997) teknolojik faaliyetlerin temel belirleyicileri ile patent başvuruları arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Bu faaliyetin ana belirleyicileri AR-GE harcamaları, teknolojik yayılmalar, teknolojik ve coğrafi fırsatlardır. 1983-1991 yılları ve 181 uluslararası büyük AR-GE firmasını kapsamaktadır. Patent ve AR-GE ilişkisinin özelliği, bağımsız değişkenlerin gecikmeli bir yapısına dayanmakta ve firmaların zaman içindeki patent alma davranışlarını açıklamaya çalışmaktadır. Çalışmada Genel Olay Sayımı Modeli (The General Event Count model), Poisson ve Negatif Binom, QGPML, CML ve GMM Tahmincileri gibi alternatif ekonomik modeller incelenmiştir. Sonuçta seçilmiş olan GMM panel veri yönteminin tahminleri, teknolojik faaliyette ölçüğe göre azalan getiri ve teknolojik yayılmaların firmanın kendi inovasyonu üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu göstermektedir. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin önemli bir eşzamanlı ve bir yıl gecikmeli etkilerine işaret etmekte, bu tür faaliyetlerin büyük kısmının patent başvurusundan önceki iki yıl boyunca gerçekleştirildiğini göstermektedir. Bu da patentleme faaliyetinin bilgi üretim sürecinin erken bir aşamasında gerçekleştiği sonucuna varılmasına yol açmaktadır. Ayrıca dış AR-GE, patent için bir teşvik sağlamaktadır.

Licht ve Zoz (1998) patentlerin tahsis edilebilirlik mekanizması olarak rolünü ve AR-GE harcamaları ile patentler arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Alman firmalarının Alman patent ofisine, EPO'ya ve USPTO'ya yapmış olduğu patent başvuru sayıları ile 1992 yılındaki AR-GE harcamalarını kapsamaktadır. Çalışmada Negbin Hurdle Modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak AR-GE yapan firmaların payının, firma büyüklüğü ile kesin bir şekilde arttığı görülmüştür. Bir firma ne kadar büyükse, birden fazla ülkede patent başvurusunda bulunma olasılığı da o kadar yüksektir. Ayrıca patentler ve araştırma-geliştirme arasında yakın bir ilişki olduğu bulunmuştur. Ölçek ekonomilerinin varlığına işaret edilmektedir. Patentler, firmaların ihracat stratejilerine bakıldığında da önemli bir rol oynamaktadır.

Kondo (1999) çalışmasında 1970'lerin başı ve 1980'lerin ortasına kadar Japon endüstrisinin en fazla patent alan 500 firmasının AR-GE ve patent fonksiyonunun dinamik mekanizmasını niceliksel olarak analiz etmektedir. Çalışmada Zaman Eğilimi Analizi (Time Trend Analysis) kullanılmıştır. Sonuçta patent başvuruları ile araştırma-geliştirme harcamaları arasında güçlü bir pozitif korelasyon ve 1,5 ila 1,7 yıllık bir zaman gecikmesi olduğu, bir patent başvurusu üretmek için ne kadar zaman ve harcamaya ihtiyaç duyulduğu, bu işlevin endüstriden sanayiye farklılık gösterdiği ve Japonya'da patent başvurusu oluşturmak için gereken AR-GE harcamalarının zamanla azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca 1990–1993 döneminde patentlenebilir buluşların %69'u patent başvurusuyla sonuçlanmıştır. Bu oran oldukça yüksektir ve patent başvurularının AR-GE çıktısının bir ölçüsü olarak kullanılması makuldür. Bir başka deyişle endüstri düzeyindeki bu analiz, AR-GE harcamalarındaki artışın Japonya'daki tüm endüstrilerdeki patent başvurularının sayısını artırdığını göstermiştir.

Meliciani (2000) araştırma ve yatırım faaliyetlerinin ülkeler, sektörler ve zaman içinde patentler üzerindeki etkisini tahmin etmektedir. Bu çalışma 1973-1993 yılları için 15 sanayi sektörünü ve OECD'ye üye 12 ülkeyi kapsamaktadır. Çalışmada Poisson ve Negatif Binom Dağılım Modeli kullanılmışlardır. Sonuç olarak yatırım faaliyetlerinin teknik değişime katkıda bulunduğu kabul edilmiştir. AR-GE harcamalarının olumlu rolü de teyit edilmiştir ancak esnekliği önceki çalışmalara göre daha düşüktür. AR-GE harcamalarının bilim temelli endüstrilerde patent üretmede daha etkili olduğu görülürken,

yatırımın tedarikçi ağırlıklı ve üretim yoğun sektörlerde daha önemli olduğu görülmektedir.

Prodan (2005) çalışmasında 1981-2001 yılları, OECD ülkeleri ve Orta Avrupa ülkeleri için patent başvuru sayısının AR-GE harcamalarına, özellikle de iş sektöründeki AR-GE harcamalarına bağlı olup olmadığını test etmek için bir model sunmaktadır. En Küçük Kareler Regresyon Analizleri kullanılmıştır. Çalışmada Doğrusal, Log-doğrusal ve Güç Modelleri kullanılmıştır. Logaritmik modelin doğrusal modelden daha kötü performans gösterdiği ve güç modelinin ise doğrusal modele benzer sonuçlar gösterdiği gözlenmiştir. Bu nedenle doğrusal regresyon analizinin sonuçlarına odaklanılmıştır. Patent başvuruları ve AR-GE harcamaları arasındaki zaman gecikmesi ise 1 yıl olarak alınmıştır. Bu çalışma sonucunda Patent başvuruları ve AR-GE harcamaları arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulunduğu, AR-GE yatırımının ülkeden ülkeye farklılık gösteren bir zaman gecikmeli patent başvuruları oluşturduğu, gelişmiş ülkelerdeki patent başvurularının sayısının AR-GE gayri safi yurtiçi harcamalarından ziyade iş sektöründeki AR-GE harcamalarına daha fazla bağlı olduğu ortaya konmuştur.

Patent süreci, patent verilmeden önce tamamlanması gereken resmi ve gayri resmi adımlardan oluşmaktadır (Davis ve Miller, 2000). Bu nedenle AR-GE harcamasının patente dönüşmesi için belirli bir süre gerekmektedir. Literatür incelendiğinde Hingley (1997) 3,6 ve 3,7 yıl, Cincera (1997) 2 yıl, Kondo (1999) 1,5 ila 1,7 yıl ve Prodan (2005) ise 1 yıl olarak zaman gecikmesini ele almaktadırlar.

Hunt (2006) çalışmasında firmaların AR-GE ve patent kararları arasındaki ilişkiyi Refah Analizi (Welfare Analysis) ile gösteren basit bir model geliştirmektedir. AR-GE ve patent yatırımlarının tamamlayıcı olması için gereken faktörler araştırılmaktadır. Çok fazla AR-GE yapan firmalar aynı zamanda daha fazla patent alma eğilimindedir. Ve normalde, AR-GE veya patent alma maliyetlerinin azaltılması, AR-GE'ye ek yatırımları teşvik edecektir. Ancak model sonucuna göre bu sezgi her zaman doğru olmamaktadır. Firmaların patentli buluşları arasında yeterli örtüşme olması gerekmektedir fakat bu bir teknolojinin doğasından kaynaklanabileceği gibi patentlerin hazırlanış ve incelenme şekliyle de kaynaklanabilir. Firmalar yeterince AR-GE yoğun olmalı ve patentler hem AR-GE

maliyetine hem de nihai çıktının değerine göre ucuz olması gerekmektedir fakat AR-GE ve patentlerin maddi maliyetlerine ve patentlenebilir buluşlar için gerekli standartlara bağlıdır. Bu tür ortamlarda firmalar, rakiplerinin buluşlarından elde ettikleri rantları vergilendirmek ve rakiplerinin benzer davranışlarını azaltmak için patent alma oranlarını artırırlar. Firmalar buna AR-GE yatırımlarını azaltarak yanıt verirler.

Bottazzi ve Peri (2007) çalışmasında 1973-1999 yılları, 15 OECD ülkesindeki patent başvurularını kullanarak AR-GE istihdamı ile bilgi üretimi arasındaki dinamik ilişkiyi tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada Dinamik Sıradan En Küçük Kareler ve Uzun Dönem Eşbütünleşme İlişkisi (Long-Run Cointegration Relation) yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuç olarak uzun vadede, uluslararası düzeyde üretilen bilginin bir ülkenin inovasyonuna önemli bir katkı sağladığı görülmüştür. Büyük bir ülkenin, kısa vadede bile diğer ülkelerin bilgi yaratması üzerinde göz ardı edilemeyecek bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Arora vd. (2008) ABD imalat sektöründe, 790 AR-GE biriminden oluşan 1991-1993 yıllarını kapsayan anket verileri kullanılarak, patentlenerek gerçekleştirilen bir inovasyonun değerindeki artışı tahmin edilmiş ve ardından bu primi değiştirmenin AR-GE üzerindeki etkisini analiz etmektedirler. Çalışmada Kesit Analizi (Cross-Section), İki Aşamalı En Küçük Kareler (2SLS) ve Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler (Nonlinear Ordinary Least Squares (Nonlinear OLS)) Regresyon analizleri kullanılmıştır. Sonuç olarak çoğu inovasyonun patentlenmeye değmemesine rağmen, patentlerin inovasyonların bir alt kümesi için değerli olduğunu ve patentlerin AR-GE için teşvik sağladığını göstermiştir. Ayrıca patent korumasının sadece birkaç sektörde ortalama olarak pozitif bir prim sağladığı tespit edilmiş olsa da sonuçlara göre primin sektörler arasında ve firma büyüklüğüne göre değiştiğini de göstermiştir. Patent koruması tüm imalat endüstrilerinde AR-GE'yi teşvik etmiş, ancak bu etkinin büyüklüğü önemli ölçüde değişkendir.

De Rassenfosse ve De La Potterie (2009) araştırma çabaları ile ülke düzeyinde patent başvuruları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. AR-GE ve patent ilişkisinin üretkenliğini ve eğilim bileşenini açıklayan ampirik bir model ortaya koymuş ve test etmişlerdir. Ampirik

analiz 2003 yılında, 34 ülkeden oluşan bir örneklem ile gerçekleştirilmekte ve 5 farklı bağımlı değişkene dayanmaktadır: ulusal patent ofislerindeki öncelikli başvuru sayısı, EPO ve USPTO'daki ilk başvurular da dahil olmak üzere düzeltilmiş öncelikli başvuru sayısı, üçlü başvuru sayısı, EPO ve USPTO'daki (öncelikli ve ikinci) başvuru sayısı. Çalışmada Kesitsel Regresyon (Cross-Sectional) kullanılmıştır. Sonuç olarak hem patent alma eğiliminin hem de araştırma üretkenliğinin araştırmacı başına düşen patent sayısındaki ülkeler arası farklılıkları açıklamada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Yurt içi öncelikli başvurulara dayalı göstergeler araştırma çabalarını yansıtır ve öncelikle patentlemeye yönelik değişen eğilimlerden etkilenir. Bu boyutlar da eğitim, fikri mülkiyet ve bilim ve teknoloji politikaları da dahil olmak üzere çeşitli politika araçlarının tasarımından büyük ölçüde etkilenmektedir. Buna karşılık uluslararası başvurular, özellikle üçlü patentler, araştırma verimliliğindeki farklılıkları yakalar.

Czarnitzki vd. (2009) çalışmasında 1993-2003 yılları, 122 firmanın “Araştırma” ya yapılan yatırımın “Araştırma”nın AR-GE'deki kısmı için bir prim (veya iskonto) gösterme olasılığı modellenmiştir. Çalışmada Birleştirilmiş Kesitsel Modeller (Pooled Cross-Sectional Models) ve Sabit Etkiler Panel Modelleri (Fixed Effects Panel Models) kullanılmıştır. Sonuç olarak patent- AR-GE ilişkisinin AR-GE'deki “Araştırma” kısmı için önemli bir primi kapsadığını bulmuşlardır fakat bu sektörler arasında değişebilir.

Danguy vd. (2010), patent başvurularındaki değişiklikler ile endüstri düzeyinde AR-GE harcamalarındaki değişiklikler arasında açık bir ampirik bağlantı kurmadaki başarısızlığı yeniden gözden geçirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma 19 yıl boyunca 19 ülkedeki 18 endüstriden oluşan benzersiz bir panel veri setine dayanmaktadır. Çalışmada Hata Düzeltme Modeli (The Error-Correction Model) kullanılmıştır. AR-GE harcamalarındaki artışın, patent başvurularına nasıl dönüştüğünü daha iyi anlamak için patent eğiliminin iki ana bileşene ayrılması gerektiğini iddia etmektedirler: uygunluk eğilimi (patenti alınan buluşların payı/ bir buluşun patentlerle korunup korunmadığı ile ilgilidir) ve stratejik eğilim (belirli bir buluşu korumak için başvuru patentlerin sayısı). İlk bileşen mevcut anket verileri ile ölçülürken, ikinci bileşen karmaşıklık veya patent dostu olma ölçütleriyle ölçülebilmektedir. Sonuçlar iki eğilim türü arasındaki ayrımın önemli olduğunu doğrulamaktadır. Çoğu patent ofisinde gözlemlenen patentlemedeki keskin artış,

inovasyondaki bir patlamadan ziyade patentlerin daha fazla küreselleşmesinden kaynaklanıyor gibi görünmektedir.

Kumazawa ve Gomis-Porqueras (2012) AR-GE akışlarının dünya genelindeki patent akışları üzerindeki etkisini ampirik olarak araştırmıştır. Bunu 1981-2006 yılları yerli ve yabancı kaynaklara göre ayrılmış hem patent hem de AR-GE harcaması verilerinden oluşan OECD ülkelerini kapsayan dengesiz bir panel veri kullanarak yapmışlardır. Çalışmada Dinamik Panel Regresyon kullanılmıştır. Sonuç olarak oldukça homojen bir grup ülke arasında bile patent ve AR-GE kaynaklarının önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kişi başına düşen yerli AR-GE'nin yalnızca EPC ülkeleri için kişi başına düşen yerli patentleri artırdığı görülmüştür. Kişi başına düşen yabancı AR-GE, toplam AR-GE'nin çok küçük bir bölümünü oluşturmasına rağmen, tüm ülkelerde kişi başına düşen yabancı patentleri artırmıştır. Ayrıca kişi başına düşen toplam AR-GE'nin Avrupa Birliği ülkeleri için kişi başına düşen toplam üçlü, USPTO ve EPO patentleri üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu görülmüştür.

Westmore (2013) kamu politikalarının ülke düzeyinde (19 OECD ülkesi) özel sektör inovasyonu ve yeni bilginin getirisi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Analiz, ticari araştırma ve geliştirmenin politika belirleyicileri, yeni patent sayısının politika belirleyicileri ve inovatif faaliyet ile çok faktörlü verimlilik arasındaki bağlantıyı değerlendirmektedir. İnovatif faaliyetlerin göstergesi olarak AR-GE harcamaları ve yeni patent sayısını dikkate almaktadır. Çalışmada Panel Regresyon kullanılmıştır. Analiz sonucunda AR-GE ile patentleme arasında ve inovasyon yoğunluğu ölçümleri ile çok faktörlü verimlilik büyümesi arasında ampirik bir bağlantı kurulmaktadır. Inovasyona özel politikaların (doğrudan devlet desteği, AR-GE vergi teşvikleri ve patent hakları), daha yüksek verimlilik artışıyla bağlantılı inovatif faaliyetlere ön ayak olma konusunda başarılı olduğu görülmektedir. Özellikle ürün piyasasının düzenlenmesi, ticarete açıklık ve iflas hükümlerinde borçlunun korunmasına ilişkin çerçeve politikalarının düzenlenmesinin yeni teknolojilerin yayılması açısından önemli olduğu tespit edilmiştir.

Licht ve Zoz (2013) farklı patent ofislerindeki (Almanya, Avrupa, ABD) AR-GE ve patent başvurularının firma büyüklüğü dağılımının ayrıntılı bir analizini yapmışlardır.

Çalışmada çeşitli Sayım Veri Modelleri (Count Data Models) kullanmış, AR-GE ile patentler arasındaki ilişkiyi firma düzeyinde ele almışlardır. En uygun modelin Negatif Binom Engel Modeli (Negative Binomial Hurdle Model) olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, AR-GE yapan firmaların payının firma büyüklüğüne göre sürekli arttığı görülmüştür. Patent başvurusu yapan firmaların payı, firma büyüklüğü arttıkça daha da hızlı bir artış göstermiştir. Büyük firmaların birden fazla ülkede patent başvurusu yapma olasılığı daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca araştırma-geliştirme ile patentler arasında yakın bir ilişki bulunmuştur. Belirli bir yılda bir ekonominin patent başvuru sayısındaki bir değişiklik, firmaların patent stratejisindeki bir değişikliğin sonucu olabilir ve ekonominin teknolojik yeteneklerindeki bir artışın sonucu olması gerekmez.

Danguy vd. (2014) çalışmasında 19 ülkedeki 18 endüstri için 1987-2005 yılları için patent başvurularındaki dünya çapındaki artışın kaynaklarına ışık tutmak için endüstri düzeyinde AR-GE ve patent ilişkisini aydınlatmayı amaçlamışlardır. AR-GE ve patent ilişkisinin iki boyutunu modellemişlerdir: araştırma çabalarının üretkenliği ve inovasyon başına patent sayısı olarak tanımlanan patent alma eğilimi. Patent alma eğiliminin kendisi iki boyuttan oluşur: bir buluşu patentle koruma kararı ve inovasyon başına patentli buluş sayısı. Çalışmada Hata Düzeltme Modeli (Error-Connection Model) ve Kısmi R^2 Modeli (Semi-Partial R^2 Model) kullanılmıştır. Sonuç olarak patent başvurularındaki farklılıkların sadece araştırma verimliliğindeki farklılıkları değil, aynı zamanda firmalar tarafından benimsenen ödenek ve dosyalama stratejilerindeki farklılıkları da yansıttığını göstermiştir. Ayrıca, birkaç patent ofisinde gözlemlenen patent patlamasının, araştırma verimliliğindeki artıştan ziyade fikri mülkiyet haklarının daha fazla küreselleşmesine atfedilebileceğini tespit etmiştir.

Meo ve Usmani (2014) araştırma-geliştirme harcamalarının patentler, yüksek teknoloji ihracatı ve araştırma yayınları üzerindeki etkisini Avrupa ülkeleri arasında karşılaştırmayı amaçlamıştır. 1996-2011 yılları için 47 Avrupa ülkesi dahil edilmiştir. Çalışmada Pearson Korelasyon Katsayısı kullanılmıştır. Sonuç olarak AR-GE harcamaları, üniversite ve bilimsel endeksli dergi sayısı, yüksek teknoloji ihracatı ve patentlerin çeşitli fen ve sosyal bilim konularındaki toplam araştırma dokümanı sayısı ile pozitif bir ilişkisi olduğu; ancak, kişi başına düşen GSYH ile araştırma sonuçları arasında bir ilişki bulunmadığı

ortaya konmuştur. Bu durum, bilgi temelli bir ekonomiye katkıda bulunan en önemli faktörlerin AR-GE harcamaları, üniversite sayısı, bilimsel indeksli dergiler ve araştırma yayınları olduğu ve bunların da patentlere, yüksek teknoloji ihracatına ve nihayetinde GSYH'ye katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Huňady ve Orviská (2014) çalışmasında 1999-2011 yılları için 26 AB ülkesini kapsayan veriler ile AR-GE harcamaları, ekonomik büyüme ve inovasyon arasındaki ilişkiyi ampirik olarak doğrulamayı amaçlamaktadır. Çalışmada Panel Veri Analizi kullanılmıştır. Sonuçta AR-GE harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmekle birlikte AR-GE harcamaları ile patent sayısı arasında ve AR-GE harcamaları ile bilimsel araştırmacı sayısı arasında pozitif bir korelasyon keşfedilmiştir.

Chang vd. (2015) Tayvan Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem gören 73 firmanın AR-GE, patent sayıları ve finansal performansları arasındaki ilişkileri incelemiştir. 2001-2012 yıllarını kapsamaktadır. Çalışmada Vektör Oto Regresyon (Vector Auto Regression (VAR)) modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak AR-GE harcamalarının, çeşitlendirilmiş endüstri özellikleri nedeniyle finansal performansları olumlu veya olumsuz olarak farklı şekilde etkileyebileceği görülmüştür. Ayrıca AR-GE harcamalarının olası etkilerini kontrol ederek, patent düzenlemelerinin firmaların finansal performansları için önemli olduğu belgelenmiştir.

Köse ve Şentürk (2017) patent ve AR-GE harcamalarının yanı sıra teknolojik ilerlemenin 1989-2012 yılları arasında Türkiye ekonomisinin büyümesine etkisini incelemiştir. Çalışmada Basit Regresyon Analizi, En Küçük Kareler Yöntemi, ADF Birim Kök Testi ve Nedensellik Testi uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre AR-GE harcamaları ile ekonomik büyüme arasında pozitif iki yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Ayrıca ekonomik büyüme ve teknolojik gelişme arasında anlamlı bir ilişki olduğu tespitine varılmıştır. Patent harcamaları ile ekonomik büyüme arasında ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Raghupathi ve Raghupathi (2017) teknoloji sektöründeki patentlerle temsil edilen ekonomik göstergelerin ülke düzeyindeki inovasyondaki rolünü analiz etmişlerdir. OECD

ülkelerini ve 2000-2010 yıllarını kapsamaktadır. İnovasyon göstergesi olarak yabancı yerleşiklerin sahip olduğu patentlerin oranı ve teknoloji sektöründeki her bir endüstrideki patent başvurularının sayısı yer almaktadır. Ekonomik göstergeler ise GSYH, gayri safi milli gelir, işgücü maliyeti, AR-GE harcamaları, reel asgari ücret, vergi geliri ve eğitime kayıtlı kişi sayısıdır. Analizde IBM Cognos kullanılmıştır. Çalışmada Avrupa kıtası için sektörlere (devlet, iş dünyası, yükseköğrenim, özel ve kâr amacı gütmeyen) göre patent başvuru sayıları ve AR-GE harcamaları incelenmiş olup, devlet ve yükseköğrenim sektörlerinin özel ve kar amacı gütmeyen sektörlerden daha yüksek AR-GE harcamalarına sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak düşük GSYH'ye sahip ülkelerin inovasyonunun yabancı iş birliğine dayandığı; eğitime kayıtlı kişi sayısının inovasyonu teşvik ettiği bulunmuştur.

Otomo (2017) ABD ve Avrupa Birliği'ni örnek alarak, patentlerin araştırma ve geliştirme harcamaları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Çalışmanın zaman aralığı 1990'ların ortalarından 2010'ların ortalarına kadardır. Çalışmada basit doğrusal regresyon modellerinden olan Popülasyon Regresyon Modeli (Population Regression Model) ve Çift-Log Regresyon Modeli (Double-Log Regression Model) kullanılmıştır. ABD ve AB'deki patent başvurularının ve AR-GE harcamalarının etkisini, firma büyüklüğünü, hükümetlerin müdahalelerini ve finansal performansı dikkate alınarak incelenmiştir. Sonuç olarak patentler, sayıları katlanarak artmasına rağmen AR-GE harcamalarında azalan marjinal getiriler yaratmaktadır. Patentlerin potansiyel yenilikçilere mali teşvik sağlamanın çok önemli bir parçasını oluşturması nedeniyle Ar-GE harcamalarına zarar verdiğini söylemek acelecilik olacaktır. Patentler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon vardır. Ancak AR-GE harcamalarının büyüklüğü, patent başvurusunun gerçek bir patent değil de hala bir başvuru olup olmamasına bağlıdır. Ayrıca patentlerin AR-GE harcamaları üzerinde azalan oranda artan bir etkiye sahip olduğunu, bu da AR-GE harcamaları üzerinde plato etkisine işaret ettiği varsayılabilir.

Altuzarra (2019) çalışmasında 1990-2013 yılları İspanyol imalat firmaları verilerini kullanarak AR-GE harcamaları ile patent tescilleri arasındaki bağlantı hakkında ampirik kanıtlar sunmayı amaçlamıştır. Çalışmada Granger Nedensellik Testi (Granger Causality Test) kullanılmıştır. Sonuç olarak hem geleneksel görüşü (AR-GE patentlere neden olur)

hem de ters nedensellik yaklaşımı (patentler AR-GE'ye neden olur) desteklenerek AR-GE ve patentler arasında çift yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Yüksek ve orta-yüksek teknoloji firmaları için çift yönlü bir ilişki için güçlü destek, düşük teknoloji firmaları için düşük bir destek bulunmuştur. Düşük-orta teknoloji firmaları için bu çift yönlülüğe dair bir kanıt bulunamamıştır.

Sözen ve Tufaner (2019) çalışmasında 1997-2016 yılları ve 25 OECD ülkesinin verileri ile araştırma-geliştirme harcamaları, patent başvuru sayısı ve yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Panel Veri Analizi yapılmıştır. Sonucunda ise araştırma-geliştirme harcamalarındaki bir artış hem yüksek teknolojili ürünlerin ihracatını hem de patent başvuru sayısını artırmıştır. Ayrıca patent başvuru sayısındaki artış ve yüksek teknolojili ürünlerin ihracatı ülkelerin AR-GE yatırımına daha fazla pay ayırmasına izin vermektedir.

Das (2020) AR-GE harcamasında en yüksek olan ilk 10 ülke ve 1996-2017 yılları araştırma-geliştirme harcamaları, patent sayısı ve kişi başına düşen kazanç artışı arasındaki uzun vadeli ilişkileri ve kısa vadeli dinamikleri daha ayrıntılı olarak araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada Vektör Oto Regresyon modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak bu üç değişken arasında uzun vadeli bir ilişki yoktur. Kısa dönemli ilişkiye bakıldığında, kişi başına düşen gelir artışının AR-GE payını olumlu yönde etkilediği, ancak AR-GE'nin patent sayısını etkilemediği tespit edilmiştir. Patent sayısı, gelir artış oranlarını da etkilememiştir. Ayrıca üçü arasındaki kısa vadeli etkileşimlerde patent sayısının ve kişi başına düşen gelir artışının AR-GE payına neden önem teşkil ettiğini göstermiştir. Bu da AR-GE harcamalarının birincil amacının icat edilen fikri mülkiyetin patent haklarını elde etmek olduğu anlamına gelmektedir.

Chen vd. (2021) çalışmasında 2001-2007 yılları, Çinli yüksek teknoloji imalat firmalarından oluşan bir örneklem kullanarak AR-GE'nin getirisini patent ve patent dışı kanallara ayırtmak ve patent değerini tahmin etmek için yeni bir yöntem önermeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Peters vd. (2017)'nin kullanmış olduğu PRVF modeli kullanılmıştır. Ancak iki değişiklik getirmişlerdir. Birincisi, patent sayımlarını inovasyon sonuçları için bir gösterge olarak kullanmışlardır. İkincisi, patentler koşullandırıldıktan

sonra bile üretkenliğin AR-GE'ye bağlı olmasına izin verilmiştir. Sonuç olarak, Peters vd. (2017)'nin elde etmiş olduğu Almanya'daki yüksek teknoloji firmalarının tahminlerinden çok daha düşük inovasyondan fayda sağladığını görmüşlerdir. AR-GE yatırımının faydalarının çoğunun patentsiz kanaldan kaynaklandığı da belgelenmiştir.

Gürler (2021) çalışmasında 38 OECD, 6 BRIICS ve Malezya, Singapur, Tayvan (Çin Taipei), Vietnam gibi ülke verileri ele alınarak 2020 yılı için yüksek teknoloji ihracatı ile toplam patent başvuruları, GSYH'nin payı olarak AR-GE harcamaları, araştırmacı ve doğrudan yabancı yatırım arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Pearson ve Spearman's Rho Korelasyon Testleri kullanılmıştır. Sonuç olarak yüksek teknoloji ihracatının patentler, doğrudan yabancı yatırımlar ve AR-GE harcamaları ile yüksek oranda pozitif korelasyon göstermektedir. OECD ülkeleri, gelişmekte olan ülkelere kıyasla yüksek teknoloji ihracatı ve patentler arasında daha yüksek pozitif korelasyona sahiptir. Gelişmekte olan ülkeler, OECD ülkelerine kıyasla yüksek teknoloji ihracatı ve AR-GE harcamaları arasında daha yüksek pozitif korelasyona sahiptir. Patentler ise yüksek teknoloji ihracatı, araştırmacı sayısı ve doğrudan yabancı yatırımlar, AR-GE harcamaları ile yüksek pozitif korelasyona sahiptir. Ülkeler doğrudan yabancı yatırım ile daha fazla küreselleştikçe, AR-GE'deki bir artış, uluslararası pazarlarda patent sayılarında ve yüksek teknoloji ihracatında artışla sonuçlanmaktadır. Gelişmekte olan piyasalarda ise sermaye eksikliği doğrudan yabancı yatırım ile telafi edilmekte ve araştırmacılar ile AR-GE harcamaları inovatif üretimin ana girdileri olmakta, böylece uluslararası piyasalarda yüksek teknoloji ihracatı ile sonuçlanmaktadır.

Ülke düzeyinde incelenen çalışmalarda genellikle panel veri analizi yapıldığı görülmektedir. Çalışmalarda ele alınan ülkeler genellikle OECD ülkeleri, Avrupa ülkeleri, EPC'ye taraf ülkeler ve ABD gibi gelişmiş ülkeleri kapsamaktadır. Firma düzeyinde incelenen çalışmalarda ise doğrusal regresyon modelleri, kesitsel modeller, en küçük kareler yöntemi gibi daha çeşitli modeller kullanılmıştır. Bu çalışmalarda ele alınan firmalar ise ABD, Almanya, Japonya, Avrupa gibi gelişmiş ülkelerde yer almaktadır. Endüstri düzeyinde yapılan çalışmalar ise daha kısıtlıdır.

İncelenen literatür Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Literatürde Patent ve AR-GE İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Yazar/Yıl	Düzyey	Örneklem	Çalışmanın Kapsadığı Yıllar	Çalışmanın Yöntemi
Pakes ve Griliches (1980)	Firma	121 orta ve büyük ABD firması	1968-1975/1963-1975	Panel Veri Analizi (Grup İçi)
Bound vd. (1982)	Firma	ABD'deki 2582 imalat firması	1976 (Yirmi yıllık)	Kesit Analizi (Cross-Section), Negatif Binom Modeli ve Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler Yöntemi (Non Linear Least Squares)
Hingley (1997)	Ülke	EPC'ye taraf ülkeler	1963-1993	Zaman Serisi Regresyon, Doğrusal Regresyon
Cincera (1997)	Firma	181 uluslararası imalat firması	1983-1991	Genel Olay Sayımı modeli (The General Event Count model), Poisson ve Negatif Binom, QGPML, CML ve GMM Tahmincileri
Licht ve Zoz (1998)	Firma	Alman firmaları	1992	Negbin Hurdle Modeli
Kondo (1999)	Firma	500 Japon imalat firması	1970'lerin başı ve 1980'lerin ortası	Zaman Eğilimi Analizi (Time Trend Analysis)
Meliciani (2000)	Endüstri	15 sanayi sektörü ve 12 OECD ülkesi	1973-1993	Poisson ve Negatif Binom Dağılım Modeli
Prodan (2005)	Ülke	OECD ülkeleri ve Orta Avrupa ülkeleri	1981-2001	Doğrusal (Linear), Log-doğrusal (Log-Linear) ve Güç (Power) Modelleri
Hunt (2006)	Firma	-	-	Refah Analizi (Welfare Analysis)
Bottazzi ve Peri (2007)	Ülke	15 OECD ülkesi	1973-1999	Dinamik Sıradan En Küçük Kareler (Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS)) ve Uzun Dönem Eşbütünleşme İlişkisi (Long-Run Cointegration Relation) yöntemleri

Tablo 1: Literatürde Patent ve AR-GE İlişisini İnceleyen Çalışmalar (Devamı)

Yazar/Yıl	Düzyey	Örneklem	Çalışmanın Kapsadığı Yıllar	Çalışmanın Yöntemi
Arora vd. (2008)	Firma	790 AR-GE birimine sahip ABD imalat firması	1991-1993	Kesit Analizi (Cross-section), İki Aşamalı En Küçük Kareler (Two-Stage Least Squares (2SLS)) ve Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler (Nonlinear Ordinary Least Squares (Nonlinear OLS)) Regresyon analizleri
De Rassenfosse ve de la Potterie (2009)	Ülke	34 ülke	2003	Kesitsel Regresyon (Cross-Sectional Regression)
Czarnitzki vd. (2009)	Firma	122 firma	1993-2003	Birleştirilmiş Kesitsel Modeller (Pooled Cross-Sectional Models) ve Sabit Etkiler Panel Modelleri (Fixed Effects Panel Models)
Danguy vd. (2010)	Endüstri	19 ülkedeki 18 endüstri	1987-2005	Hata Düzeltme Modeli (The Error-Correction Model)
Kumazawa ve Gomis-Porqueras (2012)	Ülke	38 OECD ülkesi	1981-2006	Dinamik Panel Regresyon
Westmore (2013)	Ülke	19 OECD ülkesi	1980'lerin ortalarından 2008'e kadar	Panel Regresyon (Panel Regression)
Licht ve Zoz (2013)	Firma	Almanya, Avrupa, ABD	1992	Negatif Binom Engel Modeli (Negative Binomial Hurdle Model)
Danguy vd. (2014)	Endüstri	19 ülkedeki 18 endüstri	1987-2005	Hata Düzeltme Modeli (Error-Connection Model) ve Kısmi R2 Modeli (Semi-Partial R2 Model)
Meo ve Usmani (2014)	Ülke	47 Avrupa ülkesi	1996-2011	Pearson Korelasyon Katsayısı

Tablo 1: Literatürde Patent ve AR-GE İlişkisini İnceleyen Çalışmalar (Devamı)

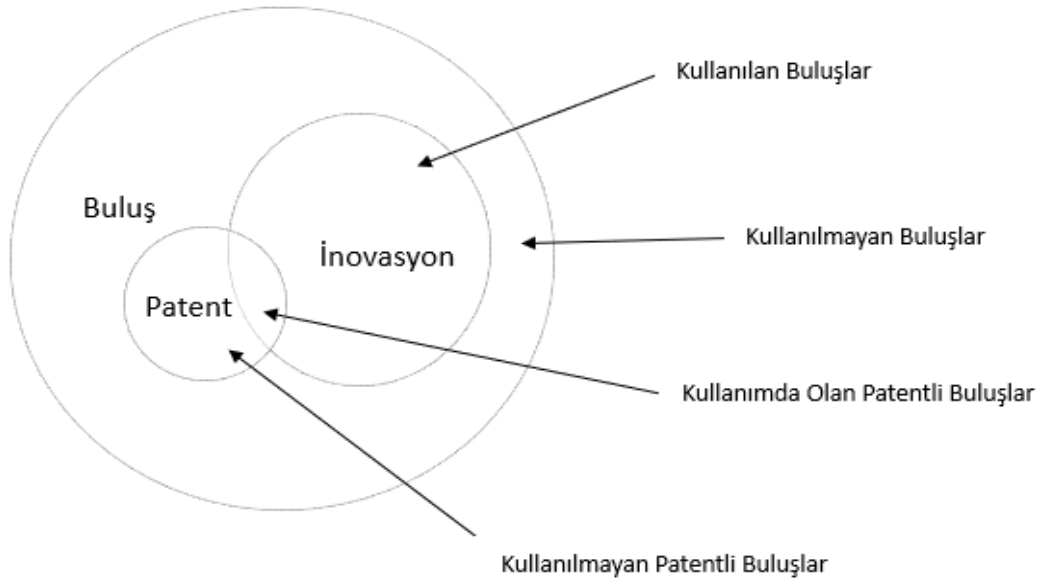
Yazar/Yıl	Düzyey	Örneklem	Çalışmanın Kapsadığı Yıllar	Çalışmanın Yöntemi
Huňady ve Orviská (2014)	Ülke	AB ülkeleri	1999-2011	Panel Veri Analizi
Chang vd. (2015)	Firma	73 firma	2001-2012	Vektör Oto Regresyon (Vector Auto Regression (VAR))
Köse ve Şentürk (2017)	Ülke	Türkiye	1989-2012	Basit Regresyon Analizi (Simple Linear Regression), En Küçük Karalar Yöntemi (Least Squares Method)
Raghupathi ve Raghupathi (2017)	Ülke	OECD ülkeleri	2000-2010	IBM Cognos
Otomo (2017)	Ülke	ABD ve AB ülkeleri	1990'ların ortalarından 2010'ların ortalarına kadar	Popülasyon Regresyon Modeli (Population Regression Model) ve Çift-Log Regresyon Modeli (Double-Log Regression Model)
Altuzarra (2019)	Firma	İspanya imalat firmaları	1990-2013	Granger Nedensellik Testi (Granger Causality Test)
Sözen ve Tufaner (2019)	Ülke	25 OECD ülkesi	1997-2016	Panel Veri Analizi
Das (2020)	Ülke	AR-GE harcamasında en yüksek olan ilk 10 ülke	1996-2017	Vektör Oto Regresyon (VAR)
Chen vd. (2021)	Firma	Çin yüksek teknoloji imalat firmaları	2001-2007	PRVF Modeli
Gürler (2021)	Ülke	38 OECD, 6 BRIICS ve Malezya, Singapur, Tayvan (Çin Taipei), Vietnam	2020	Pearson ve Spearman's Rho Korelasyon Testleri

2.3. PATENT VE İNOVASYON İLİŞKİSİ

Günümüzde patent temelli göstergeler teknolojik değişim oranını değerlendirmek, firmaların rekabetçilik düzeylerini ve endüstriyel yapıyı ölçmek veya bilimsel ilerlemeyi ve bilgi yayılımını değerlendirmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Danguy vd., 2010). Ayrıca patentler fikri mülkiyet haklarının korunmasında kusurlu araçlar olsalar bile, patentleme literatürde öne sürülen bir dizi nedenden dolayı rasyoneldir. Yeni teknolojinin lisanslanmasını kolaylaştırır, mahkemede dava açmak için bir destek oluşturur, firmaların sahip olduğu maddi olmayan sermayeyi yükseltir (firma devralma perspektifinde önemlidir) ve teknolojik iş birliğini destekler (Amdaoud vd., 2023). Patent ve patent sistemleri inovasyonu teşvik etme çabalarının odak noktasıdır (Shambaugh vd., 2017) fakat bu inovasyon göstergesi olarak kullanılan patentlerin kalitesi yıllardır sorgulanmaktadır (Griliches, 1998).

Patentleme, fikri mülkiyeti korumanın en önemli yolu olarak tanımlanmakta ve şirketler tarafından sürdürülebilir rekabet avantajı yaratmak amacıyla giderek artan bir şekilde stratejik bir varlık olarak kullanılmaktadır. Fakat Griliches (1998)'in de belirttiği üzere her buluş patentlenemez ya da tüm buluşlar patentli değildir. Bu nedenle patentleme, buluş ve inovasyon arasındaki ilişkiyi anlamak önemlidir. Basberg (1987) çalışmasında patentleme, buluş ve inovasyon arasındaki ilişkiyi Şekil 6'da olduğu gibi açıklamaktadır.

Şekil 6: Patentleme, Buluş ve İnovasyon Arasındaki Genelleştirilmiş İlişki



Kaynak: Basberg (1987)

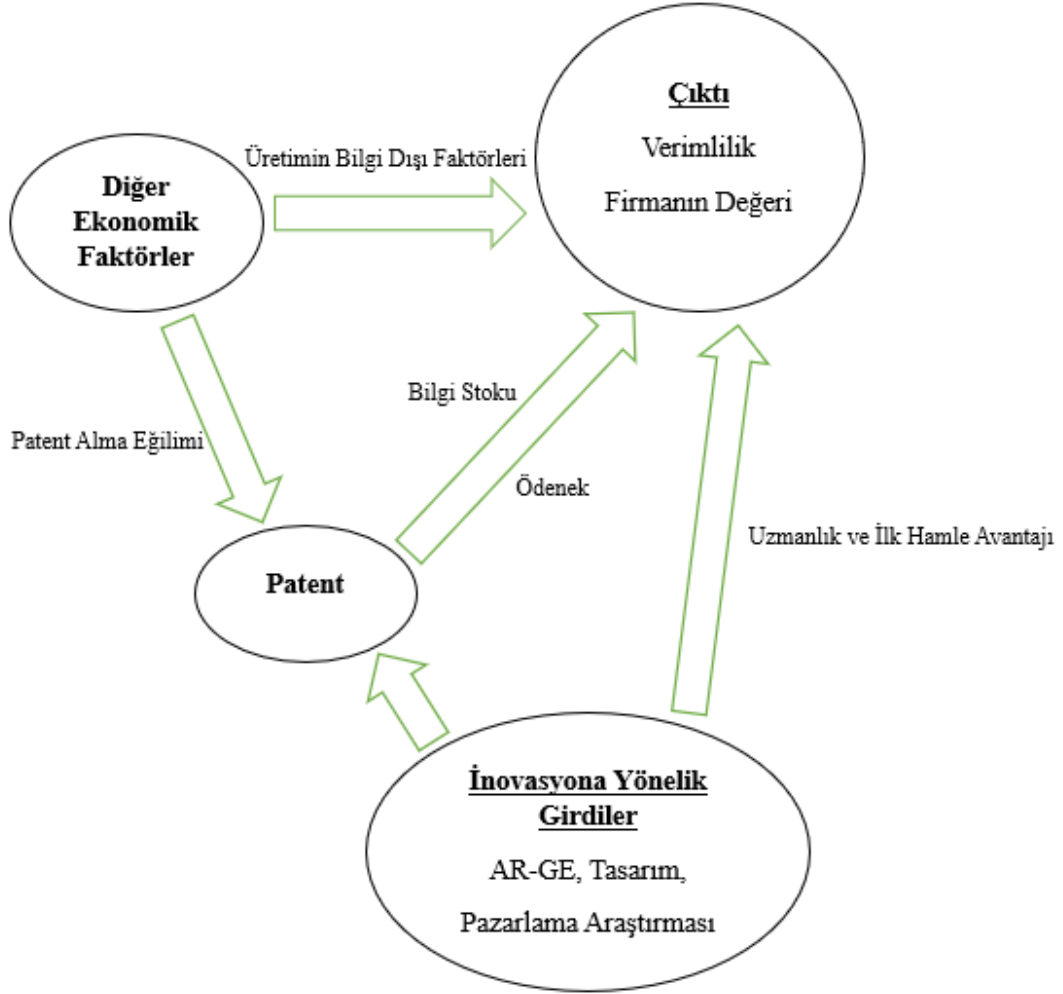
Şekil 6’da görüldüğü üzere buluşlardan yalnızca bazıları patentlenmiştir. Bu buluşların da çok daha az miktarı inovasyona dönüşecektir. İnovasyonların da bir kısmı patentli olacaktır. Patent verileri bazı inovasyonları içerecektir fakat aynı zamanda ticari değeri olmayan buluşları da içerecektir. Burada bazı sorunlara da değinmektedir. Patentleme ile inovasyon arasındaki mikro düzeydeki ilişkiye odaklanan daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca patent-inovasyon ilişkisinin firmalar arasında ve zaman içinde değişmesi durumu da endişe vericidir. Genel olarak veriler yönteme yönelik çekinceler ve eleştiriler yapıldıktan sonra, bunlar göz ardı edilerek kullanılmaktadır.

2.3.1. İnovasyon Göstergeleri

Patentler, AR-GE'nin girdi olduğu bilgi üretim fonksiyonunun bir çıktısı ve üretkenlik gibi bir firmanın performansını açıklamak için üretim fonksiyonuna bir girdi olarak ele alınmaktadır (Griliches, 1998). Bu nedenle inovasyon göstergelerinin bir çerçevesini

çizmek önem taşımaktadır. Nagaoka vd. (2010), Pakes ve Griliches (1984)'in “İnovasyon Göstergeleri Çerçevesini” yeniden düzenlemişlerdir (Şekil 7).

Şekil 7: İnovasyon Göstergelerinin Çerçevesi



Kaynak: Nagaoka vd. (2010)

Şekil 7'ye göre patentler, AR-GE ve diğer buluş faaliyetleri yoluyla üretilebilirler. Verimlilik ve piyasa değeri gibi performans değişkenleri tarafından belirlenen firma iş faaliyetleri için kullanılırlar. Tüm buluşların patentli olmaması nedeniyle AR-GE'den firmanın performansına (çıktı) doğrudan bir yol vardır (Uzmanlık ve İlk Hamle Avantajı). Bu buluşlardan elde edilen gelirleri tahsis etmek için gizlilik, karmaşık tasarım ve hızlı ürün geliştirme gibi alternatif araçlar mevcuttur. Ayrıca patentlerin tamamının firmaların

üretim fonksiyonuna girdi olarak kullanılmadığı da tespit edilmiştir. Bir firmanın patentlerinin yalnızca yarısı ya kendi bünyesinde, firma için kullanılmakta ya da başkalarına lisans verilmektedir. Patentlerin geri kalan yarısı ise stratejik ve diğer sebeplerden dolayı alınmaktadır. Bu nedenle, tüm patentler “bilgi stoku” olarak değerlendirilmez ve bazıları yalnızca ödenek olmaya hizmet eder. Bu da patent veren firmanın çıktısını ve değerini etkiler. Patentleme, piyasa fırsatlarına ve bir firmanın tamamlayıcı varlıklarının boyutuna özgüdür. Bunun nedeni bir firmanın patentleme eğiliminin, patentlemenin karlılığı ile artmasıdır.

Günümüz çalışmalarında inovasyon göstergelerinin neler olduğu incelendiğinde Ponta vd. (2021) firmaların inovasyonunun farklı yönlerini nicel olarak özetlemeyi mümkün kılan, çok boyutlu, hızlı ve kullanımı basit İnovasyon Patent Endeksi adı verilen yeni bir inovasyon performansı ölçüsü sunmaktır. İnovasyon göstergesi olarak patent sayısı ve patent özelliklerinden oluşan beş gösterge tanımlanmıştır: verimlilik (standartlaştırılmış patent sayısı), zaman (en yeni ve en eski patentın yayınlanma tarihi arasındaki ay sayısı), çeşitlilik (her patentın IPC sınıflarının sayısı), kalite (geriye dönük atıf sayısı), uluslararasılaşma (bir patentin coğrafi uzantılarının sayısı). Bir patentin aldığı ileri atıfların sayısı, inovasyon performansının bir göstergesi olarak kabul edilirken; diğer özellikler inovasyon performansının potansiyel olarak açıklayıcısı olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak inovasyon performansı ölçümü için İnovasyon Patent Endeksi'nin doğrudan, basit ve aynı zamanda ileriye dönük bir araç olduğu söylenebilir. Taques vd. (2021) ise inovasyon ile ilgili en önemli noktalardan birinin ölçümü için uygun göstergelerin kullanılması olduğunu belirtmişlerdir. Taques'e göre girdi göstergeleri firma tarafından bir tür manipülasyona maruz kalabilirken, çıktı göstergeleri kontrol edilemez ve öngörülemesiz olma eğilimindedir. İnovasyon göstergelerini girdi, aracı ve çıktı olmak üzere 3 bölümde incelemektedirler (Tablo 2).

Tablo 2: İnovasyon Göstergeleri

Tür	Gösterge
Girdi	AR-GE giderleri
	AR-GE yapan çalışan sayısı
	Dış inovasyona yönelik AR-GE dışı harcamalar
	Yükseköğrenim mezunu, yüksek lisans ve doktora derecesine sahip çalışanlar
	Beceri geliştirme eğitimi
	Nitelikli eleman eksikliği
	Teknolojik olmayan değişikliklerin miktarı
	Bilgi kaynaklarının miktarı
	BİT harcamaları
	Müşteri duyarlılığının olmaması
	Uygun finansman kaynaklarının bulunmaması
Aracı	Patent yayını
	Patent talepleri
	Patent başvurusu
	Marka sayısı
	Başvurusu yapılan marka sayısı
	Başvurusu yapılan tasarım sayısı
Çıktı	İnovatif veya taklit ürünlerin satışı
	İnovatif ve taklit ürünlerin satışı
	Yeni ürün duyurusu
	Bilgi yoğun faaliyetlerde bulunan kişiler
	Araştırma döneminde inovasyonun korunması
İnovasyonun tanıtımı	

Kaynak: Taques vd. (2021)

Tablo 2'ye göre girdi göstergeleri, şirketin inovasyon çabalarını temsil eder, yani harcamalar, insan sermayesi tahsisi veya inovatif girişimler hakkında mevcut bilgileri içerir. Aracı göstergeler özellikle mülkiyet haklarını korumaya yöneliktir. Ayrıca bilginin kamuya açık olması ve inovasyon türlerine ilişkin en üst düzeyde ayrıntı gibi özellikleri gösterir. Çıktı göstergeleri, yenilikçi sonucun farklı yönlerini ölçebilir, yani üretilen yeniliğin derecesini ve genellikle sonuçla bağlantılı departmanı belirler. Patentler inovatif üretimde ulaşılan seviyeleri temsil eder. Patent yayınları, firma performansının karşılaştırılmasına izin verir. Patent talepleri ve başvurusu, yeni ürünler veya süreçler için

fikirleri uygun şekilde ölçer, yani patentin uygunluğunu gösterir. Bir patentin sonraki patentlerde ne derece alıntılındığını da gösterir. Çünkü patent tescili için önceki patentlerden bahsedilmelidir. Patent atıfları ise inovatif bir ürünün kalitesinin göstergesidir. Sonuç olarak inovasyonu hem girdi hem de çıktı perspektifinden (aracı) ölçmeyi amaçlayan çalışmalar, gerçek inovasyon sonuçlarına yaklaşım açısından şu ana kadar en doğru olanlardır.

Patent verilerinin kullanılmasıyla ilgili bazı sorunlara rağmen, patent istatistiklerinin inovasyonun önemli bir ekonomik göstergesi olmasının ve dolayısıyla akademik ekonomistlerin bu tür istatistiklerle büyülenmesinin en az üç nedeni vardır (Hasan ve Tucci, 2010). İlk olarak patentler, patent veri tabanları nedeniyle devralanların geçmişi ve faaliyetleri hakkında ayrıntılı bilgi içeren kamuya açık belgeler olması anlamında daha erişilebilir ve daha zengindir. İkincisi, patentler yaratıcı bir sürecin çıktısı olarak görülebilir ve AR-GE faaliyetlerini ve üretkenliği birbirine bağlayabilir. Son olarak, patent verilerini kullanarak, inovasyon faaliyetlerinin hem nicel hem de nitel ölçütlerini oluşturmak mümkündür ve araştırmacılar, teknoloji değişikliklerinin yayılma etkilerini daha iyi ölçmek için belirli koşullar altında atıf kayıtlarını izleyebilirler.

2.3.2. İnovasyonun Ölçümü Olarak Patentler

Literatür incelendiğinde inovasyon performansını izlemek için kullanılan patentlerin, analizlerde bazen girdi bazen çıktı bazen de hem girdi hem de çıktı (aracı) olarak kullanıldığı görülmektedir. Literatürde inovasyonun ölçümü için patent ile ilgili verilerin kullanımı ile ilgili çalışmalar Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3: Literatürde İnovasyonun Ölçümü için Patent ile ilgili Verilerin Kullanımını İnceleyen Çalışmalar

Patentlerin Kullanımları:	İncelenen Makaleler:
Girdi	Crosby (2000), Nagaoka vd. (2010), Kelly vd. (2021).
Çıktı	Basberg (1987), Acs vd. (2002), Hagedoorn ve Cloudt (2003), Lanjouw ve Schankerman (1999, 2004), Atun vd. (2007), Wagner (2007), Hasan ve Tucci (2010), Svensson (2015), Arora vd. (2016), Lhuillery vd. (2017), Kogan vd. (2017), Shambaugh vd. (2017), Tajaddini ve Gholipour (2021), Amdaoud vd. (2023), Hegde vd. (2023).
Aracı (Girdi ve Çıktı)	Rogers (1998), Griliches (1998), Katila (2000), Beneito (2006), Haščič ve Migotto (2015), Janger vd. (2017), Taques vd. (2021).

Rogers (1998) inovasyonun ölçümünün, inovatif faaliyetlerin doğası gereği kapsamının geniş olması nedeniyle zor olacağını belirtmiş ve iki kategori altında incelemiştir. İnovatif faaliyetin temel çıktı ölçüsü firmanın başarısıdır. Ayrıca yeni veya geliştirilmiş ürünlerin veya süreçlerin tanıtılması, yeni veya geliştirilmiş ürünler veya süreçlerden elde edilen satış yüzdesi ve fikri mülkiyet istatistikleri de çıktı ölçütleridir. İnovatif faaliyetin girdi ölçülerinin başında en yaygın olarak kullanılan gösterge AR-GE harcamalarının düzeyidir. Fikri mülkiyet istatistikleri, başka firmalardan veya kurumlardan teknoloji satın alımları, yeni ürünler veya süreçlerle ilgili donanımlı hale getirme, endüstri mühendisliği ve üretime başlama harcamaları, maddi olmayan duran varlıklar ve yeni ürünler için pazarlama harcamaları da girdi ölçütlerindedir. Fikri mülkiyet istatistikleri patentleri, ticari markaları ve tasarımları içermektedir. Rogers (1998) çalışmasında patentleri aracı olarak kullanmıştır. Crosby (2000), ülke düzeyinde patent verilerini, bir ekonomide üstlenilen inovasyon miktarını yönlendirmek için kullanmıştır. Acs vd. (2002) patentli buluşların ölçümünün inovatif faaliyetin mükemmel olmasa da oldukça iyi bir temsilini sağladığını ve patentlerin dolaylı bir inovasyon göstergesi olduğunu belirtmektedirler. Hagedoorn ve Cloudt (2003), AR-GE girdilerinin inovatif çabanın makul bir göstergesi ve patentlerin inovatif çıktının kabul edilebilir bir göstergesi olabileceğini, patent atıflarının inovatif çıktının kalitesini ölçmek için kullanılabileceğini ve yeni ürün duyurularının ürün inovasyonunun seviyesini gösterebileceğini ortaya çıkarmıştır. Beneito (2006), inovasyon göstergelerini girdi ve çıktı olarak ele almaktadır. Girdi göstergeleri ile ilgili olarak bilgi üretimini çıkış noktası olarak tanımlamaktadır.

İnovasyon girdilerinin inovasyon çıktısına ulaşmadaki başarısı konusunda çıktının, inovasyon sonuçlarının bazı göstergeleri ile ölçüldüğü ve girdinin esas olarak AR-GE sermayesi veya AR-GE harcamaları olduğu bir bilgi üretim fonksiyonu çerçevesinde analiz edilmesidir. Çıktı göstergeleri olarak patentler, patent atıfları, yeni ürün duyuruları ve doğrudan inovasyon anketlerinden elde edilen veriler ele alınmaktadır. Ayrıca “inovatif içerik” temelinde faydalı modeller inovasyon çıktısının alternatif bir ölçüsü olarak düşünülmüştür. Atun vd. (2007)’de patentleri fikri mülkiyetin bir parçası olarak inovasyon çıktısının en yaygın kullanılan ölçütlerinden biri olduğunu belirtmiştir. Ayrıca birçok endüstride özellikle AR-GE yoğun olanlarda fikri mülkiyet ürün geliştirme için temel yapı taşı ve yatırım kararları için kritik bir belirleyicidir. Fikri mülkiyeti koruyan bir ortam, mucitleri ve kuruluşları teknolojik inovasyon için AR-GE’ye kaynak yatırmaya teşvik eder. Svensson (2015), patentleri AR-GE çıktısının bir ölçüsü olarak, AR-GE’yi ise inovatif faaliyetlerin girdisinin bir ölçüsü olarak tanımlamaktadır. Lhuillery vd. (2017) inovasyon ölçümlerini, inovasyon üretimine girdi olarak kabul edilen faktörler ve inovasyon sürecinin çeşitli çıktıları olmak üzere ikiye ayırarak incelemiştir. AR-GE ve AR-GE dışı faaliyetler (AR-GE dışı maliyetler ve bağlantılar, maddi olmayan varlıklar ve akıllı faaliyetler, bilgi yönetimi uygulamaları) inovasyon girdileridir. İnovasyon çıktıları da doğrudan ve dolaylı olarak ayrılmıştır. İnovasyon anketi, temel doğrudan bir inovasyon çıktı göstergesi ve aynı zamanda dolaylı bir ölçümdür. Dolaylı inovasyon anketi özellikle patentler, faydalı modeller, ticari markalar, endüstriyel tasarımlar ve telif haklarıyla ilgili bilgiler toplamıştır. Dolaylı inovasyon çıktıları ise fikri mülkiyet birimi kayıt verileridir (patent bibliyografik bilgileri, ticari marka birimi kayıt verileri). Janger vd. (2017) AR-GE, insan kaynakları, araştırma altyapıları ve mevcut bilgi birikimi inovasyon girdileri olarak, patentleri ara çıktı olarak, ürün ve süreç inovasyonlarının sayısı, inovasyon getiren firmaların payı ise inovasyon çıktıları olarak ele almaktadır. Taques vd. (2021), inovasyon ile ilgili en önemli noktalardan birinin ölçümü için uygun göstergelerin kullanılması olduğunu belirtmişlerdir. Girdi göstergeleri firma tarafından bir tür manipülasyona maruz kalabilirken, çıktı göstergeleri kontrol edilemez ve öngörülemez olma eğilimindedir. Girdi göstergeleri, şirketin inovasyon çabalarını temsil eder, yani harcamalar, insan sermayesi tahsisi veya inovatif girişimler hakkında mevcut bilgileri içerir. Aracı göstergeler özellikle mülkiyet haklarını korumaya yöneliktir. Ayrıca bilginin kamuya açık olması ve inovasyon türlerine ilişkin en üst düzeyde ayrıntı gibi

özellikleri gösterir. Çıktı göstergeleri, yenilikçi sonucun farklı yönlerini ölçebilir, yani üretilen yeniliğin derecesini ve genellikle sonuçla bağlantılı departmanı belirler. Patentler inovatif üretimde ulaşılan seviyeleri temsil eder. Patent yayınları, firma performansının karşılaştırılmasına izin verir. Patent talepleri ve başvurusu, yeni ürünler veya süreçler için fikirleri uygun şekilde ölçer, yani patentin uygunluğunu gösterir. Bir patentin sonraki patentlerde ne derece alıntılandığını da gösterir. Çünkü patent tescili için önceki patentlerden bahsedilmelidir. Patent atıfları ise inovatif bir ürünün kalitesinin göstergesidir. Sonuç olarak inovasyonu hem girdi hem de çıktı perspektifinden (aracı) ölçmeyi amaçlayan çalışmalar, gerçek inovasyon sonuçlarına yaklaşım açısından şu ana kadar en doğru olanlardır.

3. BÖLÜM

NANOTEKNOLOJİ

Bu çalışmanın bu bölümünde nanoteknoloji kavramı, nanoteknoloji ve inovasyon ilişkisi, nanoteknoloji inovasyonları ve uygulama alanları incelenmektedir. Web of Science üzerinden 2012-2023 yılları arasında Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayın sayısı ve üniversitelere göre dağılımları hakkında güncel veriler yer almaktadır. Ayrıca nanopatent kavramı incelenerek, nanoteknoloji patent başvuru sayıları ve ülke ekonomilerinin nanoteknoloji ile ilgili patentlerdeki payı ile ilgili güncel veriler paylaşılmaktadır.

3.1. NANOTEKNOLOJİ KAVRAMI

Nesneleri nanometre ölçeğinde gözlemlene, ölçme, işleme ve üretme yeteneği olan nanoteknoloji, uzunluğu 10^{-9} (metrenin milyarda biri) olan bir SI (Système International d'Unités) birimidir (Mongillo, 2007). Atomların ve moleküllerin boyutu gibi oldukça küçük bir değeri ifade etmektedir. Örneğin, insan saçının bir teli yaklaşık olarak 75.000 ila 100.000 nanometre, bir toplu iğne başı yaklaşık 1 milyon nanometre ve bir parmaktaki tırnak yaklaşık olarak 10 milyon nanometre çapında genişliğe sahiptir (Mongillo, 2007). Bu örnekler nanoteknolojinin boyutu hakkında daha iyi bir fikir edinmemizi sağlayabilmektedir.

“Nanoteknoloji” kavramı ilk olarak 1974’te “On the Basic Concept of Nanotechnology” adlı makalede Japon Norio Taniguchi tarafından kullanılmıştır. Aslında nanoteknoloji ilk başta 1959 yılında “There’s plenty of Room at the Bottom” adlı konuşmasında tanınmış fizikçi Richard Feynman tarafından nanoteknolojiyi besleyen terim ve olaylara değinildiğinde duyulmaya başlanmıştır.

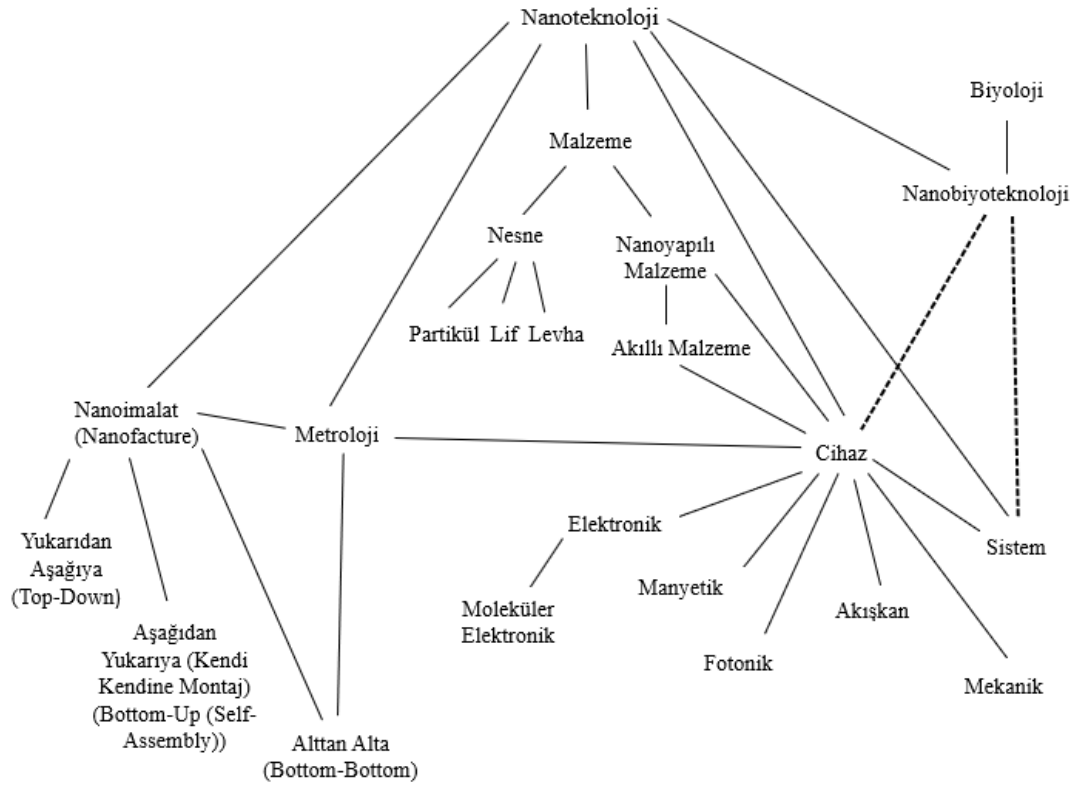
Ramsden (2016), genel olarak “nanoX” olarak ifade edilebilecek nano ile başlayan her kelimenin “nanoölçek X” olarak tanımlanabileceğini belirtmiştir. Bu nedenle nanoölçeği tanımlamadıkça nanoteknolojinin ne olduğu doğru şekilde ifade edilememektedir.

Nanoölçeğin kapsamı 1 ila 100 nanometre aralığındadır. Bu sınırlar kesin mi yoksa yaklaşık olarak mı kabul edilmesi gerektiği hala tartışmalı konulardan biridir.

Literatürde çok fazla nanoteknoloji tanımı mevcut olmakla birlikte genellikle Ulusal Nanoteknoloji Girişimi'nin tanımı sıklıkla kullanılmaktadır. Nanoteknoloji tanımının şu özelliklerin hepsini kapsaması gerekmektedir: Yaklaşık olarak 1 ila 100 nanometre aralığındaki uzunluk ölçeğinde atomik, moleküler veya makro moleküler seviyelerde araştırma ve teknoloji geliştirme, küçük ve/veya orta boyutları nedeniyle yeni özelliklere ve fonksiyonlara sahip sistemlerin, yapıların ve aygıtların oluşturulması ve kullanılması, atomik ölçekte kontrol etme veya manipüle etme yeteneği (Nanoteknoloji, 2019). Nanoteknoloji birçok farklı teknoloji türünü kapsamaktadır fakat nanoteknolojiyi kolektif anlamda kullanmamak için hiçbir neden yoktur. Bunun nedeni bu farklı teknoloji türlerinin hepsinin amacının atomik ölçekte kontrolünü sağlamaktır (Ramsden, 2016).

Nanoteknolojinin kapsamı genel bir diyagram olarak Şekil 8'de gösterilmektedir. (Ramsden, 2016). Bu diyagramın orta-sağ tarafında gözlemlenebilir nesnelere (ürünler) ve artan karmaşıklık sırasına göre somut şeyler eksenini (malzemeler, cihazlar ve sistemler) bulunmaktadır. Diyagramın solunda ise süreçler yer almaktadır. Metroloji ile üretim ve cihazlar arasındaki ilişkilere dikkat edilmelidir. Nanoimalat (nanomanufacturing, nanofacture) atomik olarak hassas imalat olarak da adlandırılmaktadır. Nano ölçekli özellikleri ölçmek için bir atomik kuvvet mikroskobu kullanılmaktadır.

Şekil 8: Nanoteknoloji İçin Bir Ontoloji



Kaynak: Ramsden (2016)

Yukarıdan aşağıya (Top-down) metot, imalat sürecinin tamamında gerçekleştirilen kademeli iyileştirme, hassas mühendisliği ultra hassas mühendisliğe dönüştürür. Gerekli nanoyapıları oluşturmak için büyük malzeme parçalarının parçalanmasını içermektedir (Scientific Committees, 2007). Aşağıdan yukarıya (Bottom-up) metot, nanomalzemeler ve nanoaygıtlar oluşturmak için temel kimyasal yapı taşlarından atomların, moleküllerin ve makinelerin kendiliğinden bir araya gelmesini temsil etmektedir (Nasrollahzadeh vd., 2019). Kendi kendine montaj işleminin amacı da kurucu parçacıkların birbirine karıştırıldığı her seferde aynı yapının oluşmasıdır. Alttan alta (Bottom-bottom) metot moleküler üretim, mekanosentez veya uç tabanlı nanofabrikasyon olarak da adlandırılmaktadır. Bu metot ile nesnelere kelimenin tam anlamıyla atom atoma inşa edilir. Her atom kesin bir konuma yerleştirilmektedir. Bu, bazen "sert" veya "gerçek" nanoteknoloji olarak adlandırılmaktadır.

3.2. NANOTEKNOLOJİ VE İNOVASYON İLİŞKİSİ

Dünyanın dört bir yanındaki şirketler artık yapılandırma, işleme, tasarım görünümü ve üretkenlikteki inovasyonları daha verimli hale getirmek için nanoteknolojiden yararlanmaktadır (Malik vd., 2023). Nanoteknoloji kullanım ve uygulama alanı oldukça geniş bir genel amaçlı teknolojidir (Masara vd., 2021). Nanoteknolojinin kökenleri fizik ve malzeme bilimindeki mikromühendislik kavramlarına dayanmaktadır (Hulla vd., 2015). Literatür incelendiğinde nanoteknolojinin uygulama alanları genel olarak enerji, tıp ve ilaç, güvenlik ve savunma, gıda ve tarım, tekstil, bilgisayar (bilgi ve iletişim teknolojileri), ulaşım, çevre, metalurji ve malzeme gibi alanlardır. Bu alanlardaki bazı inovasyonlar ve uygulamalar aşağıda ele alınmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (Energy Information Administration, 2023) "International Energy Outlook 2023" raporunda belirttiği üzere enerji taleplerinin 2050 yılına kadar artmaya devam etmesi beklenmektedir. Enerji talebindeki bu sürekli artış ve daha fazla enerji üretim isteği daha etkili ve verimli süreçleri mümkün kılmak amacıyla nano tabanlı teknolojiler gibi modern teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir (Christian vd., 2013). Günümüzde sıklıkla kullanılan enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine ve kullanılışlarına göre olmak üzere iki bölümde incelenebilir (Erdem ve Şenel, 2013). Kullanılışlarına göre enerji kaynakları ise yenilenemez ve yenilenebilir olarak ayrılır. Yenilenemez enerjiler, petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil kaynaklı ve toryum ve uranyum gibi çekirdek kaynaklı enerjilerdir. Güneş, hidrolik, biyokütle, rüzgar, jeotermal, dalga ve hidrojen ise yenilenebilir enerjilerdir. Dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil olarak ayrılmaktadır. Birincil enerjiler kömür, petrol, doğalgaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar ve dalgadır. İkincil enerjiler ise mazot, elektrik, benzin, motorin, hava gazı, ikincil kömür, petrokok, kok ve sıvılaştırılmış petrol gazıdır (LPG). Bu enerji kaynakları arasında en fazla petrol, kömür, doğalgaz gibi birincil ve yenilenemez enerji kaynakları kullanılmaktadır. Bu enerjiler genel olarak hem insan sağlığını etkilemekte hem de eko sisteme zarar vermekte, tahribata neden olmaktadır. Nanoteknoloji, uzun vadede güç tedarikini sağlamak ve enerji kayıplarını önlemek amacıyla üretim verimliliğini çevre dostu bir şekilde artırarak nano ölçekteki meseleleri ele alma yeteneğini ortaya koymuş ve yığın malzeme kullanılarak elde edilenlere kıyasla

enerji yeteneklerini ve kapasitelerini iyileştirmenin yollarını tanımlanmasına izin vermiştir (Epstein ve Malloy, 2009; Wang vd., 2006). Nanoteknolojinin ortaya çıkmasıyla beraber son yıllarda enerjinin daha uygun maliyetli ve verimli bir şekilde saklanması ve tedarik edilmesi için araçlar sağlanmıştır. Lityum iyon bataryaları, yakıt hücreleri, ışık yayan diyot (LED), ultra kondansatör, güneş pili (Grätzel pili dahil), yapı malzemelerine uygulanan nanomalzemelerden üretilmiş kaplamalar gibi nanoteknolojinin mevcut uygulamaları gelecekte yaşanabilecek enerji problemlerinin çözümü olabilir (Christian vd., 2013). Enerji alanındaki nanoteknoloji uygulamalarını enerjinin üretilmesi, depolanması, iletilmesi, dağıtılması ve yönetilmesi olarak ayrılabilir (Nasrollahzadeh vd., 2019).

Tıp ve ilaç sektöründe nanoteknoloji oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Nanoteknolojideki başarılı uygulamalar ve gelişim işle beraber insan yaşamının kalitesi sürekli olarak artmaktadır. Sonuç olarak, bilim insanları sağlık hizmetleri için gelişmiş teşhis, tedavi, tarama, sıralama, hastalık önleme ve proaktif önlemler geliştirmesine olanak tanıyan yepyeni bir nanotıp alanı ortaya çıkmıştır (Nikolova vd., 2020). Bunun uygulama alanları şunlardır: medikal nanojeneratör, nanorobotik ve nanobiyoelektrik, kimyasal harp teknolojileri, tıbbi cihazlar ve sensörler, antimikrobiyal uygulamalar, gen tedavisi, çip üstü laboratuvar teknolojisi, teşhis, diş hekimliği, veteriner hekimlik, kanser teşhisi ve tedavisi, rejeneratif tıp teknolojisi, kozmetik endüstrisi ve ilaç dağıtım sistemidir (Malik vd., 2023). Ayrıca bu alanlarda sıklıkla nanomalzemeler kullanılmaktadır. Nikolova vd. (2020) nanomalzeme türlerinin tıbbi alanlarda nasıl kullanıldığına dair bir çalışma yapmışlardır. Örneğin; Dendrimer, antikanser tedavisi gibi hedeflenen ilaç dağıtımında, MRI'da kontras maddelerin dağıtımında, gen dağıtımında ve biyosensörlerde; nanobombalar, kanser tedavisi görüntüleme; nanorobotlar, teşhis ve tedavide kullanılmaktadır.

Günümüzde birçok gelişmiş ülke ordusunda nanoteknolojiyi kullanmaktadır. Nanoteknolojinin askeri uygulamalarının uluslararası güç dengelerini değiştirme hususunda nükleer silahlardan bile daha büyük bir potansiyele sahip olduğu iddia edilmektedir (Kosal, 2014). Choudhary vd. (2023) çalışmasında nanoteknolojinin savunma ve güvenlik alanındaki uygulamaları şunlardır: bilgi sistemleri, biyolojik

algılama, nükleer algılama, sanal gerçeklik sistemi, kimyasal (patlayıcı) algılama, nanotıp, otomasyon ve robotik, kıyafet ve askeri platform. Nonofiber, nanocompozit, nanotüp kumaşlar askeri personelin kullanacağı kıyafetler ve ekipmanlarda koruyuculuk, hafiflik ve dayanıklılık sağlamaktadır. Ayrıca ordular sanal gerçeklik sistemleri kullanarak operasyonlarını simüle edebilir ve eğitimlerdeki riski düşürerek, gizliliği sağlamaktadır. Nükleer maddelerin tespitinde, yayılımını önlemede, terörizm tehlikesine karşı nano ölçekli malzemeler kullanılmaktadır.

Son on yıl, yeni nano-bazlı gıda malzemelerinin, yenilikçi gıda ambalajlarının, besin maddelerinin ve biyoaktif malzemelerin akıllı dağıtım mekanizmalarının, bitkisel üretim için yeşil nanoteknolojilerin ve daha güvenli gıdalar ve atık azaltımı sağlamak için nano-biyosensörlerin geliştirilmesine ve ortaya çıkmasına tanık oldu (Sonkaria vd., 2012). Nanoteknolojinin gıda sektöründeki uygulamaları oldukça geniştir. Özellikle gıda üretimi, bitki koruma, işleme, tarım ürünlerinin ambalajlanması, nakliyesi, kalite kontrol ve çevre yönetiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Bhagat vd., 2015). Rai vd. (2015) çalışmalarında gıda sektörüne yönelik nanoteknoloji uygulamalarını şu ana kategorilere ayırmışlardır:

- ✓ Nano boyutta, nanoenkapsülasyon katkı maddelerinin kullanıldığı yerler,
- ✓ Gıda bileşenlerinin nanoyapılar oluşturmak üzere işlendiği veya formüle edildiği yerler,
- ✓ Gıda ambalajı veya gıda ile temas eden malzemeler veya yüzeyler için geliştirilmiş, aktif veya akıllı malzemeler geliştirmek üzere tasarlanmış/üretmiş nanomalzemelerin dahil edildiği yerler,
- ✓ Nanoteknolojiye dayalı cihaz ve malzemelerin kullanıldığı yerler (ör. nanofiltrasyon ve su arıtma için),
- ✓ Gıda güvenliği, izlenebilirlik ve kirletici madde tespiti için nano(biyo)sensörlerin kullanıldığı yerler,
- ✓ Gıda üretim sistemlerini iyileştirmek amacıyla pestisitler, veteriner ilaçları ve diğer zirai kimyasallar için tasarlanmış nanomateryal uygulamalarının önerildiği yerler.

Manjunatha vd. (2016) ise çalışmalarında tarım sektörüne yönelik nanoteknoloji uygulamalarını pestisit dağıtımı, gübre dağıtımı ve pestisit sensörü olmak üzere 3 bölümde, Usman vd. (2020) ise nanogübreler, nanopestisitler, nanobiyosensörler, nanomateriyaller olmak üzere nanoteknoloji tarım uygulamalarını dört bölümde incelemişlerdir. Nanometeryaller ile mahsul verimliliğini artırma ve toprak sağlığını iyileştirme; nanogübreler, nanopestisitler, nanobiyosensörler ile kirlenmiş toprakların nano destekli iyileştirilme amaçlanmaktadır.

Sürdürülebilir şekilde üretilmiş, dayanıklı ve işlevsel giysilere yönelik artan müşteri talebi, nanomalzemelerin tekstil alt tabakalarına entegre edilmesi için bir fırsat yaratmıştır (Yetisen vd., 2016). Özellikle günümüzde tıp, askeri/güvenlik, spor ve moda alanlarında sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Shah vd. (2022) nanomalzemelerin, tekstil ve giysilere sürdürülebilir bir şekilde antimikrobiyal, ultraviyole dirençli, elektriksel olarak iletken, optik, hidrofobik ve alev tutmaz özellikler kazandırmak için kullanıldığını belirtmektedir. Ayrıca çalışmalarında nanoteknolojinin tekstil alanında, biyouyumlu ve antimikrobiyal kumaşlar, kendi kendini temizleyen kumaşlar, renklendirme, su geçirmez kumaşlar, UV koruyucu giysiler, yangına dayanıklı kumaşlar, antistatik kumaşlar, enerji depolamaya yönelik kendi kendini onaran kumaş fiberleri, akıllı giysiler, nanotıp bazlı ilaçların dağıtımı, sürdürülebilir giyilen veya taşınabilen elektronikler ve akıllı sensör ağları, vücut glikoz enerjisi algılama gibi uygulamaları olduğuna yer vermektedirler.

Nanoteknoloji, daha küçük, daha hızlı ve güvenilir bilgisayar yapmaya uygun elektronik bileşenlerin ve cihazların tasarlanması ve üretilmesi için kullanılabilir (Jadhav ve Jadhav, 2018). Ayrıca verinin depolanması, büyük veriye erişim, yüksek hız, dayanıklılık, enerji tüketimi açısından nanoteknoloji uygulamaları önem taşımaktadır. Taha vd. (2022) çalışmasında bilgisayar bilimindeki nanoteknoloji uygulamalarına değinmiştir: transistör yapımı, kuantum bilgisayar işlemci yapımı, bellek yapımı, nano varlıkların interneti, optik nanoteknoloji. Chaudhary vd. (2016) ise nanoteknolojinin bilgisayar ve çeşitli yönlerini nasıl değiştirdiğine dair örnekler vermektedir: karbon nanotüp bilgisayarlar, kuantum hesaplama, hesaplamalı nanoteknoloji, DNA hesaplama, tek elektron transistörü, nanobotlar. Nanoteknoloji kullanımı bilgisayar bilimlerinde arttıkça nanobilgisayarlar, çok yüksek bilgi işlem performansına sahip olacak, düşük enerji

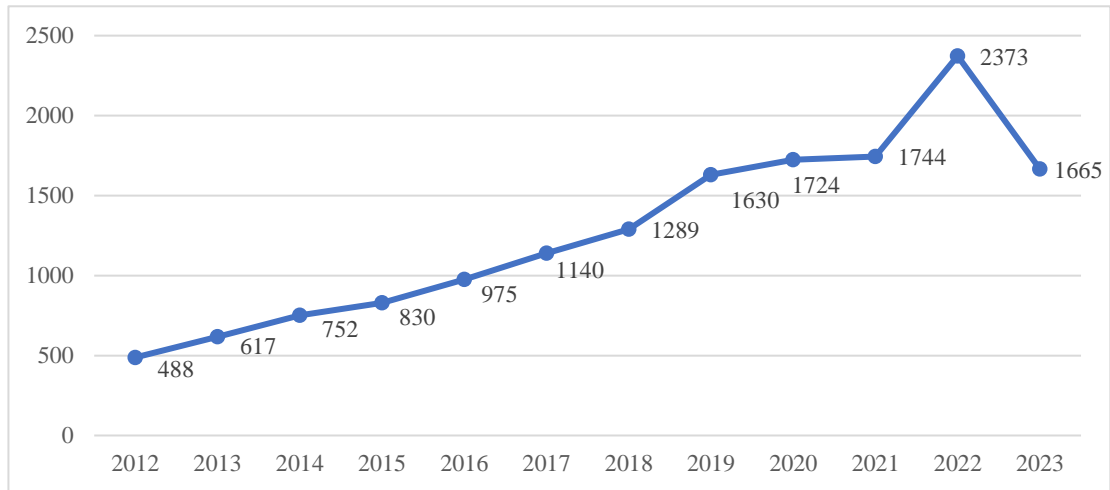
gerektirecek, taşınabilir, esnek ve daha hızlı olacak, daha küçük yüzey alanı gerektirecek, çok daha verimli, hafif ve yüksek miktarda veri depolayabilir olacaktır (Jadhav ve Jadhav, 2018). Nanoteknoloji ve bilgisayar kombinasyonunun bir diğer boyutu da robotik ve insansız uçak teknolojileridir (Malik vd., 2023).

Son zamanlarda nanoteknoloji, ulaşımda daha iyi bir performans elde etmek, yeni işlevler getirmek, güvenlik, sağlık ve çevre endişeleri nedenleriyle sıklıkla kullanılmaktadır (Shafique ve Luo, 2019). Nanoteknoloji otomobillerde genellikle gövde parçalarına, emisyonlara, şasi ve lastiklere, otomobil iç mekanlarına, elektrik ve elektroniklere, motorlara ve aktarma organlarına uygulanmaktadır (Mathew vd., 2019). Shafique ve Luo (2019)'nun çalışmasında otomobillerdeki bazı nanoteknoloji uygulamaları şunlardır: etkili ve verimli nano bazlı kaplamalar (nanopolimer, nanopartikül), hafif ve yüksek mukavemetli otomobil sistemleri (karbon nanotüp, kil nanokompozit), daha güvenli ve emniyetli aynalar ve pencereler (hidrofobik katman tabanlı ayna), verimli ve dayanıklı nano tabanlı lastikler, verimli motor (nanopartikül nanomalzemeler), araçlarda daha güvenli bir iç ortam (çevre dostu nano ajanlar ve gümüş nanomalzemeler). Nano ölçekli sensörler ve cihazlar tünel, köprü, ray, kaldırım gibi kamuya ait olan yapıların durumu ve performansını zaman içinde, uygun maliyetli, sürekli ve yapısal olarak izlenmesini sağlayabilir, araç tabanlı sistemlerle iletişim kurabilen, sürücülerin şerit konumunu korumasına, çarpışmalardan kaçınmasına, sürüş rotalarını ayarlamasına ve diğer faaliyetleri gerçekleştirmesine olanak tanıyan gelişmiş ulaşım altyapısını destekleyebilir (Mobasser ve Firoozi, 2016).

Günümüzde nanoteknolojinin gelecek için ne kadar önemli olduğunu anlamış olan ülkeler inovasyon göstergelerinden olan AR-GE harcamalarına yüksek paylar ayırmışlar, nanoteknoloji merkezleri kurmuşlardır. Türkiye'de ise nanoteknoloji ile ilgili faaliyetler üniversiteler bünyesinde kurulmuş araştırma merkezlerinde, kamu kurumlarının desteği ile kurulmuş merkezlerde ve üniversitelerdeki lisans, yüksek lisans, doktora programları ile yürütülmektedir. Amaç, sanayiye bilime uygun olarak geliştirilen inovatif yöntemlerin aktarılması ve böylece ekonomiye katkı sağlanması olup, özellikle Türkiye'de kamu, üniversite ve sanayi iş birliği açısından önem arz etmektedir (E-Co Consulting and Coaching, 2022). Türkiye'de nanoteknoloji araştırma merkezleri üniversiteler

bünyesinde faaliyet gösteriyor olup TÜBİTAK'ta dahil olmak üzere 36 tanedir (T.C. Bilim ve Sanayi Teknoloji Bakanlığı, 2017). TÜBİTAK Araştırmacı Bilgi Sistemi (ARBİS) (2023) verilerine göre bilimsel teknolojik faaliyet alanı nanoteknoloji olan araştırmacı sayısı 2023 yılı itibarıyla 5.800 kişidir. Yayın sayısına bakıldığında ise WoS taramasında, “Web of Science Core Collection” veri tabanında, “nano” anahtar kelimesiyle, başlık, özet ve anahtar kelimelerde arama yapılarak 2012-2023 yılları arasında yapılan taramada Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası yayın sayısı toplam 15.227’dir. Şekil 9’da yıllara göre daha ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir.

Şekil 9: 2012-2023 yıllar arasında Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayın sayısı



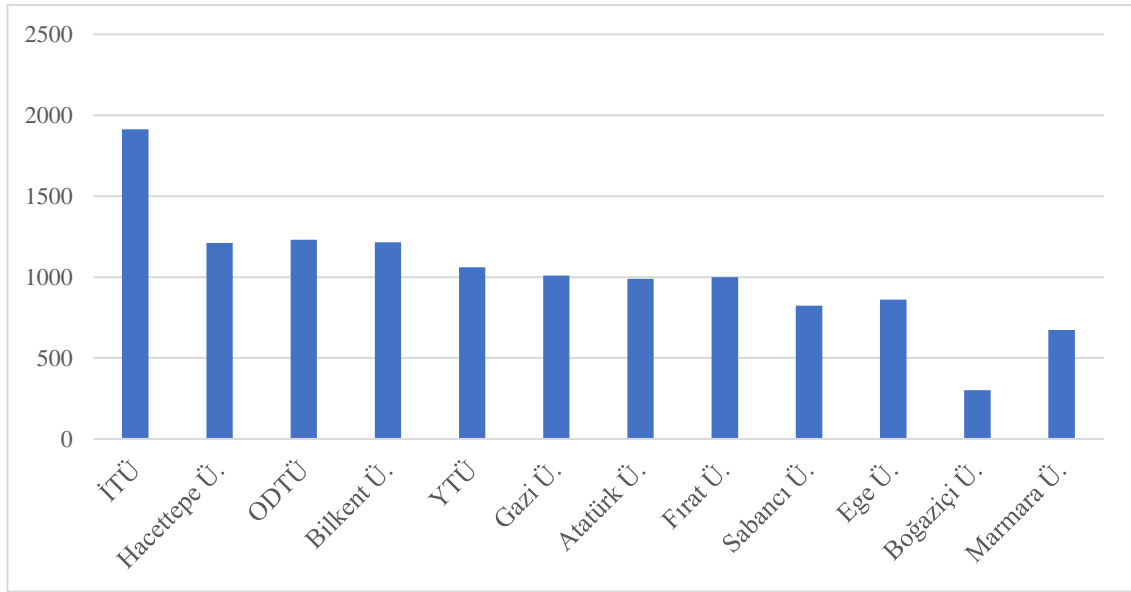
Kaynak: Web of Science (2023)

Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayınların “Araştırma Alanları” incelendiğinde %71,88 ile mühendislik ilk sırada yer almaktadır. Bunu %66,30 ile malzeme bilimi, %65,22 ile fizik, %59,21 ile bilim teknoloji diğer konular ve %51,28 ile kimya takip etmektedir. İşletme ekonomisi alanı ise %8,46 ile ilk yirmi alan arasında yer almaktadır (Web of Science, 2024).

Bu yayınların üniversitelere göre dağılımları değerlendirildiğinde İstanbul Teknik Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bilkent Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi, Fırat

Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, Ege Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi ve Marmara Üniversitesi bu alanda en fazla yayına sahip olan üniversitelerdir (Şekil 10).

Şekil 10: 2012-2023 yılları arasında Türkiye’de yayınlanan ulusal ve uluslararası “Nano” yayınlarının üniversitelere göre dağılımı



Kaynak: Web of Science (2023)

İnovasyon ve AR-GE düzeylerinin ölçümünde kullanılan göstergelerden biri olan bilimsel yayın sayısının da ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile paralel olduğu görülmektedir. Zhu vd. (2017) çalışmasında 2000 ve 2016 yılları arasında ABD, Avrupa Birliği (AB27), Çin, Japonya ve Güney Kore'ye özel atıfta bulunarak, WoS makaleleri, USPTO, WIPO ve Ulusal Bilim Vakfı'na (NSF) dayanarak nanoteknolojinin gelişimini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ABD ilk üçte olan dergilerdeki yayın sayısı bakımından lider konumdadır. Çin ve Güney Kore bilimsel yayınlarının hem sayısında hem de kalitesinde daha hızlı bir artış göstermiştir ve Çin nanoteknoloji alanında en fazla yayın hacmine, Güney Kore ise kişi başına en fazla yayına sahip olan ülkelerdir. Nanoteknoloji göstergelerinin izlenmesi, sosyo-ekonomik değişikliklere hazırlanmak için öngörülü yönetim kapsamında kullanılması önemlidir.

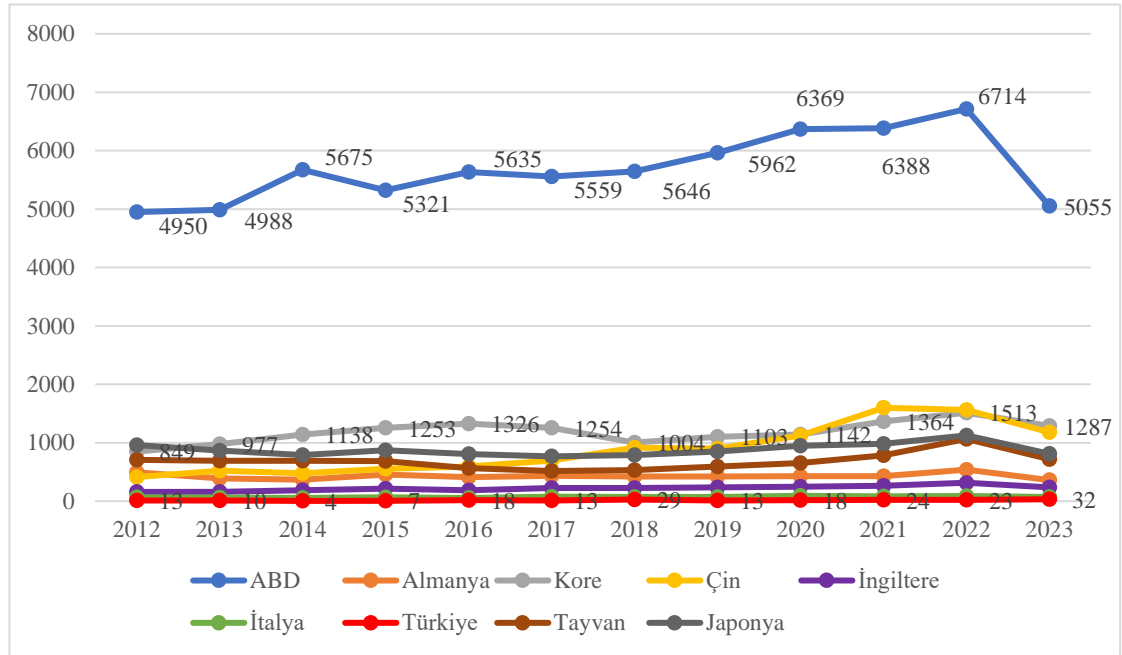
3.3. NANOPATENTLER

Nanopatent kavramı “Nano” nun sahip olduğu veya kontrol ettiği tüm patentler ve patent başvuruları anlamına gelmektedir (Law Insider, t.y). Alencar vd. (2007) çalışmasında nanoteknoloji uzmanları tarafından aday gösterilen, 46 terimden oluşan nanopatent arama terimleri kullanmışlardır. Bu terimler şunlardır: nanoteknoloji, nanoağlar, nanokemerler, nanopartiküller, nanobiyoloji, nanodesenleme, nanobiyoteknoloji, nanofaz, nanokatalizör, nanofotonik, nanokompozit, nanopigmentler, nanokorlar, nanoporozite, nanokristalin, nanokristal, nanotozlar, nanodamlacıklar, nanoçubuklar, nanoilaçlar, nanoölçek, nanoelektronik, nanosieves, nanoeletromekanik sistemler (nems), nanoemülsiyon, nanosfer, nanomühendislik, nanoyapılı, nanoyapı, nanofabrikasyon, nanofiberler, nanotabletler, nanofiltreler, nanotriboloji, nanohibritler, nanotüpler, nanoindentasyon, nanotel, nanolitografi, nanomalzemeler, nanotıp, nanometroloji, spintronik, fullerenler, kuantum noktaları, kuantum telleri, yarı kristaller.

Literatürde ve patent ofisleri verilerinde genellikle nanopatent yerine nanoteknoloji patentleri ele alınmıştır. USPTO’nun sınıflandırmasında nanoteknoloji patentlerinin kapsamı yer almaktadır: Nanoyapı ve nanoyapının kimyasal bileşimleri; en az bir nano yapı içeren cihazlar; nano yapının konfigürasyonlarını veya özelliklerini modellemek için özel olarak uyarlanmış matematiksel algoritmalar, örneğin bilgisayar yazılımı vb.; nano yapıyı yapmak, tespit etmek, analiz etmek veya işlemek için yöntemler veya aparatlar; nanoyapının belirtilen özel kullanımları (USPTO, t.y.). Günümüzde nanoteknoloji patentlerini kaydeden ana ofisler ise USPTO, EPO ve JPO (Japonya Patent Ofisi)’dur.

Patent başvuru sayıları önemli inovasyon göstergelerinden biridir. Şekil 11’de USPTO’da 2012-2023 (Eylül) yıllarını kapsayan nanoteknoloji patentleri başvuru sayılarının olduğu grafik yer almaktadır. ABD bu konuda açık ara bir farkla lider konumdadır. ABD’yi sırasıyla Kore, Çin, Japonya, Tayvan, Almanya, İngiltere ve İtalya izlemektedir. Türkiye ise listede yer alan 87 ülke arasında 23. sırada yer almaktadır.

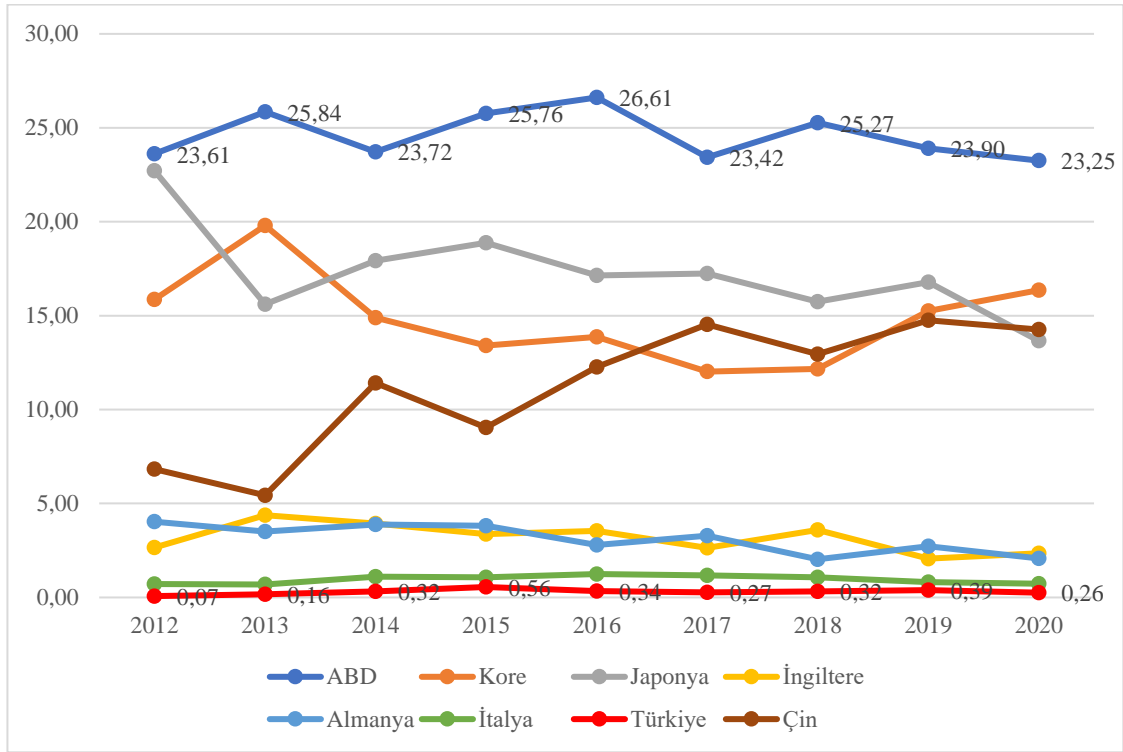
Şekil 11: USPTO'da 2012-2023 (Eylül) Nanoteknoloji Alanında Başvuru Yapılan Patentlerin Sayısı



Kaynak: StatNano (2023)

Şekil 12'de 2012-2020 yılları ülke ekonomilerinin nanoteknoloji ile ilgili patentlerdeki payı gösterilmektedir. Son verilere göre %23,25 ABD ilk sıradayken, %16,36 ile Kore, %14,26 ile Çin, %2,25 ile İngiltere, %2,07 ile Almanya, %0,72 ile İtalya ve %0,26 ile Türkiye takip etmektedir.

Şekil 12: 2012-2020 OECD Ülkeleri Ekonomilerinin Nanoteknoloji ile ilgili Patentlerdeki Payı



Kaynak: OECD STI Micro-data (2023)

Daha önce patent başvuru sayısı ve ülkelerin gelişmişlik düzeyleri arasında bir ilişki olduğu belirtildiği üzere Şekil 12’de görülmektedir ki nanoteknoloji alanında başvuru yapılan patentler için de aynı durum söz konusudur. ABD, Kore, Çin, Japonya, Almanya, İngiltere ve İtalya gibi gelişmiş ekonomilere sahip ülkeler daha fazla nanoteknoloji patent başvurusu yapmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomiler ise bu konuda daha çok çalışması gerekmektedir.

4. BÖLÜM

AR-GE HARCALARI VE NANOTEKNOLOJİ PATENTLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ

Tezin bu bölümünde çalışmanın amacı, önemi, bu konu üzerinde neden çalışma yapılmaya karar verildiği, bu çalışmaya benzeyen diğer çalışmalardan neden farklılaştığı, çalışmanın yöntemi ve tasarımı, veri seti, değişkenleri, analizi ve hipotezlerin test edilmesinden bahsedilmektedir.

4.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Nanoteknoloji günümüz ve gelecek için oldukça önemli bir kavramdır. Hem devletler hem de firmalar inovasyonlarını daha verimli hale getirmek için nanoteknolojiyi etkin bir şekilde kullanmaya başlamışlardır. Ayrıca genel olarak literatür incelendiğinde inovasyonun ölçümü olarak toplam AR-GE harcamaları ve personel sayısı, patent başvuru verileri, bilimsel makale, kitap ve yayınlar, yeni ve iyileştirilmiş ürün miktarı, bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan yatırım miktarı gibi göstergeler kullanılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle gelişmiş ülkelerin ve gelişmekte olan ülkelerin toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki incelenecektir. Amaç gelişmiş, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için araştırma-geliştirme harcamalarında meydana gelen bir değişimin, nanoteknoloji patent başvuru sayılarında nasıl bir artış ya da azalış meydana getirdiğini analiz etmektir. Ayrıca Türkiye'nin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında nasıl bir konumda olduğu tespit edilmeye çalışılacak, nanoteknoloji patent başvuru sayısının AR-GE harcamalarına bağlı olup olmadığı ile ilgili mevcut durum ortaya konacaktır.

Literatür taraması sonucunda AR-GE harcamaları ile toplam patent başvuruları arasındaki ilişkinin incelendiği birçok mevcut araştırma olmasına rağmen AR-GE harcamaları ile nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişkinin incelendiği herhangi bir çalışma

olmadığı görülmüştür. Bu nedenle hem Türkiye hem de Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomiler ve gelişmiş ekonomiler için bu çalışmanın bulguları literatüre katkı sağlayacaktır.

Kondo (1999) çalışmasında firma düzeyinde yapmış olduğu çalışmada AR-GE harcamalarındaki artışın Japonya'daki tüm endüstrilerdeki patent başvurularının sayısını arttırdığını göstermiştir. Ayrıca patent başvurularının AR-GE çıktısının bir ölçüsü olarak kullanılmasının uygun olduğunu belirtmiştir. Bir diğer çalışmada Prodan (2005), OECD ve Orta Avrupa ülkeleri için patent başvuru sayısının AR-GE harcamalarına, özellikle de iş sektöründeki AR-GE harcamalarına bağlı olup olmadığını test etmek için bir model oluşturmuştur. Çalışmada AR-GE harcamasının daha fazla patent üreteceğine dair hipotez üretilip, test edilmiştir. Sonuç olarak araştırma-geliştirme harcamaları ile patent başvuruları arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulunduğu, AR-GE yatırımının ülkeden ülkeye farklılık gösteren zaman gecikmeli patent başvuruları oluşturduğu tespit edilmiştir. Hingley (1997) ise EPC'ye taraf olan ülkelerde AR-GE harcamalarının gelecekteki patent başvuruları üzerine olumlu bir etkisi olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur. Griliches (1998) çalışmasında patentlerin AR-GE harcamalarıyla ilişkisine dair kesitsel ve zaman serisi çalışmalarını incelemiştir. AR-GE ile firmalar ve endüstriler arasında kesitsel düzeyde alınan patent sayısı arasında oldukça güçlü bir ilişkinin olduğu, aynı ilişkinin istatistiksel olarak hâlâ anlamlı olsa da grup içi zaman serisi boyutunda çok daha zayıf olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte bir firmanın AR-GE harcamalarını değiştirdiğinde patent sayılarında da paralel değişiklikler meydana geldiğine dair kanıtlar oldukça güçlüdür. Bu çalışmalar ışığında araştırma-geliştirme harcamaları ile nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki hem gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler hem de Türkiye için incelenecek ve bulguları analiz edilecektir.

4.2. ARAŞTIRMANIN PROBLEMİ, HİPOTEZLERİ VE DEĞİŞKENLERİ

Bu çalışmada gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler için 2006-2022 yıllarına ait AR-GE harcamaları ve nanoteknoloji başvuru sayıları ele alınarak, panel regresyon analizi ile AR-GE harcamaları ve nanoteknoloji başvuru sayıları arasındaki ilişki tespit edilmek

istenmektedir. Sonrasında toplam AR-GE harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuru sayıları ele alınarak Türkiye için basit doğrusal regresyon analizi yapılarak gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler arasındaki konumu belirlenmeye çalışılacaktır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda şu sorular sorulmaktadır:

- Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için araştırma-geliştirme harcamalarındaki artış ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki var mıdır?
- Türkiye için araştırma-geliştirme harcamalarındaki artış ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki var mıdır?

Bu sorular kapsamında aşağıdaki hipotezler üretilmiştir:

Hipotez 1: Gelişmiş ülkelerde araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki vardır.

Hipotez 2: Gelişmekte olan ülkelerde araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki vardır.

Hipotez 3: Türkiye’de araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki vardır.

Bu hipotezlere göre çalışmanın bağımlı ve bağımsız değişkenleri Tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 4: Analizin Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri

Hipotezler	Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken
Hipotez 1	Gelişmiş ülkelerin nanoteknoloji patent başvuru sayıları	Gelişmiş ülkelerin toplam AR-GE harcamaları
Hipotez 2	Gelişmekte olan ülkelerin nanoteknoloji patent başvuru sayıları	Gelişmekte olan ülkelerin toplam AR-GE harcamaları
Hipotez 3	Türkiye nanoteknoloji patent başvuru sayıları	Türkiye toplam AR-GE harcamaları

Çalışmanın birinci ve ikinci hipotezinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için nanoteknoloji patent başvuru sayıları panel veri analizinin bağımlı değişkeni ve toplam AR-GE harcamaları (GSYH içindeki) bağımsız değişkendir. Üçüncü hipotezde Türkiye için nanoteknoloji patent başvuru sayıları basit doğrusal regresyon analizinin bağımlı değişkeni, toplam AR-GE harcamaları (GSYH içindeki) bağımsız değişkendir.

4.3. ARAŞTIRMANIN VERİ SETİ

Bu çalışmada yer alan veri seti 2005-2021 yıllarına ait gelişmiş ülkelerin ve gelişmekte olan ülkelerin ve Türkiye'nin toplam araştırma-geliştirme harcamaları (GSYH içindeki) ve 2006-2022 yıllarına ait gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ve Türkiye'nin USPTO'da yayınlanmış nanoteknoloji patent başvuru sayılarına ilişkin 17 yıllık verilerden oluşmaktadır. Literatür incelendiğinde bir diğer dikkat edilmesi gereken konu AR-GE harcamasının yapıldığı yıl içerisinde patent başvurusunun yapılp yapılmadığıdır. Kondo (1999) çalışmasında zaman gecikmesinin 1,5 ila 1,7 yıl olduğunu, Prodan (2005) ise zaman gecikmesinin 1 yıl olduğunu belirtmiştir. Ayrıca De Rassenfosse ve De La Potterie (2009) çalışmasında araştırma çabaları ile ülke düzeyinde patent başvuruları arasındaki ilişkiyi incelerken ülke düzeyinde patent başvurularının belirleyicilerini araştıran çalışmaların çoğunun EPO'da veya USPTO'da yapılan patent başvurularının sayısına dayanmakta olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada hem panel veri analizinde hem de basit doğrusal regresyon analizinde zaman gecikmesi 1 yıl olarak alınmış, analiz yapılırken gereken düzenlemeler yapılmıştır. Ayrıca her ülkenin kendine ait bir patent verme süreci ve yöntemleri olduğundan USPTO'dan elde edilen patent başvuru verileri kullanılmıştır.

Gelişmiş ülke verileri Avusturya, İsveç, Belçika, Kanada, Estonya, Fransa, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Finlandiya, Japonya, Güney Kore, Danimarka, Hollanda, Norveç, Almanya, Portekiz, Singapur, İspanya, İngiltere ve ABD olmak üzere toplam 21 ülkeden oluşmaktadır. Gelişmekte olan ülke verileri ise Arjantin, Çin, Kolombiya, Çekya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya ve Güney Afrika olmak üzere 9 ülkeden oluşmaktadır. Analizin sağlamlığını arttırmak amacıyla zaman aralığı ve gözlem sayısı en yüksek olacak şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Toplam AR-GE harcaması (GSYH içindeki) verileri OECD'ye ait internet sitesinden (EK 1 ve EK 2), USPTO'da yayınlanmış toplam nanoteknoloji patent başvuru verileri ise StatNano'ya ait internet sitesinden (EK 3 ve EK 4) ulaşılmıştır. OECD Data'da (2022) yer alan AR-GE harcamaları (GSYH içindeki) verileri bir ülkedeki tüm araştırma enstitüleri, devamlı şirketler, üniversiteler ve devlet laboratuvarları vb. tarafından gerçekleştirilen toplam AR-GE harcamalarını kapsamaktadır. Ayrıca yurtdışından finansal olarak desteklenen AR-GE'yi kapsar, fakat yurtiçi fonları (yurtiçi ekonomi haricinde yapılmış AR-GE için) hariç tutar. Bu gösterge, 2015 temel yılı ve satın alma gücü pariteleri kullanılarak ve ABD doları sabit fiyatlarıyla hazırlanmıştır. StatNano'da (2023) yer alan toplam nanoteknoloji patent başvuru verileri ise USPTO'da yayınlanan (ancak henüz verilmemiş) nanoteknoloji patent başvurularının sayısını gösterir. Ayrıca burada nanoteknoloji patentlerinin nanoteknoloji ile ilgili en az bir istem içeren patentler veya nanoteknoloji ile ilgili bir IPC sınıflandırma kodu ile sınıflandırılan patentler olarak tanımlanmaktadır.

Türkiye'ye ait 2005-2021 yıllarına ait toplam AR-GE harcamaları (GSYH içindeki) ve 2006-2022 yıllarına ait USPTO'da yayınlanmış nanoteknoloji patent başvuru sayılarına ilişkin veriler de OECD ve StatNano internet sitelerinden (EK 5 ve EK 6) ulaşılmıştır. Analizler bu veriler ile yapılmıştır.

4.4. METODOLOJİ

Bu çalışmada iki farklı analiz yapılacaktır. Gelişmiş ülkelerin ve gelişmekte olan ülkelerin toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji başvuru sayıları arasındaki ilişki için **Panel Veri Analizi**, Türkiye'nin toplam AR-GE harcamaları ve nanoteknoloji başvuru sayıları arasındaki ilişki için **Basit Doğrusal Regresyon** kullanılacaktır.

4.4.1. Panel Veri Analizi

Analizde gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler için iki değişken arasındaki ilişkinin incelendiği niceliksel/ilişkisel araştırma tasarımı ve ikincil veriler kullanılmıştır. Verilerin analizinde Stata 14.2 kullanılmıştır.

Gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkelerde AR-GE harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki olup olmadığını tespit edebilmek için Panel Veri Analizi kullanılmaktadır. Panel veri analizi kullanmanın avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Hsiao, 2022; Baltagi, 2021):

- Panel veriler genellikle araştırmacılara çok sayıda veri ile çalışma olanağı sunarak serbestlik derecesini artırır ve bağımsız değişkenler arasındaki çoklu doğrusallığı azaltır. Bu sayede yapılacak olan tahminlerin verimliliği artar.
- Bireysel çıktılar için daha doğru tahminler üretilir. Bireye ilişkin olan gözlemleri diğer bireylere ilişkin olan veriler ile destekler. Böylece bireyin davranışına ilişkin daha doğru açıklamalara erişmek mümkün olur.
- Daha gerçekçi davranışsal hipotezler oluşturmak için daha fazla kapasite sağlar. Kesit veya zaman serisi veri setleri kullanılarak üstesinden gelinemeyen önemli problemleri çözümlenmeye imkan tanır.
- Panel veri en az iki boyutu kapsamaktadır: bir yatay kesit boyutu ve bir zaman serisi boyutu. Normalde, panel veri tahmincisinin veya çıkarımının hesaplanmasının, yalnızca yatay kesit veya zaman serisi verilerine dayanan tahmincilerden daha karmaşık olması beklenir fakat bazı durumlarda, panel verisinin varlığı hesaplama ve çıkarımı basitleştirir.
- Dinamik ilişkilerin ortaya çıkarılması ve daha iyi incelemesini sağlar.
- Dışlanan değişkenlerin etkisinin kontrol edilmesini sağlar.
- Heterojenliği kontrol altına alır. Eğer heterojenlik kontrol edilmemişse zaman ve kesit serisi çalışmalarında yanlış sonuçlar bulma riski taşımaktadır.

Bu avantajlar dikkate alındığında panel veri analizi araştırmalarda, bilimsel makalelerde ve tezlerde sıkça kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir.

4.4.1.1. Veri Türleri

Panel veri analizi ve modellerini anlayabilmek için öncesinde veri türlerini ve panel verinin ne olduğunu anlamak önem taşımaktadır. Bu kapsamda üç tür veriden bahsedilecektir: Yatay kesit veriler, zaman serisi verileri ve panel veriler.

Yatay kesit veriler, zaman serisi verileri ve panel veriler ekonometrik analizlerde oldukça sık kullanılmaktadır. Karma (panel) verileri daha iyi anlayabilmek için öncelikle yatay kesit verilerin ve zaman serisi verilerin anlaşılması gerekmektedir.

Yatay kesit veriler, aynı zaman diliminde gözlemlenen birçok birimden elde edilen verilerdir. Burada önemli olan tek bir zaman periyodunun olmasıdır. Örneğin, 2020 yılına ait her bir gelişmiş ülkenin imalat firmalarının satış verileri yatay kesit verisidir.

Zaman serisi verileri, bir birimin veya bir grup birimin zamana göre değişen verileridir. Temel özelliği zaman sırasına göre bir dizilimi olmasıdır. Zaman içindeki değişimlerin izlenmesine olanak tanımaktadır. Örneğin, bir ülkenin 2010-2020 yılları arasındaki döviz kuru verileri, bir sporcunun dakika başına nabız atışı sayıları zaman serisi verileridir.

Panel (karma, havuzlanmış, longitudinal) veri ise yatay kesit verilerinin ve zaman serisi verilerinin kombinasyonundan oluşan verilerdir. Bir başka deyişle panel veriler, farklı birimleri ve farklı zamanları kapsamaktadır. Birim olarak ifade etmiş olduğumuz kavram ülkeler, eyaletler, sektörler, firmalar, hane halkı vb. anlamına gelebilmektedir. Genel bir tanım yapmak gerekirse panel veri, belli bir süre boyunca gözlemlenen birimler üzerinde, belirli sayıda değişkenin tekrarlanan ölçümlerinin yapılmasını sağlayan kesitsel bir zaman serisi veri setidir (Xu vd., 2007). 1990-2020 yılları arası Güney Amerika ülkelerinin hane halkı tüketim harcamaları verileri panel veriye örnek olarak gösterilebilir. Dengeli panel verilerde birimlere ait gözlemler tüm dönemlerde aynıyken, dengesiz panel verilerde en az bir birime ait gözlemler diğer dönemdekilerle aynı değildir yani bazı birimler için bazı dönemlere ait bilgiler yoktur (Güriş, 2015).

4.4.1.2. Panel Veri Modelleri

Panel Veri Analizi, sıklıkla panel verileri analiz etmek için ekonometride kullanılan istatistiki bir analiz yöntemidir. Bu analizde zaman serisi verileri ve yatay kesit verileri bir arada incelenmektedir. Böylece analiz hem zamansal hem de mekânsal bir boyut kazanmış olur (Yaffee, 2003). Mekânsal boyut, bir dizi kesitsel gözlem birimiyle ilgilidir. Panel veri analiz modelinin yaygın şekilde kullanılan modeli şöyledir (Güriş, 2015):

$$Y_{it} = a_{it} + B_{it} X_{it} + \dots + B_{kit} X_{kit} + u_{it}$$

Y bağımlı değişken, X bağımsız değişkendir. Modelde i, N sayıda birimi ($i = 1, \dots, N$); t, T sayıda zaman boyutunu ($t = 1, \dots, T$); k, K sayıda parametresini ($k = 1, \dots, K$) ifade etmektedir. Ayrıca a_{it} sabit parametre, B_{it} eğim parametresi ve u_{it} hata terimi anlamına gelmektedir.

Analizde gelişmiş ülkeler için:

i, gelişmiş ülke sayısı: 21 ülke

t, incelenen zaman: 17 yıl

Analizde gelişmekte olan ülkeler için;

i, gelişmekte olan ülke sayısı: 9 ülke

t, incelenen zaman: 17 yıl

Bağımlı ve bağımsız değişkenlere karar verebilmek için patentler ve AR-GE arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür göz önünde bulundurulduğunda Pakes ve Griliches (1980)'in öncü çalışmasında panel veri analizi yapılarak yatay kesit verilerinde patent sayısı ve araştırma-geliştirme harcamaları arasında güçlü ilişkiler olduğu belirtilmiştir. De Rassenfosse ve De La Potterie (2009) çalışmasında araştırma çabaları ile ülke düzeyinde patent başvuruları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ana bağımsız değişkeni bir ülkenin araştırma çabasıdır. Bağımlı değişkenleri ise ulusal patent ofislerindeki öncelikli başvuru sayısı, EPO ve USPTO'daki ilk başvurular da dahil olmak üzere düzeltilmiş öncelikli

başvuru sayısı, üçlü başvuru sayısı, EPO ve USPTO'daki (öncelikli ve ikinci) başvuru sayısıdır. Soncunda ise hem patent alma eğiliminin hem de araştırma üretkenliğinin araştırmacı başına düşen patent sayısındaki ülkeler arası farklılıkları açıklamada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Kumazawa ve Gomis-Porqueras (2012) çalışmasında AR-GE akışlarının dünya genelindeki patent akışları üzerindeki etkisini incelemiştir. Dinamik panel regresyon yapılan çalışmada bağımlı değişkenler toplam patent sayısı, yerli patent sayısı, yabancı patent sayısı ve üçlü patent sayısıdır. Bağımsız değişkenler ise toplam araştırma-geliştirme harcaması, yerli araştırma-geliştirme harcaması ve yabancı araştırma-geliştirme harcamasıdır. Sonuç olarak kişi başına düşen toplam araştırma-geliştirme harcamasının AB ülkeleri için kişi başına düşen toplam üçlü, USPTO ve EPO patentleri üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu görülmüştür. Sözen ve Tufaner (2019) ise OECD ülkeleri için panel veri analizi ile araştırma-geliştirme harcamaları, ekonomik büyüme ve inovasyon arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bağımsız değişken olarak AR-GE harcamaları kullanılırken, bağımlı değişken olarak patent başvuru sayıları ve yüksek teknolojili ürün ihracatı kullanılmıştır. Araştırma-geliştirme harcamalarındaki artış hem yüksek teknolojili ürünlerin ihracatını hem de patent başvuru sayısını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Literatürdeki bu çalışmalar ışığında analizde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için nanoteknoloji patent başvuru sayıları bağımlı değişken ve toplam AR-GE harcamaları bağımsız değişken olarak belirlenmiştir.

Klasik model, sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli olmak üzere panel veri modelleri üçe ayrılmaktadır.

Klasik Model: Klasik modele göre hem sabit (a_{it}) hem de eğim katsayıları (B_{it}) zamana ve birimlere göre sabit olduğu varsayımdır. Bütün gözlemlerin homojen olduğu varsayımı vardır. Eğer birim ve/veya zaman etkinin olmadığı düşünülüyorsa bu yöntemin kullanılması uygun olacaktır. Bu varsayımlar mevcut ise havuzlanmış en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. En küçük kareler yöntemini kullanabilmek için bazı varsayımları sağlaması gerekmektedir. Bu varsayımlar aşağıda belirtilmektedir (Park, 2011):

1. Doğrusallık: Bağımlı değişkenin, bir dizi bağımsız değişkenin ve hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olarak formüle edilmesi gerektiği.
2. Dışsallık: Hataların beklenen değerinin sıfır olduğu veya hataların herhangi bir regresörle (bağımsız değişken) ilişkili olmaması.
3. Hataların aynı varyansa sahip olması (eş varyanslılık, homoskedastisite) ve birbirleriyle ilişkili olmaması (otokorelasyonsuzluk).
4. Çoklu doğrusallık olmaması: Bağımsız değişkenler arasında kesin bir doğrusal ilişkinin olmaması.
5. Bağımsız değişkene ilişkin gözlemlerin stokastik (rastlantısal) olmaması ancak ölçüm hatası olmaksızın tekrarlanan örneklerde sabit olması.

Sabit Etkiler Modeli: Bu modelde eğimler bütün yatay kesit birimler için sabittir ancak kesit birimine göre değişim gösteren kesişim noktaları vardır (Yaffee, 2003). Yani sabit, birim etki içerir ve birimden birime, zamandan zamana veya hem birimden birime hem de zamandan zamana farklılık gösterir. Bu model kurulma amaçlarına göre iki farklı şekilde adlandırılmaktadır. Eğer bu model zamana veya birimlere göre bir değişim belirlemek için kurulmuşsa “Tek Faktörlü Sabit Etkili Model”, zamana ve birimlere göre bir değişim belirlemek için kurulmuşsa “İki Faktörlü Sabit Etkili Model” olarak adlandırılmaktadırlar. Bu modelin tahmininde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında kukla değişkenli en küçük kareler yöntemi, grup içi (within effect) ve gruplar arası (between effect) tahmin, ilk farklar modeli, sabit etkili model, havuzlanmış en küçük kareler yöntemi gelmektedir. Sabit etkiler modelinde tahminde heteroskedastisite, otokorelasyon ve birimlerarası korelasyon gibi problem yaratabilecek varsayımdan sapmalar karşımıza çıkabilmektedir.

Tesadüfi (Rassal) Etkiler Modeli: Modelde zaman ve birim etkileri hata teriminin bir bileşeni olarak eklenmektedirler (Güriş, 2015). Bunun nedeni sabit etkilerde karşımıza çıkan serbestlik derecesi probleminin önüne geçmektir. Bu hata terimleri modelde ifade edilirken iki bileşenden oluşmaktadır: Birim hata ve artık hata. Tesadüfi etkiler modeline ayrıca “Hata Bileşenleri Modeli” veya “Varyans Bileşenleri Modeli” de denmektedir. Etki sayısına göre tek faktörlü veya iki faktörlü tesadüfi etkili modeller olarak ele alınmaktadırlar. Bu modelin tahmininde genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi, en çok

benzerlik (olabilirlik) tahmincisi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu modelin genel varsayımları şöyledir: İlki bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmaması, ikincisi bağımsız değişkenler ile birim hata ve hata terimlerinin korelasyonsuz olması, üçüncüsü koşulsuz hata varyansı otokorelasyonsuz ve sabit olması, son olarak hata terimlerinin varyanslarının aynı olmasıdır.

4.4.2. Basit Doğrusal Regresyon Analizi

Bu çalışmada iki değişken arasındaki ilişkinin incelendiği niceliksel/ilişkisel araştırma tasarımı ve ikincil veriler kullanılmıştır. Verilerin analizinde IBM SPSS Statistics 23 ve E-Views 12 kullanılmıştır. Türkiye'nin araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasında bir ilişki olup olmadığını tespit edebilmek için Basit Doğrusal Regresyon Analizi kullanılmaktadır.

Kondo (1999) ve Prodan (2005)'in çalışmalarına bakıldığında AR-GE ve patent fonksiyonları için dört çeşit model kullanmışlardır: Doğrusal, Doğrusal Dinamik, Log-doğrusal ve Güç Modelleri. Logaritmik modelin doğrusal modelden daha kötü performans gösterdiği ve güç modelinin ise doğrusal modele benzer sonuçlar gösterdiği gözlenmiştir. Doğrusal modellerin en yüksek belirleme katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Prodan (2005)'in hipotezlerinden birisi araştırma-geliştirme harcamaları artırılırsa ortalamadan daha fazla patent başvurusu yaratılır. Bağımlı değişkeni patent başvuruları, bağımsız değişkeni araştırma-geliştirme harcamalarıdır. Hingley (1997)'in bağımlı değişkeni yurt içi patent başvuruları, bağımsız değişkeni standartlaştırılmış araştırma-geliştirme harcamalarıdır. Ayrıca Hingley, AR-GE buluşlarının patent başvurularına dönüşmesinin inovatif sürecin önemli bir parçası olmaya devam ettiğini belirtmiştir. Eğer ilişki uygun bir şekilde sistematize edilebilirse, diğer inovasyon ölçümlerinin üzerine inşa edilebileceği bir temel olarak kullanılabilir. Literatürdeki bu bilgiler ışığında analizde Türkiye için nanoteknoloji patent başvuru sayıları bağımlı değişken, toplam AR-GE harcamaları bağımsız değişken olarak belirlenmiştir.

Zou vd. (2003) belirttiği üzere basit doğrusal regresyon analizinin amacı, tahmin edici bir değişkenin belirli bir sonuç üzerindeki göreceli etkisini değerlendirmektir. Bir sürekli

değişkenin başka bir sürekli değişken ile arasındaki ilişki incelenmektedir. Regresyon analizlerinde bir bağımlı değişken olmak üzere, bir veya daha fazla bağımsız değişken(ler) vardır. Basit doğrusal regresyon analizinde ise bir bağımlı değişken, bir de bağımsız değişken bulunmaktadır. Bağımlı (açıklanan) değişken bilinir, test edilmek istenendir. Bağımsız (açıklayıcı, yordayıcı) değişken bilinir, etkisi incelenendir. Basit doğrusal regresyon modeli şöyledir:

$$Y = a + bX + e$$

Y bağımlı değişken, X bağımsız değişken, a sabit ve b regresyon katsayısı veya regresyon doğrusunun eğimi modelde bilinmeyen parametreler, e ise hata terimidir. Buradaki temel mantık, X ve Y arasındaki ilişki bulunurken hata terimleri varyasyonunu minimize edebilecek a ve b değerlerini bulmaktır. Bunun için modeldeki parametreleri (a ve b) tahmin edebilmek için en sık kullanılan yöntem En Küçük Kareler Yöntemi'dir.

Basit Doğrusal Regresyonun bazı varsayımları vardır ve bu varsayımların karşılanması gerekmektedir:

1. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her ikisi de sürekli dir.
2. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişki vardır.
3. Veri serilerinde önemli uç değerler bulunmamaktadır.
4. Kalıntı değerler (residual) ve bağımsız değişken arasında bir ilişki yoktur (Hatanın tesadüfi olması). Bir başka deyişle otokorelasyon olmamalıdır.
5. Eş varyanslılık (homoscedasticity) bulunmalıdır. Bu bağımsız değişken değerlerinin regresyon doğrusu etrafındaki varyansının yani hata teriminin küçük olması demektir.
6. Kalıntı değerler yaklaşık normal dağılmalıdır.

4.5. VERİLERİN ANALİZİ VE SONUÇLARI

Bu bölümde gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler için toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve toplam nanoteknoloji başvuru verileri ile yapılmış olan panel veri

analizinin sonuçları ve Türkiye'nin toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve toplam nanoteknoloji başvuru verileri ile yapılmış olan basit doğrusal regresyon analizinin sonuçları bu bölümde yer almaktadır.

4.5.1. Panel Veri Analizi Sonuçları

Panel veri analizi araştırmalarda, bilimsel makalelerde ve tezlerde birçok birime ait verilerin zamana bağlı olarak incelenmesi amacıyla sıkça kullanılan bir yöntemdir. Literatür incelendiğinde, panel veri analizi yapmanın avantajları göz önüne alındığında ve veri setinin zaman serisi ve yatay kesit verilerden oluşması nedeniyle bu çalışmada panel veri analizi yapmanın uygun olacağı düşünülmüştür. Verilerin analizinde Stata 14.2 yazılım paketi kullanılmıştır. Ayrı ayrı gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler için panel veri analizi yapılmıştır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin toplam AR-GE harcamaları verilerinin doğal logaritmik değeri (\ln) alınarak logaritmik bir dönüşüm yapıldıktan sonra analizleri yapılmıştır. Çünkü logaritmik dönüşüm ile veriler sıkıştırılır, aykırı değerlerin önemi azaltılır ve potansiyel olarak çan şeklinde bir dağılım elde edilir (Metcalf ve Casey, 2016). Panel veri analizinin sonuçları aşağıda yer almaktadır.

4.5.1.1. Gelişmiş Ülkelerin Panel Veri Analizi Sonuçları

Modelin analizine ve hipotezlerin testine geçmeden önce Tablo 5 ve Tablo 6'da gelişmiş ülkeler için tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi verilmiştir.

Tablo 5: Gelişmiş Ülkeler için Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Nanoteknoloji Patent	357	397,470	1.096,323	0*	6.714,000
Toplam AR-GE Harcaması	356	9,751	1,520	5,720	13,472

* Veri setinde 1 tane toplam AR-GE harcaması verisi eksiktir. Harcama verisi belirtilmediği için değer sıfır olarak alınmıştır.

Tablo 5'e göre analizin bağımlı değişkeni olan nanoteknoloji patent başvuru sayısı değişkeni incelendiğinde 21 gelişmiş ülke için 357 gözlem olup, en küçük değerinin 0, en yüksek değerinin ise 6.714 olduğu görülmektedir. Ortalama ise 397,472'dir. Standart sapması 1.096,323'tür. Standart sapma ile verilerin her birinin ortalamaya olan uzaklıkları görülmüş olunur. Standart sapma, ortalamadan uzaklaştıkça dağılım yaygınlaşır. Analizin bağımsız değişkeni olan toplam AR-GE harcamaları değişkeni incelendiğinde 21 gelişmiş ülke için 356 gözlem olup, en küçük değerinin 5,720 ve en yüksek değerinin 13,472 olduğu görülmektedir. Ortalama ise 9,751'tir. Standart sapması 1,52'dir. Ayrıca gözlem sayılarının farklı olması nedeniyle dengesiz bir panel veri setidir.

Tablo 6: Gelişmiş Ülkeler için Korelasyon Matrisi

	Nanoteknoloji Patent	Toplam AR-GE Harcaması
Nanoteknoloji Patent	1,000	
Toplam AR-GE Harcaması	0,611	1,000

Tablo 6'da korelasyon matrisi, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü göstermektedir. Bu değer 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir. 1'e ne kadar yakınsa ilişkinin gücü o kadar yüksektir. 0 değerini alır ise herhangi bir ilişkinin varlığından söz edilemez. 0,010 ile 0,290 arasında düşük; 0,300 ile 0,700 arasında orta; 0,710 ile 0,990 arasında ise yüksek düzeyde bir ilişki olduğu söylenebilir. Gelişmiş ülkeler için nanoteknoloji patent başvuru sayısı ve toplam AR-GE harcamaları arasındaki korelasyon değeri 0,611'dir. Bu değişkenler arasında orta düzeyde, pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Analize başlamadan önce değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu problem modeldeki bağımsız değişkenlerin ilişkilendirilmesi ile ilgilidir. Modelin istatistiksel gücünü azaltmaktadır. Tek bir bağımsız değişken olduğu için çoklu doğrusal bağlantının varlığının incelenmesi gerekmemektedir.

Uygun modelin belirlenmesi için öncelikle birim etkinin ve/veya zaman etkinin olup olmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için F-testi ve Breusch-Pagan LM (1980) testi yapılmıştır. Birim etki için F testinin sonuçları ile sabit etki, Breusch-Pagan

LM testi sonuçları ile tesadüfi etki yorumlanmaktadır. Tablo 7’de F testi sonuçları ve Breusch-Pagan LM testi sonuçları yer almaktadır. F testinin H_0 hipotezi birim etkinin olmaması (Bir tanesi hariç tüm kukla parametrelerin sıfır olması), H_1 hipotezi ise birim etkinin olmasıdır (En az bir kukla parametrenin sıfır olmaması). Breusch-Pagan LM testi ile bireye veya zamana özgü varyans bileşenlerinin sıfır olup olmadığı incelenir (Park, 2011). H_0 hipotezi birim etkinin olmaması (Varyansların sıfıra eşit olması), H_1 hipotezi ise birim etkinin olmasıdır (Varyansların sıfıra eşit olmaması).

Tablo 7: Gelişmiş Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları

Testler	Test Değerleri	
F Testi	F Testi İstatistiği	109,950
	Olasılık Değeri (Prob.>F)	0,000
Breusch-Pagan LM Testi	LM Test İstatistiği (Chibar2)	2.111,830
	Olasılık Değeri (Prob>chibar2)	0,000

Tablo 7’ye göre F testinin olasılık değerinin (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilir ve sabit birim etkinin olduğu kabul edilir. Breusch-Pagan LM testinin olasılık değerinin (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle birim etkilerin varyansa eşit olmadığı anlaşılır ve H_0 hipotezi reddedilir, tesadüfi birim etkinin olduğu kabul edilir.

Uygun modelin belirlenmesi için ayrıca zaman etkinin olup olmadığı da tespit edilmelidir. Bunun için F-testi ve Breusch-Pagan LM testleri yıl ve ülke temel alınarak tekrar yapılmıştır. Tablo 8’de F testi sonuçları ve Breusch-Pagan LM testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 8: Gelişmiş Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları

Testler	Test Değerleri	
F Testi	F Testi İstatistiği	109,950
	Olasılık Değeri (Prob.>F)	0,000
Breusch-Pagan LM Testi	LM Test İstatistiği (Chibar2)	0,000
	Olasılık Değeri (Prob>chibar2)	1,000

Tablo 8'e göre F testinin olasılık değerinin (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilir ve sabit zaman etkinin olduğu kabul edilir. Breusch-Pagan LM testinin olasılık değerinin (1,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden büyük olması nedeniyle zaman etkilerin varyansa eşit olmadığı anlaşılır ve H_0 hipotezi reddedilemez, tesadüfi zaman etki yoktur. Bu iki testin sonuçlarına göre bu analizde klasik modelin uygulanmasının uygun olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Birim etki ve zaman etkinin olup olmadığının tespiti sonrası uygun analiz tekniğinin belirlenmesi için sabit etki mi yoksa tesadüfi etki mi kullanılacağı belirlenmelidir. Birim etkiler ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmamalıdır. Bu varsayımın geçerliliğini kontrol etmek önemlidir çünkü böyle bir korelasyon, hata bileşenleri modelinin tahmincilerinin çoğunun tutarsızlığına yol açacaktır (Mátyás ve Sevestre, 2008). Bunun için Hausman Testi (1978) yapılmıştır. Hausman testinin H_0 hipotezi birim etkiler ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmaması (Tesadüfi etkili model uygundur), H_1 hipotezi ise birim etkiler ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmasıdır (Sabit etkili model uygundur). Tablo 9'da Hausman testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 9: Gelişmiş Ülkeler için Hausman Testi Sonuçları

Test	Test Değerleri	
Hausman Testi	Hausman Test İstatistiği (Chi2)	0,000
	Olasılık Değeri (Prob>chi2)	0,976

Hausman testi sonuçlarına göre 0,976 olasılık değerinin, anlamlılık düzeyinden (0,05) büyük olduğu görülmektedir. H_0 hipotezi reddedilemez. Bu nedenle analizde tesadüfi etkiler kullanılacaktır. Analizde tesadüfi etkiler tahmincisi olarak da Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem ile gelişmiş ülkelerdeki toplam AR-GE harcamalarının nanoteknoloji patent başvuru sayılarını nasıl etkilediği gözlemlenecektir.

Tesadüfi etkilerin kullanılacağı belirlenmesinin ardından panel veri analizinin güvenilirliği açısından varsayımdan sapmalar tesadüfi etkiler üzerinden kontrol edilmelidir. Bu varsayımlar değişen varyansın (heteroskedastisite) olmaması, otokorelasyonun olmaması ve birimler arasında korelasyonun olmaması yani yatay kesit birimlerinin bağımsız olmasıdır. Heteroskedastisite probleminde hata terimleri varyansları eşit bir şekilde dağılmaz. Otokorelasyon probleminde ise hata terimleri arasında korelasyon vardır. Analizde dengesiz bir veri seti kullanıldığı için yatay kesit birimlerinin bağımsızlığı için yapılan testler çalışmamaktadır (Çatalbaş ve Ouzini, 2023). Bu kapsamda Tablo 10'da varsayımdan sapmalarla ilgili sınamalara ilişkin yapılan testlerin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 10: Gelişmiş Ülkeler için Varsayımdan Sapmalar

Varsayımdan Sapmalar	Testler	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Heteroskedastisite	Levene, Brown ve Forsythe Testi	W0= 14,659	Pr>F= 0,000
		W50= 10,905	Pr>F= 0,000
		W10= 12,929	Pr>F= 0,000
Otokorelasyon	Durbin Watson Testi	1,155	
	Baltagi Wu LBI Testi	1,301	

Tesadüfi etkilerde heteroskedastisite probleminin olup olmadığını tespit etmek için Levene, Brown ve Forsythe Testi (1974) testi uygulanmıştır. Bu testte birimler arası varyansın eşit olması (Değişen varyans yoktur) H_0 hipotezi, birimler arası varyansın eşit olmaması (Değişen varyans vardır) ise H_1 hipotezidir. Tablo 10'daki test sonuçlarına göre W0, W50 ve W10 olan test istatistikleri, (20,335) serbestlik dereceli F-Dağılımı (Fisher-

Snedecor) tablosu değeri ile karşılaştırıldığında 0,05 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi reddedilmektedir. Bu nedenle değişen varyans (heteroskedastisite) problemi vardır sonucuna ulaşılmaktadır. Otokorelasyon probleminin olup olmadığını tespit etmek için Durbin Watson ve Baltagi Wu LBI (1999) testi uygulanmıştır. Hata terimleri arasında korelasyon olmaması (otokorelasyon yoktur) H_0 hipotezi, hata terimleri arasında korelasyonun olması (otokorelasyon vardır) H_1 hipotezidir. Tablo 10'daki Durbin Watson testi istatistiği 1,155 ve Baltagi Wu LBI testi istatistiği 1,301 olduğu görülmektedir. Her iki testin sonuçlarının 2'den küçük olması nedeniyle otokorelasyon problemi vardır sonucuna ulaşılmaktadır.

Tüm bu varsayımdan sapmalar göz önünde bulundurularak sapmaya veya sapmalara uygun bir düzeltme yöntemi seçilmesi ve bu yönteme göre analiz yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda hem otokorelasyon hem heteroskedastisite hem de yatay kesit bağımlılığı varsayım sapmalarını dikkate alan dirençli tahminci yöntemi Driscoll-Kraay Standart Hata (1998) tahmincisi kullanılmaktadır. Tablo 11'de Driscoll-Kraay Standart Hata tahmincisi kullanılarak yapılan tesadüfi etkiler tahmininin bulguları yer almaktadır.

Tablo 11: Gelişmiş Ülkeler için Driscoll-Kraay Standart Hata Tahmincisi Bulguları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	T İstatistik Değeri	Olasılık Değeri (P> t)
Toplam AR-GE Harcaması	443,987	164,871	2,690	0,016
c (Sabit Terim)	-3.931,249	1.506,552	-2,610	0,019
R² Değeri:	0,373			
Wald İstatistiği:	7,250	(prob>chi2= 0,007)		
Gözlem Sayısı:	356			
Ülke Sayısı:	21			

Tablo 11'e göre panel regresyon sonucunda elde edilen belirginlik katsayısı olan R^2 değeri (0,373) bağımlı değişkendeki (toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı) varyansın ne kadarının bağımsız değişken (toplam AR-GE harcaması) tarafından açıklandığını

anlatmaktadır. Bu değer ne kadar yüksekse bağımsız değişken bağımlı değişken üzerinde o kadar etkilidir. Burada %95 güven aralığında, toplam AR-GE harcamasının, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı varyansında meydana gelen değişimin sadece %37,300'ünü açıklama gücüne sahip olduğu bulunmuştur. Modelin bağımsız değişkenlerinin anlamlılığının denendiği Wald istatistiği olasılık değeri (0,007), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle gelişmiş ülkelerde toplam AR-GE harcamasının, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında meydana gelen değişimi açıklamada etkin olduğunu göstermektedir. Ayrıca sabit terime ait olasılık değerinin de 0,05 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olması kurulan modelin toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısını açıklama konusunda yeterli olduğu sonucuna varılabilmektedir. Toplam AR-GE harcaması ile toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Olasılık değerinin 0,05'ten küçük olması nedeniyle de bu iki değişken arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucu çıkarılabilir. Buna göre gelişmiş ülkelerde toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1'lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 4,439 birimlik bir artışa sebep olmaktadır.

4.5.1.2. Gelişmekte Olan Ülkelerin Panel Veri Analizi Sonuçları

Modelin analizine ve hipotezlerin testine geçmeden önce Tablo 12 ve Tablo 13'te gelişmekte olan ülkeler için tanımlayıcı istatistikler ve korelasyon matrisi verilmiştir.

Tablo 12: Gelişmekte Olan Ülkeler için Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Nanoteknoloji Patent	153	74,137	245,789	0*	1.599,000
Toplam AR-GE Harcaması	150	8,990	1,548	6,493	13,337

* Veri setinde 3 tane toplam AR-GE harcaması verisi eksiktir. Harcama verisi belirtilmediği için değer sıfır olarak alınmıştır.

Tablo 12'ye göre analizin bağımlı değişkeni olan nanoteknoloji patent başvuru sayısı değişkeni incelendiğinde 9 gelişmişte olan ülke için 153 gözlem olup, en küçük değerinin 0 ve en yüksek değerinin 1.599 olduğu görülmektedir. Ortalama ise 74,137'dir. Standart

sapması 245,789'dur. Analizin bağımsız değişkeni olan toplam AR-GE harcamaları değişkeni incelendiğinde 9 gelişmekte olan ülke için 150 gözlem olup, en küçük değerinin 6,493, en yüksek değerinin ise 13,337 olduğu görülmektedir. Ortalama ise 8,990'dır. Standart sapması 1,548'dir. Gözlem sayıları farklı olduğu için dengesiz bir panel veri setidir.

Tablo 13: Gelişmekte Olan Ülkeler için Korelasyon Matrisi

	Nanoteknoloji Patent	Toplam AR-GE Harcaması
Nanoteknoloji Patent	1,000	
Toplam AR-GE Harcaması	0,719	1,000

Tablo 13'te korelasyon matrisi değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü göstermektedir. Gelişmekte olan ülkeler için nanoteknoloji patent başvuru sayısı ve toplam AR-GE harcamaları arasındaki korelasyon değeri 0,719'dur. Bu değişkenler arasında yüksek düzeyde, pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Analize başlamadan önce değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu problem modeldeki bağımsız değişkenlerin ilişkilendirilmesi ile ilgilidir. Tek bir bağımsız değişken olduğu için çoklu doğrusal bağlantının varlığının incelenmesi gerekmemektedir.

Uygun modelin belirlenmesi için öncelikle birim etkinin ve/veya zaman etkinin olup olmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için F-testi ve Breusch-Pagan LM (1980) testi yapılmıştır. Tablo 14'te F testi sonuçları ve Breusch-Pagan LM testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 14: Gelişmekte Olan Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları

Testler	Test Değerleri	
F Testi	F Testi İstatistiği	13,440
	Olasılık Değeri (Prob.>F)	0,000
Breusch-Pagan LM Testi	Test İstatistiği (Chibar2)	126,570
	Olasılık Değeri (Prob>chibar2)	0,000

Tablo 14'e göre F testinin olasılık değerinin (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilir ve sabit birim etkinin olduğu kabul edilir. Breusch-Pagan LM testinin olasılık değerinin (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle birim etkilerin varyansa eşit olmadığı anlaşılır ve H_0 hipotezi reddedilir, tesadüfi birim etkinin olduğu kabul edilir.

Uygun modelin belirlenmesi için ayrıca zaman etkinin olup olmadığı da tespit edilmelidir. Bunun için F-testi ve Breusch-Pagan LM testleri yıl ve ülke temel alınarak tekrar yapılmıştır. Tablo 15'te F testi sonuçları ve Breusch-Pagan LM testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 15: Gelişmekte Olan Ülkeler için F-testi ve Breusch-Pagan LM Testi Sonuçları

Testler	Test Değerleri	
F Testi	F Testi İstatistiği	13,440
	Olasılık Değeri (Prob.>F)	0,000
Breusch-Pagan LM Testi	LM Test İstatistiği (Chibar2)	0,000
	Olasılık Değeri (Prob>chibar2)	1,000

Tablo 15'e göre F testinin olasılık değerinin (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilir ve sabit zaman etkinin olduğu kabul edilir. Breusch-Pagan LM testinin olasılık değerinin (1,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden büyük olması nedeniyle zaman etkilerin varyansa eşit olmadığı anlaşılır ve H_0 hipotezi reddedilemez, tesadüfi zaman etki yoktur. Bu iki testin sonuçlarına göre bu analizde klasik modelin uygulanmasının uygun olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Birim etki ve zaman etkinin olup olmadığının tespiti sonrası uygun analiz tekniğinin belirlenmesi için sabit etki mi yoksa tesadüfi etki mi kullanılacağı belirlenmelidir. Bunun için Hausman Testi (1978) yapılmıştır. Tablo 16’da Hausman testi sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 16: Gelişmekte Olan Ülkeler için Hausman Testi Sonuçları

Test	Test Değerleri	
Hausman Testi	Hausman Test İstatistiği (Chi2)	9,990
	Olasılık Değeri (Prob>chi2)	0,001

Hausman testi sonuçlarına göre 0,001 olan olasılık değerinin anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir. H_0 hipotezi reddedilir. Bu nedenle analizde sabit etkiler kullanılacaktır. Analizimizde sabit etkiler tahmincisi olarak da Grup İçi (Within) Tahminci kullanılacaktır. Bu yöntem ile her bir gözlem için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin değerleri kendi ortalama değerlerinden sapmalar olarak ifade edilerek sabit etkiyi ortadan kaldırır (Gujarati ve Porter, 2009).

Sabit etkilerin kullanılacağı belirlenmesinin ardından panel veri analizinin güvenilirliği açısından varsayımdan sapmalar sabit etkiler üzerinden kontrol edilmelidir. Bu varsayımlar heteroskedastisitenin olmaması, otokorelasyonun olmaması ve birimler arasında korelasyonun olmamasıdır. Analizde dengesiz bir veri seti kullanıldığı için yatay kesit birimlerinin bağımsızlığı için yapılan testler çalışmamaktadır (Çatalbaş ve Ouzini, 2023). Bu kapsamda Tablo 17’de varsayımdan sapmalara ilgili sınamalara ilişkin yapılan testlerin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 17: Gelişmekte Olan Ülkeler için Varsayımdan Sapmalar

Varsayımdan Sapmalar	Testler	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Heteroskedastisite	Değiştirilmiş Wald Testi (Grup bazında)	27.350,430	0,000
Otokorelasyon	Durbin Watson Testi	0,156	
	Baltagi Wu LBI Testi	0,476	

Sabit etkilerde heteroskedastisite probleminin olup olmadığını tespit etmek için Değiştirilmiş Wald Testi uygulanmıştır. H_0 hipotezi, her bir birimin varyansı panel ortalamasına eşittir. H_1 hipotezi ise her bir birimin varyansı panel ortalamasına eşit değildir. Böylece varyansın birimlere göre değişip değişmediği kontrol edilmektedir (Güriş, 2015). Değiştirilmiş Wald testi olasılık değeri (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçüktür. H_0 hipotezi reddedilmektedir. Bu nedenle değişen varyans (heteroskedastisite) problemi vardır sonucuna ulaşılmaktadır. Otokorelasyon probleminin olup olmadığını tespit etmek için Durbin Watson ve Baltagi Wu LBI (1999) testi uygulanmıştır. Tablo 17'deki Durbin Watson testi istatistiği 0,156 ve Baltagi Wu LBI testi istatistiği 0,476 olduğu görülmektedir. Her iki testin sonuçlarının 2'den küçük olması nedeniyle otokorelasyon problemi vardır sonucuna ulaşılmaktadır.

Tüm bu varsayımdan sapmalar göz önünde bulundurularak saptanmış veya saptanmış saptamalara uygun bir düzeltme yöntemi seçilmesi ve bu yöntemle göre analiz yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda hem otokorelasyon hem heteroskedastisite hem de yatay kesit bağımlılığı varsayım sapmalarını dikkate alan dirençli tahminci yöntemi Driscoll-Kraay Standart Hata (1998) tahmincisi kullanılmaktadır. Tablo 18'de Driscoll-Kraay Standart Hata tahmincisi kullanılarak yapılan sabit etkiler tahmininin bulguları yer almaktadır.

Tablo 18: Gelişmekte Olan Ülkeler için Driscoll-Kraay Standart Hata Tahmincisi Bulguları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	T İstatistik Değeri	Olasılık Değeri (P> t)
Toplam AR-GE Harcaması	238,359	41,500	5,740	0,000
c (Sabit Terim)	-2.067,556	368,973	-5,600	0,000
R² Değeri:	0,275			
F (1,16)=	32,99	(Prob>F= 0,000)		
Gözlem Sayısı:	150			
Ülke Sayısı:	9			

Tablo 18'e göre panel regresyon sonucunda elde edilen belirginlik katsayısı olan R² değerinin 0,275 olduğu görülmektedir. Burada %95 güven aralığında, toplam AR-GE harcaması, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı varyansında meydana gelen değişimin sadece %27,500'ünü açıklama gücüne sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca sabit terime ait olasılık değerinin de 0,05 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olması kurulan modelin toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısını açıklama konusunda yeterli olduğu söylenebilir. Toplam AR-GE harcaması ile toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Olasılık değerinin 0,05'ten küçük olması nedeniyle de bu iki değişken arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna varılabilmektedir. Ayrıca F olasılık değeri bağımsız değişkenin bağımlı değişken için anlamlı bir ön gösterge olup olmadığı hakkında yorum yapılmasına yardım etmektedir. F olasılık değeri (0,000), 0,05 anlamlılık düzeyinden küçüktür. Bu nedenle istatistiki olarak anlamlı kabul edilebilir. Sonuç olarak gelişmekte olan ülkeler için toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1'lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 2,383 birimlik bir artışa sebep olmaktadır.

4.5.2. Basit Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları

Basit doğrusal regresyon normal dağılıma sahip olan iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi analiz etmeyi sağlayan, günümüzde araştırmalarda, bilimsel makalelerde ve tezlerde sıkça kullanılan yöntemlerden biridir. Bu nedenle literatür incelendiğinde,

Türkiye'nin toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve toplam nanoteknoloji başvuru verileri ile basit doğrusal regresyon analizi yapmanın uygun olacağı düşünülmüştür.

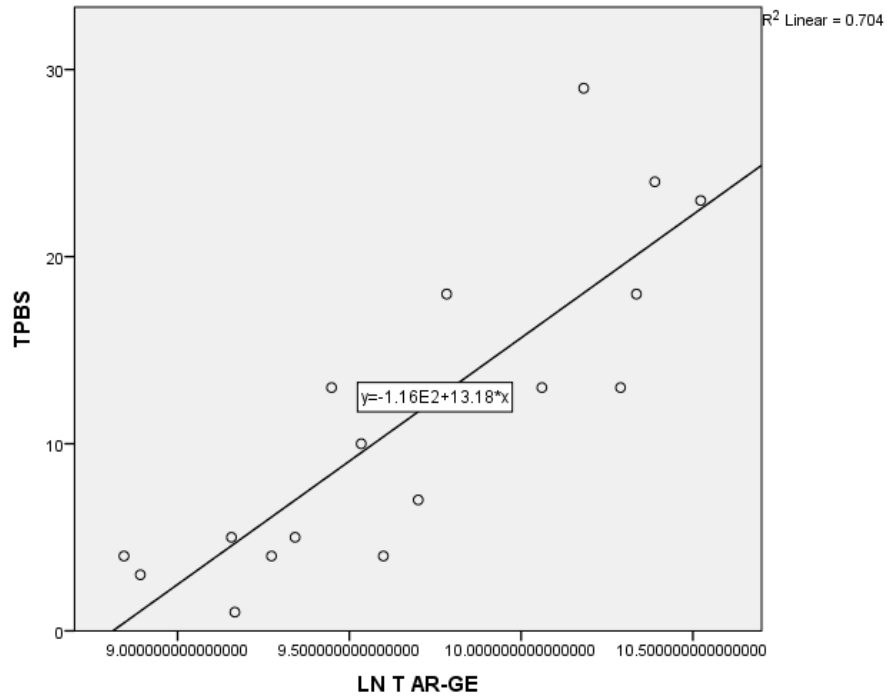
Verilerin analizinde IBM SPSS Statistics 23 ve E-Views 12 kullanılmıştır. Hipotezin testi için Basit Doğrusal Regresyon Analizi yapılmıştır. Türkiye'nin toplam AR-GE harcamaları verilerinin doğal logaritmik değeri (\ln) alınarak logaritmik bir dönüşüm yapıldıktan sonra analizleri yapılmıştır. Çünkü logaritmik dönüşüm ile veriler sıkıştırılır, aykırı değerlerin önemi azaltılır ve potansiyel olarak çan şeklinde bir dağılım elde edilir (Metcalf ve Casey, 2016). Basit doğrusal regresyon analizinin sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Regresyon analizi yapılırken metodoloji bölümünde belirtildiği üzere bazı varsayımların karşılanması gerekmektedir. Tüm analizler yapıldıktan sonra bu varsayımları karşılayıp karşılamadıkları kontrol edilmektedir.

İlk varsayım değişkenlerin sürekli olmasıdır. Değişkenlerin sürekli olması en düşük ve en yüksek ölçüm noktaları arasında sınırsız sayıda değer alabilecekleri anlamına gelmektedir (McCue, 2014). Analizde tüm değişkenler sürekli dir. Değişkenlerin aralarında doğrusal bir ilişki olup olmadığını ise bir değişken değiştiğinde, diğer değişken de orantılı olarak değişmişse doğrusal ilişkinin varlığından söz edilir.

İkinci varsayım olan doğrusallığı kontrol etmek için Şekil 13'te yer alan her bir hipotezin saçılım grafikleri incelenir. Verilerin sayısının az olması nedeniyle bunu görmek zordur fakat yine de doğrusal bir ilişkinin varlığından söz edilir.

Şekil 13: Hipotezin Saçılım Grafiği

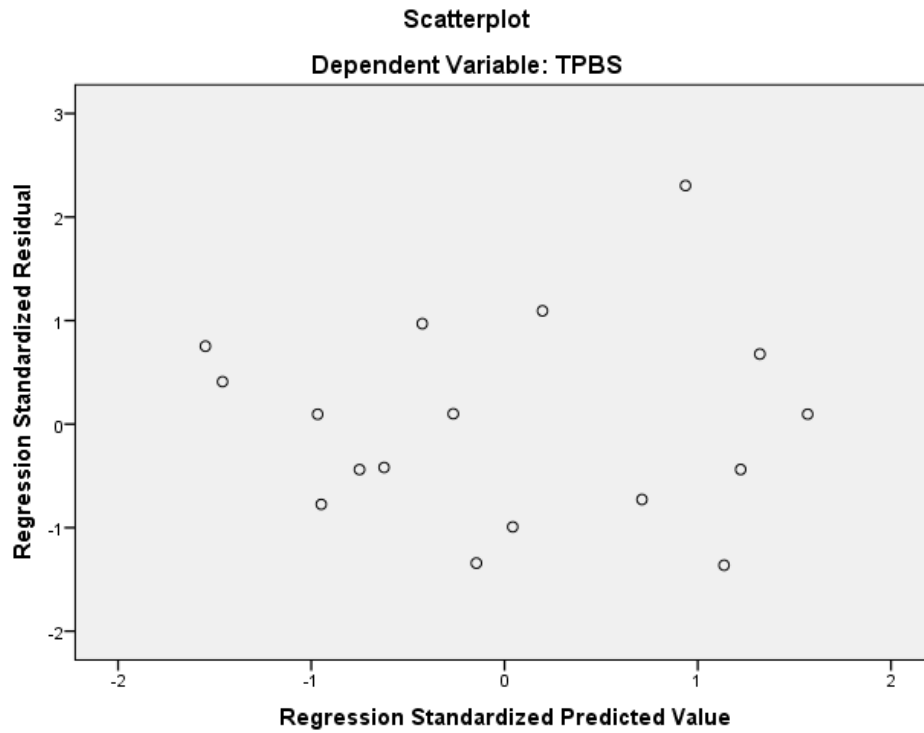


Üçüncü varsayım olan veri serilerinde önemli uç değerlerin olmaması kontrolünü ise analiz sonucunda eğer “Casewise diagnostic” tablosu oluşursa bu veri serisinde uç değerler olduğu anlamına gelmektedir. Hipotezin analizinde bu tablo oluşmamıştır. Bu veri serilerinde önemli uç değerler bulunmadığı anlamına gelmektedir.

Dördüncü varsayımda otokorelasyonun olup olmadığının kontrolü ise analiz sonucunda oluşan “Model Özeti” tablosunda bulunan Durbin-Watson değerine göre yapılmaktadır fakat bu analiz az veriden ve tek bir bağımsız değişkenden oluştuğu için bu değer çok önemli olmamaktadır. Durbin-Watson Önem Tablosuna ($k=1$, $n=17$) baktığımızda alt değer (dL) 1,130 ve üst değer (dU) 1,380 olduğu görülmüştür. Durbin-Watson değerine (dW) göre (Yavuz, 2009); $0 \leq dW < dL$ ise pozitif otokorelasyon olduğu, $dL < dW < dU$ ise karar verilemediği, $dU < dW < 4-dU$ ise otokorelasyonun olmadığı, $4-dU < dW < 4-dL$ ise karar verilemediği, $4-dL < dW \leq 4$ ise ise negatif otokorelasyon olduğu kararı verilebilir. Bu aralıklara göre Durbin Watson değerimizin 1,380 ile 2,620 arasında olması gerekmektedir. Analizde Durbin Watson değerinin 2,581 olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu analizde otokorelasyon problemi yoktur.

Beşinci varsayım olan eş varyanslılık gözlenmesinin kontrolü ise analiz sonucunda oluşmuş kalıntı değerler ile tahmin değerleri arasındaki saçılım grafiği ile yapılmaktadır. Bu grafikteki değerler rastgele dağılmalı, herhangi bir kümelenme olmamalıdır. Şekil 14’te hipotezin kalıntı değerler ile tahmin değerleri arasındaki saçılım grafiği yer almaktadır. Grafiklerden de görüleceği üzere herhangi bir kümelenme yoktur, değerler rastgele dağılmıştır. Bu bağımlı değişken, bağımsız değişkenin tüm değerlerinde eşit varyans göstermesi anlamına gelmektedir. Ayrıca Breusch-Pagan-Godfrey testi ile de değişen varyans olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu test sonucunda göre F istatistiğinin 1,391 (Prob. Chi2= 0,229) olduğu görülmüş ve olasılık değerinin 0,05 anlamlılık düzeyinden büyük olması nedeniyle heteroskedastisite problemi yoktur.

Şekil 14: Kalıntı Değerler ile Tahmin Değerleri Arasındaki Saçılım Grafiği



Altıncı varsayım olan kalıntı değerlerin yaklaşık normal dağılmasının kontrolünü analiz sonucu oluşan “Normallik Testi” tablosunda bulunan kalıntı değerlerin Shapiro-Wilk değerine göre yapılabilir. Değerin 0,05 anlamlılık düzeyinden büyük olması

beklenmektedir. Analizde Shapiro-Wilk anlamlılık değerinin 0,556 olduğu ve 0,05'ten büyük olduğu görülmektedir. Kalıntı değerler normal dağılmaktadır.

Tablo 19'da regresyon analizi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 19: Basit Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları

R	R ²	F	p	B	t	p	Denklem
0,839	0,704	35,715	0,000	13,177	5,976	0,000	Y= -1,16E2 + 13,18x

R değeri korelasyon değeridir. Değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü ifade etmektedir. R değeri 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir. Bu değer 1'e ne kadar yakınsa ilişkinin gücü o kadar yüksektir. 0 değerini alır ise herhangi bir ilişkinin varlığından söz edilemez. 0,01 ile 0,29 arasında düşük; 0,30 ile 0,70 arasında orta; 0,71 ile 0,99 arasında ise yüksek düzeyde bir ilişki olduğu söylenbilir. R² değeri bağımlı değişkendeki varyansın ne kadarının bağımsız değişken tarafından aıklanığını anlatmaktadır. R değeri 0,839 olup değişkenler arasında pozitif ve güçlü bir ilişki vardır. Ayrıca toplam araştırma-geliştirme harcaması, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı varyansındaki meydana gelen değişimin %70,400'n açıklama gücüne sahip olduğu görülmektedir.

F ve olasılık değeri (p) ise bağımsız değişkenin bağımlı değişken için anlamlı bir n gösterge olup olmadığı hakkında yorum yapılmasına yardım etmektedir. Eğer olasılık değeri 0,05'ten kkk ise istatistiksel olarak anlamlı ve birbirinden farklı anakütlelerden geldiği kabul edilmektedir. Test sonuçları incelendiğinde 0,000 olan p değerinin, anlamlılık düzeyinden (0,05) kkk olması nedeniyle istatistiki olarak anlamlı, değişkenler birbirleri için anlamlı birer n gösterge olup ve birbirinden farklı anakütlelerden gelmesi nedeniyle aralarındaki ilişkiyi doğrusal bir modelle açıklanabilir.

Basit doğrusal regresyon değil de çoklu regresyon yapılmış olunsaydı t değeri hangi bağımsız değişkenin anlamlı bir n gösterge olduğunun anlaşılması konusunda yardımcı olacaktı. Modelde tek bir bağımsız değişken bulunmaktadır. Analiz sonucunda 0,000 olan

t değeri olasılık değerinin 0,05 anlamlılık düzeyinden küçük olması nedeniyle toplam AR-GE harcaması bağımsız değişkeninin anlamlı bir ön gösterge olduğu söylenbilir.

B değeri regresyon katsayısıdır. Regresyon formülünde kullanılmaktadır. Bu değer ile bağımsız değişkendeki %1 birimlik bir artışın, bağımlı değişkende B/100 değeri kadar bir artış veya azalış meydana getireceği anlaşılmaktadır. Buna göre Türkiye’de toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1’lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 0,131 birimlik bir artışa sebep olmaktadır.

5. BÖLÜM

SONUÇ, TARTIŞMA, KISITLAR VE ÖNERİLER

Çalışmanın bu bölümünde mevcut literatür göz önünde bulundurularak, analizlerden elde edilmiş olan bulguların ışığında sonuçlar, tartışmalar, kısıtlar ve öneriler yer almaktadır.

Tez çalışması kapsamında 2006-2022 yılları için gelişmiş ülkelerin ve gelişmekte olan ülkelerin toplam araştırma-geliştirme harcamaları ve nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki incelenmiştir. Daha sonra Türkiye’de yapılan toplam AR-GE harcamaları ile Türkiye toplam nanoteknoloji patent başvuruları arasındaki ilişki incelenerek Türkiye’nin bu konuda nasıl bir konumda olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda Türkiye’deki nanoteknoloji patent başvuru sayısının AR-GE harcamalarına bağlı olup olmadığı ile ilgili mevcut durum incelenmiştir. AR-GE ve patent literatüründe ve tez çalışmalarında nanoteknoloji patenti ve AR-GE ilişkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından dolayı Türkiye’nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ve gelişmiş ekonomiler için bu çalışmanın bulguları literatüre katkı sağlamaktadır. Ayrıca Türkiye için nanoteknoloji patentleri ve araştırma-geliştirme ile ilgili yapılacak olan çalışmalara yol gösterici olacaktır.

Analizin ilk bölümünde panel veri analizi yöntemlerinin varsayımları kontrol edilmiş olup, uygun model belirlenip analizleri yapıldıktan sonra gelişmiş ülkeler için korelasyon değerine (0,611) göre toplam AR-GE harcamaları ile toplam nanoteknoloji patent başvuruları değişkenleri arasında orta düzeyde ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Driscoll-Kraay standart hata tahmincisi R^2 değerine (0,373) göre %95 güven aralığında, toplam AR-GE harcaması, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı varyansında meydana gelen değişimin sadece %37,300’ünü açıklama gücüne sahip olduğu bulunmuştur. Gelişmiş ülkelerde toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1’lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 4,439 birimlik bir artışa sebep olduğu analiz sonucunda ortaya konmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için korelasyon değerini (0,719) incelediğimizde toplam AR-GE harcamaları ile toplam nanoteknoloji patent başvuruları değişkenleri arasında yüksek düzeyde pozitif yönlü bir

ilişki olduğu belirlenmiştir. Driscoll-Kraay standart hata tahmincisi R^2 değerine (0,275) göre %95 güven aralığında, toplam AR-GE harcaması, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı varyansında meydana gelen değişimin sadece %27,500'ünü açıklama gücüne sahip olduğu bulunmuştur. Gelişmekte olan ülkeler için analiz sonucunda toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1'lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 2,383 birimlik bir artışa sebep olduğu ortaya konmaktadır. Her iki analizde R^2 değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Pakes ve Griliches (1980)'in çalışmasında da R^2 değerlerinin 0,200-0,300 arasında olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin doğal bir rastgeleliğin bir yansıması mı yoksa patent alma davranışının farklı yıllarda değişiklik göstermesi mi olduğunun söylenemeyeceğinden bahsetmektedir. Gujarati (2003) kitabında ise düşük R^2 'lere çok sayıda gözlem içeren yatay kesit verilerde sıklıkla rastlandığına dair önemli bir ampirik gözlemi ortaya koymaktadır. Burada R^2 değeri ile F test istatistiği arasındaki ilişki önem taşımaktadır. Eğer R^2 sıfır ise F de sıfır olacaktır yani bağımsız değişkenler bağımlı değişkenler üzerinde herhangi bir etkisi olmayacağı anlamına gelmektedir. Bu analizde F değeri anlamlı bulunmuştur. Kısacası R^2 'lerin düşük çıkmasına şaşırılmamalı ve endişelenmemek gerekir. Önemli olan modelin doğru şekilde belirlenmiş olması, regresörlerin doğru özelliklere sahip olması ve regresyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olmasıdır.

Analizin ikinci bölümünde, Türkiye için basit doğrusal regresyon yönteminin varsayımları kontrol edilmiş olup, korelasyon değerine (0,839) göre toplam AR-GE harcamalarıyla, toplam nanoteknoloji patent başvuru değişkenleri arasında pozitif ve güçlü bir ilişki olduğu, R^2 değerine (0,704) göre toplam AR-GE harcaması, toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısı varyansında meydana gelen değişimin %70,400'ünü açıklama gücüne sahip olduğu ortaya konmaktadır. Türkiye için toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1'lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 0,131 birimlik bir artışa sebep olduğu analiz sonucunda belirlenmiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde, Prodan (2005) çalışmasında OECD ülkeleri ve Orta Avrupa ülkeleri için patent başvuru sayısının AR-GE harcamalarına, özellikle de iş sektöründeki AR-GE harcamalarına bağlı olup olmadığını test etmek için bir model sunmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda araştırma-geliştirme harcamaları ile patent

başvuruları arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulunmuştur. Hingley (1997) çalışmasında AR-GE harcamaları ile EPC'ye taraf ülkelere gelen patent başvurularının sayısı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. EPC'ye taraf olan ülkelerde AR-GE harcamalarının gelecekteki patent başvuruları üzerinde olumlu bir etkisi olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur. Kumazawa ve Gomis-Porqueras (2012) çalışmasında AR-GE akışlarının dünya genelindeki patent akışları üzerindeki etkisini incelemiştir. Kişi başına düşen toplam AR-GE'nin Avrupa Birliği ülkeleri için kişi başına düşen toplam üçlü, USPTO ve EPO patentleri üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Huňady ve Orviská (2014) çalışmasında AB ülkelerini kapsayan veriler ile AR-GE harcamaları, ekonomik büyüme ve inovasyon arasındaki ilişkiyi ampirik olarak doğrulamayı amaçlamıştır. Sonucunda AR-GE harcamaları ile patent sayısı arasında pozitif bir korelasyon keşfedilmiştir. Sözen ve Tufaner (2019) çalışmasında OECD ülkeleri verileri ile AR-GE harcamaları, patent başvuru sayısı ve yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sonucunda araştırma-geliştirme harcamalarındaki artış hem yüksek teknolojili ürünlerin ihracatını hem de patent başvuru sayısını artırmıştır. Gürler (2021) çalışmasında OECD, BRIICS ve Malezya, Singapur, Tayvan (Çin Taipei), Vietnam gibi ülke verileri kullanarak yüksek teknoloji ihracatı ile AR-GE harcamaları, araştırmacı ve doğrudan yabancı yatırım ve toplam patent başvuruları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sonuç olarak AR-GE'deki bir artış, uluslararası pazarlarda patent sayılarında ve yüksek teknoloji ihracatında artışa neden olmuştur. Literatür bulguları karşılaştırıldığında görülüyor ki literatürdeki çalışmalarda genelde gelişmiş ülkeler için AR-GE harcamaları ile patent başvuru sayıları arasında güçlü ve pozitif yönlü ilişkiler mevcuttur. OECD ülkeleri veya gelişmekte olan ülkeler için genellikle AR-GE harcamalarındaki bir artışın toplam patent başvurularında artışa neden olduğu gözlenmektedir. Bu çalışmada ise AR-GE harcamaları ile nanoteknoloji patentleri arasında gelişmiş ülkeler için orta ve pozitif yönlü, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için pozitif yönlü ve güçlü ilişkiler vardır. Bu durumda literatürdeki bazı çalışmaların sonucunu destekler niteliktedir. Gelişmekte olan ülkelerin analize başlamadan önceki korelasyon değeri ile Driscoll-Kraay standart hata tahmincisi ile yapılan analiz sonrasında ortaya çıkan korelasyon değerleri incelendiğinde aslında gelişmekte olan ülkeler için de orta ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Mevcut literatürde genellikle ABD ve Avrupa ülkeleri gibi gelişmiş ülkeler ya da OECD gibi hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri bir arada inceleyen çalışmalar

mevcuttur. Bu çalışmada ise gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler için daha net bir ayırım yapılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmanın bulgularının mevcut literatür ile kısmen örtüştüğü sonucuna varılmaktadır.

Çalışmanın bulguları incelendiğinde gelişmiş ülkelerde toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1'lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 4,430 birimlik bir artışa, gelişmekte olan ülkeler için 2,380 birimlik bir artışa sebep olduğu görülmektedir. Gelişmiş ülkelerin AR-GE'ye ayırmış oldukları payın gelişmekte olan ülkelere daha fazla olduğu düşünülürse bu sonuç oldukça beklenen bir durumdur. Literatür de incelendiğinde gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere göre daha fazla patent çıktısı ürettiği görülmektedir. Türkiye için yapılan bu analiz sonucuna göre toplam AR-GE harcamasında meydana gelen %1'lik bir artış toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısında 0,131 birimlik bir artışa sebep olmuştur. Türkiye'de gelişmekte olan ülkeler arasında olduğuna göre nanoteknoloji patenti üretme konusunda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin arkasında kaldığı sonucuna varılmaktadır.

Bu bulgular ışığında gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için araştırma-geliştirme harcamalarındaki artışın toplam nanoteknoloji patent başvuru sayısını arttırması nedeniyle AR-GE faaliyetlerine GSMH'den daha fazla kaynak ayrılmasına olanak tanıyabilir. Bu faaliyetlerin artması ile daha fazla nanoteknolojik inovasyonlar yaratılabilir, bu inovasyonların ticarileştirilmesi ve ihracatı ile sürdürülebilir bir ekonomik büyüme desteklenebilir, gelişmekte olan ülkeler ve Türkiye için belirli bir ekonomik gelişmişlik seviyesine gelmeleri için yardımcı olabilir.

Çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Bunlardan ilki analizde kullanılan AR-GE harcaması verilerinin, ilgili nanoteknoloji patentleri için gerçekten kullanılıp kullanılmadığıdır. Ayrıca her ülkenin kendi patent verme yöntemi ve prosedürleri vardır. Bu çalışmada USPTO'nun nanoteknoloji verileri kullanılarak bu kısıtın önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca her inovasyon patentli değildir. Bu nedenle patentlerin buluş faaliyet çıktısının kusurlu bir ölçüsü olduğunu unutmamak gerekir. Bir diğer kısıt ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için AR-GE harcamasının yapıldığı yıl içerisinde patent başvurusunun yapıp yapılmadığıdır. Bunun tespiti ülkeden ülkeye veya sektörden

sektöre değişmesi nedeniyle zordur. Bu analizde 1 yıl üzerinden yapılmıştır. Analizde USPTO'dan alınmış nanoteknoloji patent başvuru verileri kullanılmıştır. Buradaki veriler başvuru sahibinin ABD'de patentini korumaya aldığını göstermektedir. Patent verilerinin, ülkelerin tüm dünyadaki nanoteknoloji patent verilerini yansıtmadığına dikkat etmek gerekmektedir.

Analiz on yedi yıllık bir zaman dilimi ve kısıtlı bir ülke topluğu için yapılmıştır. Bu kapsamda zaman dilimi genişletilebilir, farklı zaman dilimlerindeki etkileri incelenebilir ve daha fazla ülke verileri elde edilerek Türkiye ile karşılaştırmaları yapılabilir, ülkeler kategorilere ayrılarak farklı analizler ortaya konabilir. Analizlerde hipotezleri incelediğimizde her birinde tek bağımsız değişken kullanılmıştır. Analize farklı bağımsız değişkenler eklenerek kapsam genişletilebilir. Ayrıca Türkiye ve başka ülkeler için hem AR-GE harcamaları hem de nanoteknoloji patent verileri devlet, yükseköğretim, mali ve mali olmayan şirketler, yurt içi ve yurt dışı gibi sınıflandırmalar ile daha ayrıntılı sonuçlar elde edilerek, yapılacak olan bir AR-GE harcamasının nereye yatırılacağı ve neticesinde nasıl daha çok nanoteknoloji patenti çıktısı elde edileceği belirlenebilir. Analizde toplam AR-GE harcamaları yerine nanoteknoloji için yapılmış AR-GE harcamaları verileri ile bir analiz yapılarak bu harcamanın ne kadar verimli olduğu hakkında yorumlar yapılabilir. Türkiye için AR-GE harcamaları içindeki nanoteknoloji yatırımlarının miktarı TÜİK'e sorulmuş olup böyle bir kalemin henüz olmadığı fakat sektörel bazda ve son zamanlarda bu verilerin kayıt altına alındığı belirtilmiştir. Bu nedenle ileride bu konuda sektörel analizler de yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Acs, Z. J., Anselin, L., & Varga, A. (2002). *Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge*. *Research Policy*, 31(7), 1069-1085. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00184-6)
- Alencar, M. S. M., Porter, A. L., & Antunes, A. M. S. (2007). *Nanopatenting patterns in relation to product life cycle*. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(9), 1661-1680. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.04.002>
- Altuzarra, A. (2019). *R&D and patents: Is it a two way street?*. *Economics of Innovation and New Technology*, 28(2), 180-196. <https://doi.org/10.1080/10438599.2018.1449726>
- Amdaoud, M., Hanel, P., & Le Bas, C. (2023). *Firm patenting and types of innovation. An empirical investigation on patenting determinants in developing countries*. *Economics of Innovation and New Technology*, 32(6), 731-750. <https://doi.org/10.1080/10438599.2021.2024074>
- Aronson, J. K. (2008). *Something new every day: Defining innovation and innovativeness in drug therapy*. *The Journal of Ambulatory Care Management*, 31(1), 65-68. DOI: 10.1097/01.JAC.0000304100.38120.b2
- Arora, A., Athreye, S., & Huang, C. (2016). *The paradox of openness revisited: Collaborative innovation and patenting by UK innovators*. *Research Policy*, 45(7), 1352-1361. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.03.019>
- Arora, A., Ceccagnoli, M., & Cohen, W. M. (2008). *R&D and the patent premium*. *International Journal of Industrial Organization*, 26(5), 1153-1179. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2007.11.004>
- Atun, R. A., Harvey, I., & Wild, J. (2007). *Innovation, patents and economic growth*. *International Journal of Innovation Management*, 11(02), 279-297. <https://doi.org/10.1142/S1363919607001758>

- Ayhan, A. (2002). *Dünden bugüne Türkiye'de bilim-teknoloji ve geleceğin teknolojileri*. Gürış Holding.
- Baltagi, B. H. (2021). *Econometric analysis of panel data*. Chichester: Wiley. DOI: 10.1007/978-3-030-53953-5
- Baregheh, A., Rowley, J., & Sambrook, S. (2009). *Towards a multidisciplinary definition of innovation*. *Management decision*, 47(8), 1323-1339. <https://doi.org/10.1108/00251740910984578>
- Basberg, B. L. (1987). *Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature*. *Research policy*, 16(2-4), 131-141. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(87\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0048-7333(87)90027-8)
- Bekkers, V., Edelenbos, J., & Steijn, B. (2011). *Innovation in the public sector*. New York: Palgrave Macmillan.
- Beneito, P. (2006). *The innovative performance of in-house and contracted R&D in terms of patents and utility models*. *Research Policy*, 35(4), 502-517. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.01.007>
- Bhagat, Y., Gangadhara, K., Rabinal, C., Chaudhari, G., & Ugale, P. (2015). *Nanotechnology in agriculture: A review*. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(1), 737-747.
- Bottazzi, L., & Peri, G. (2007). *The international dynamics of R&D and innovation in the long run and in the short run*. *The Economic Journal*, 117(518), 486-511. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2007.02027.x>
- Bound, J., Cummins, C., Griliches, Z., Hall, B. H., & Jaffe, A. B. (1982). *Who does R&D and who patents?*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226308920-005>
- Chang, M. C., Wang, Y. H., Hung, J. C., & Sun, C. (2015). *R&D, patent arrangements, and financial performances: Evidence from Taiwan*. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 23(1), 25-40. <https://doi.org/10.3311/PPso.7967>

- Chaudhary, L. S., Ghatmale, P. R., & Chavan, S. S. (2016). *Review on: Application of nanotechnology in computer science*. International Journal of Science and Research (IJSR), 5, 1542-1545.
- Chen, Z., Zhang, J., & Zi, Y. (2021). *A cost-benefit analysis of R&D and patents: Firm-level evidence from China*. European Economic Review, 133(103633), 1-28. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2020.103633>
- Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). *Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation*. New Frontiers in Open Innovation. Oxford: Oxford University Press, Forthcoming, 3-28.
- Choudhary, B. P., Kumar, B., Sharma, S., Sharma, A. K., Karmakar, R., & Singh, N. B. (2023). *Nanotechnology in defence and security*. Emerging Applications of Nanomaterials, 141, 151-168.
- Christenson, C. (1997). *The innovator's dilemma*. Harvard Business School Press, Cambridge, Mass.
- Christian, F., Edith, Selly, Adityawarman, D., & Indarto, A. (2013). *Application of nanotechnologies in the energy sector: A brief and short review*. Frontiers in Energy, 7, 6-18. DOI: 10.1007/s11708-012-0219-5
- Cincera, M. (1997). *Patents, R&D, and technological spillovers at the firm level: Some evidence from econometric count models for panel data*. Journal of Applied Econometrics, 12(3), 265-280.
- Cohen, W. M. (2010). *Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance*. Handbook of the Economics of Innovation, 1, 129-213. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01004-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01004-X)
- Crosby, M. (2000). *Patents, innovation and growth*. Economic Record, 76(234), 255-262. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2000.tb00021.x>
- Czarnitzki, D., Kraft, K., & Thorwarth, S. (2009). *The knowledge production of 'R' and 'D'*. Economics Letters, 105(1), 141-143. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2009.06.020>

- Çatalbaş, G. K., & Ouzini, A. S. (2023). *Dengesiz Panel Veri ile Atama Yoluyla Elde Edilen Dengeli Panel Veri Sonuçlarının Karşılaştırılması*. Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi, (11), 75-92. <https://doi.org/10.58627/dpuiibf.1286984>
- Dahlin, K. B., & Behrens, D. M. (2005). *When is an invention really radical?: Defining and measuring technological radicalness*. Research Policy, 34(5), 717-737. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.009>
- Damanpour, F., & Gopalakrishnan, S. (2001). *The dynamics of the adoption of product and process innovations in organizations*. Journal of Management Studies, 38(1), 45-65. <https://doi.org/10.1111/1467-6486.00227>
- Danguy, J., De Rassenfosse, G., & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2010). *The R&D-patent relationship: An industry perspective*. CEPR Discussion Paper No. DP814.
- Danguy, J., De Rassenfosse, G., & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2014). *On the origins of the worldwide surge in patenting: An industry perspective on the R&D-patent relationship*. Industrial and Corporate Change, 23(2), 535-572. <https://doi.org/10.1093/icc/dtt042>
- Das, R. C. (2020). *Interplays among R&D spending, patent and income growth: New empirical evidence from the panel of countries and groups*. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 9, 1-22. <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00130-8>
- Data, I. I. (2005). *Oslo manual*. Paris and Luxembourg: OECD/Euro-stat.
- Davis, M. H., & Miller, A. R. (2000). *Intellectual property: Patents, trademarks, and copyright in a nutshell*. West Group.
- De Icaza, M. (2007). *Learn from the past, create the future: Inventions and patents*. WIPO.
- De Rassenfosse, G., & De La Potterie, B. V. P. (2009). *A policy insight into the R&D-patent relationship*. Research Policy, 38(5), 779-792. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.12.013>
- Drucker, Peter. (1973). *Management: Tasks, responsibilities, practices*. New York: Harper & Row Publishers.

- Du Preez, N. D., & Louw, L. (2008). *A framework for managing the innovation process*. In PICMET'08-2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology, 546-558. IEEE. DOI: 10.1109/PICMET.2008.4599663
- E-Co Consulting and Coaching. (2022). *Sector study on nanotechnology in Turkey and the Netherlands for increased collaboration*. Netherlands Enterprise Agency. Erişim:19 Aralık 2023, https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022/04/NIN_Turkey_Report_2022.pdf
- Edwards-Schachter, M. (2018). *The nature and variety of innovation*. International Journal of Innovation Studies, 2(2), 65-79. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2018.08.004>
- Edwards-Schachter, M., & Wallace, M. L. (2017). 'Shaken, but not stirred': Sixty years of defining social innovation. Technological Forecasting and Social Change, 119, 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.012>
- Elçi, Ş. (2006). *İnovasyon: Kalkınmanın ve rekabetin anahtarı*. Meteksan Bilişim Grubu, BT Haber.
- Elçi, Ş., Karataylı, İ., & Karaata, S. (2008). *Bölgesel inovasyon merkezleri: Türkiye için bir model önerisi*. TUSİAD Yayınları.
- Energy Information Administration (EIA). (2023). *International energy outlook 2023*. Erişim: 11 Ekim 2023, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/narrative/index.php?=all-open>
- EPO. (t.y.). *What is a patent?*. Erişim: 20 Aralık 2023, https://e-courses.epo.org/wbts_int/litigation/WhatIsAPatent.pdf
- Epstein, R. I., & Malloy, K. J. (2009). *Electrocaloric devices based on thin-film heat switches*. Journal of Applied Physics, 106(064509), 1-7. <https://doi.org/10.1063/1.3190559>
- Erdem, K. O. Ç., & Şenel, M. C. (2013). *Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme*. Mühendis ve Makina, 32-44.

- European Commission (1995). *Green paper on innovation*. Erişim: 02 Aralık.2023, https://aei.pitt.edu/1218/1/innovation_gp_COM_95_688.pdf
- Eurostat. (2022). *R&D personnel by sector of performance, professional position and sex*. Erişim: 7 Aralık 2023, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rd_p_persocc/default/table?lang=en
- Gault F. (2013). *Handbook of innovation indicators and measurement*. Edward Elgar Publishing: Northampton, MA.
- Gault, F. (2018). *Defining and measuring innovation in all sectors of the economy*. Research Policy, 47(3), 617-622. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.01.007>
- Göktepe-Hulten, D., & Mahagaonkar, P. (2010). *Inventing and patenting activities of scientists: In the expectation of money or reputation?*. The Journal of Technology Transfer, 35, 401-423.
- Greenhalgh, C., & Rogers, M. (2010). *Innovation, intellectual property, and economic growth*. In Innovation, intellectual property, and economic growth. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400832231>
- Griliches, Z. (1998). *Patent statistics as economic indicators: A survey*. In *R&D and productivity: The econometric evidence*. University of Chicago Press, 287-343.
- Gujarati, D. N.(2003). *Basic econometrics*. McGraw-hill.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics*. McGraw-hill.
- Gulzar, A.A. (2015). *Research and development (R&D)*. Erişim: 6 Aralık 2023, <https://educarepk.com/research-and-development-rd.html>
- Gupta, S., Malhotra, N. K., Czinkota, M., & Foroudi, P. (2016). *Marketing innovation: A consequence of competitiveness*. Journal of Business Research, 69(12), 5671-5681. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.02.042>
- Güriş S. (2015). *Stata ile Panel Veri Modelleri*. DR Yayınları.
- Gürler, M. (2021). *The effect of the researchers, research and development expenditure as innovation inputs on patent grants and high-tech exports as innovation outputs*

- in OECD and emerging countries especially in BRICS*. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 1140-1149. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1051899>
- Hagedoorn, J., & Cloudt, M. (2003). *Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators?*. *Research Policy*, 32(8), 1365-1379. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00137-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00137-3)
- Hasan, I., & Tucci, C. L. (2010). *The innovation–economic growth nexus: Global evidence*. *Research policy*, 39(10), 1264-1276. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.07.005>
- Hašič, I., & Migotto, M. (2015). *Measuring environmental innovation using patent data*. OECD Environment Working Papers. <https://doi.org/10.1787/19970900>
- Hegde, D., Herkenhoff, K., & Zhu, C. (2023). *Patent publication and innovation*. *Journal of Political Economy*, 131(7), 1845-1903.
- Herzog, P. (2009). *Open and closed innovation: Different cultures for different strategies*. Springer Science & Business Media.
- Hingley, P. (1997). *The extent to which national research and development expenditures affect first patent filings in contracting states of the European patent convention*. *World Patent Information*, 19(1), 15-25. [https://doi.org/10.1016/S0172-2190\(97\)00049-5](https://doi.org/10.1016/S0172-2190(97)00049-5)
- Hivner, W., Hopkins, W. E., & Hopkins, S. A. (2003). *Facilitating, accelerating, and sustaining the innovation diffusion process: An epidemic modeling approach*. *European Journal of Innovation Management*, 6(2), 80-89. <https://doi.org/10.1108/14601060310475237>
- Hsiao, C. (2022). *Analysis of panel data* (No. 64). Cambridge university press.
- Hughes, A., Moore, K., & Kataria, N. (2011). *Innovation in public sector organisations: A pilot survey for measuring innovation across the public sector*. London: Nesta.
- Hulla, J. E., Sahu, S. C., & Hayes, A. W. (2015). *Nanotechnology: History and future*. *Human & Experimental Toxicology*, 34(12), 1318-1321. <https://doi.org/10.1177/0960327115603588>

- Huňady, J., & Orviská, M. (2014). *The impact of research and development expenditures on innovation performance and economic growth of the country—the empirical evidence*. In CBU international conference proceedings, 119-125. <https://doi.org/10.12955/cbup.v2.454>
- Hunt, R. M. (2006). *When do more patents reduce R&D?*. *American Economic Review*, 96(2), 87-91. DOI:10.1257/000282806777212035
- İstanbul Medeniyet Üniversitesi Patent Ofisi. (2024). *Patent/faydalı model başvurusu nasıl yapılır?*. Erişim: 10 Nisan 2023, <https://patent.medeniyet.edu.tr/tr/genel-bilgiler/patentfaydali-model-basvurusu-nasil-yapilir>
- Jadhav, S. S., & Jadhav, S. V. (2018). *Application of nanotechnology in modern computers*. In 2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET), 1-6. IEEE. DOI: 10.1109/ICCSDET.2018.8821086
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993). *Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations*. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577-598. <https://doi.org/10.2307/2118401>
- Janger, J., Schubert, T., Andries, P., Rammer, C., & Hoskens, M. (2017). *The EU 2020 innovation indicator: A step forward in measuring innovation outputs and outcomes?*. *Research Policy*, 46(1), 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.10.001>
- Katila, R. (2000). *Using patent data to measure innovation performance*. *International Journal of Business Performance Management*, 2(1-3), 180-193. <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2000.000072>
- Kelly, B., Papanikolaou, D., Seru, A., & Taddy, M. (2021). *Measuring technological innovation over the long run*. *American Economic Review: Insights*, 3(3), 303-320. DOI: 10.1257/aeri.20190499
- Kenton, W., James, M., & Kvilhaug, S. (2022). *Research and development (R&D) definition, types, and importance*. Erişim: 4 Kasım 2023, <https://www.investopedia.com/terms/r/randd.asp>

- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (2010). *An overview of innovation*. Studies on science and the innovation process: Selected works of Nathan Rosenberg, 173-203. https://doi.org/10.1142/9789814273596_0009
- Kogan, L., Papanikolaou, D., Seru, A., & Stoffman, N. (2017). *Technological innovation, resource allocation, and growth*. The Quarterly Journal of Economics, 132(2), 665-712. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw040>
- Kondo, M. (1999). *R&D dynamics of creating patents in the Japanese industry*. Research Policy, 28(6), 587-600. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00129-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00129-2)
- Kosal, M. E. (2014). *Military applications of nanotechnology: Implications for strategic security I*. Project on Advanced Systems and Concepts for Countering WMD (PASCC).
- Köse, Ö. G. Z., & Şentürk, M. (2017). *AR&GE-patent harcamaları ve teknolojik ilerlemenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Ampirik bir uygulama*. Journal of Academic Researches and Studies, 9(17), 215-221. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.315846>
- Kumazawa, R., & Gomis-Porqueras, P. (2012). *An empirical analysis of patents flows and R&D flows around the world*. Applied Economics, 44(36), 4755-4763. DOI: 10.1080/00036846.2010.528375
- Lanjouw, J. O., & Schankerman, M. (1999). *The quality of ideas: Measuring innovation with multiple indicators*. NBER Working Paper. DOI: 10.3386/w7345
- Lanjouw, J. O., & Schankerman, M. (2004). *Patent quality and research productivity: Measuring innovation with multiple indicators*. The Economic Journal, 114(495), 441-465. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2004.00216.x>
- Law Insider. (t.y.). *Nano patents definition*. Erişim: 25 Aralık 2023, <https://www.lawinsider.com/dictionary/nano-patents>
- Lee, Y. N. (2015). *Evaluating and extending innovation indicators for innovation policy*. Research Evaluation, 24(4), 471-488. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvv017>

- Lhuillery, S., Raffo, J., & Hamdan-Livramento, I. (2017). *Measurement of innovation*. The Elgar Companion to Innovation and Knowledge Creation, 99-118. <https://doi.org/10.4337/9781782548522.00013>
- Licht, G., & Zoz, K. (2013). *Investigation using applications for German, European and US patents by German companies*. The Economics and Econometrics of Innovation, 307. DOI:10.1007/978-1-4757-3194-1
- Licht, G., & Zoz, K. (1998). *Patents and R&D an econometric investigation using applications for German, European and US patents by German companies*. Annales d'Economie et de Statistique, 49(50), 329-360. <https://doi.org/10.2307/20076120>
- Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). *Nanotechnology: A revolution in modern industry*. Molecules, 28(2), 661. <https://doi.org/10.3390/molecules28020661>
- Manjunatha, S. B., Biradar, D. P., & Aladakatti, Y. R. (2016). *Nanotechnology and its applications in agriculture: A review*. Journal of Farm Sciences, 29(1), 1-13.
- Markides, C. (2006). *Disruptive innovation: In need of better theory*. Journal of Product Innovation Management, 23(1), 19-25.
- Masara, B., van der Poll, J. A., & Maaza, M. (2021). *The “nanotechnology innovation diamond”, a model for successful nanoscience research and development*. Journal of Nanoparticle Research, 23, 1-15.
- Mathew, J., Joy, J., & George, S. C. (2019). *Potential applications of nanotechnology in transportation: A review*. Journal of King Saud University-Science, 31(4), 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.03.015>
- Mátyás, L., & Sevestre, P. (Eds.). (2008). *The econometrics of panel data: Fundamentals and recent developments in theory and practice*. Springer (Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics).
- McCue, C. (2014). *Data mining and predictive analysis: Intelligence gathering and crime analysis*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

- Meliciani, V. (2000). *The relationship between R&D, investment and patents: A panel data analysis*. *Applied Economics*, 32(11), 1429-1437. <https://doi.org/10.1080/00036840050151502>
- Meo, S. A., & Usmani, A. M. (2014). *Impact of R&D expenditures on research publications, patents and high-tech exports among European countries*. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 18, 1-9.
- Metcalf, L., & Casey, W. (2016). *Introduction to data analysis*. *Cybersecurity and Applied Mathematics*, 43-65.
- Mobasser, S., & Firoozi, A. A. (2016). *Review of nanotechnology applications in science and engineering*. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 6(4), 84-93.
- Mongillo, J. F. (Ed.). (2007). *Nanotechnology 101*. Bloomsbury Publishing USA.
- Mulgan, G. (2007). *Ready or not?: Taking innovation in the public sector seriously*. Nesta.
- Mumford, M. D. (2002). *Social innovation: En cases from Benjamin Franklin*. *Creativity Research Journal*, 14(2), 253-266. https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1402_11
- Nagaoka, S., Motohashi, K., & Goto, A. (2010). *Patent statistics as an innovation indicator*. In *Handbook of the Economics of Innovation*, 2, 1083-1127. North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02009-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02009-5)
- Nanoteknoloji (2019). *What is nanotechnology?*. Erişim: 6 Aralık 2023, <https://nanoteknoloji.org/what-is-nanotechnology/>
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., Sajjadi, M., & Issaabadi, Z. (2019). *Applications of nanotechnology in daily life*. *Interface Science and Technology*, 28, 113-143. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813586-0.00004-3>
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., Sajjadi, M., & Issaabadi, Z. (2019). *An introduction to nanotechnology*. In *Interface Science and Technology*, 28, 1-27. Elsevier. DOI:10.1016/b978-0-12-813586-0.00001-8
- Nikolova, M., Slavchov, R., & Nikolova, G. (2020). *Nanotechnology in medicine*. *Drug Discovery and Evaluation: Methods in Clinical Pharmacology*, 533-546.

- OECD Data. (2022). *Gross domestic spending on R&D*. Erişim: 7 Aralık 2023, <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm#indicator-chart>
- OECD STI Micro-data. (2023). *Intellectual property database*. Erişim: 25 Aralık 2023, <https://www.oecd.org/sti/emerging-tech/nanotechnology-indicators.htm>
- OECD. (2002). *The measurement of scientific and technological activities Frascati manual 2002: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development*. Cambridge University Press.
- Otomo, P. (2017). *The impact of patents on research & development expenditure as a percentage of gross domestic product: A case in the US and EU economies*. Economics Student Theses and Capstone Projects, Skidmore College, New York, USA.
- Owczarek, L (2023). *10 Steps of an innovation process*. Erişim: 1 Nisan 2024, <https://startsmartcee.org/10-steps-of-an-innovation-process/>
- Pakes, A., & Griliches, Z. (1980). *Patents and R&D at the firm level: A first report*. Economics Letters, 5(4), 377-381. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90136-6](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90136-6)
- Pakes, A., & Griliches, Z. (1984). *Patents and R&D at the firm level: A first look*. The University of Chicago Press, USA, 55–72.
- Park, H. M. (2011). *Practical guides to panel data modeling: A step-by-step analysis using stata*. Public Management and Policy Analysis Program, Graduate School of International Relations, International University of Japan, 12, 1-52.
- Peters, B., Roberts, M. J., Vuong, V. A., & Fryges, H. (2017). *Estimating dynamic R&D choice: An analysis of costs and long-run benefits*. The RAND Journal of Economics, 48(2), 409-437. <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12181>
- Ponta, L., Puliga, G., & Manzini, R. (2021). *A measure of innovation performance: The innovation patent index*. Management Decision, 59(13), 73-98. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2020-0545>

- Prodan, I. (2005). *Influence of research and development expenditures on number of patent applications: Selected case studies in OECD countries and central Europe, 1981-2001*. Applied Econometrics and International Development, 5(4), 5-22.
- PRV. (2023). *What cannot be patented?*. The Swedish Intellectual Property Office. Erişim: 20 Aralık 2023, <https://www.prv.se/en/patents/the-advanced-patent-guide/examples-of-what-patents-cost/what-cannot-be-patented/>
- Raghupathi, V., & Raghupathi, W. (2017). *Innovation at country-level: Association between economic development and patents*. Journal of Innovation and Entrepreneurship, 6(1), 1-20. DOI: 10.1186/s13731-017-0065-0
- Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L., & Duran, N. (2015). *Nanotechnologies in food and agriculture*. Cham/Heidelberg/New York/Dordrecht/London: Springer.
- Ramsden, J. (2016). *Nanotechnology: An introduction*. Elsevier.
- Reichstein, T., & Salter, A. (2006). *Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms*. Industrial and Corporate change, 15(4), 653-682. <https://doi.org/10.1093/icc/dtl014>
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. New York: The Free Press.
- Rogers, M. (1998). *The definition and measurement of innovation*. Parkville, VIC: Melbourne Institute of Applied Economic and Social Research.
- Saha, C. N., & Bhattacharya, S. (2011). *Intellectual property rights: An overview and implications in pharmaceutical industry*. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research, 2(2), 88. DOI: 10.4103/2231-4040.82952
- Satı, Z. E. (2019). *Kamu sektöründe stratejik yönetimi etkinleştirmede açık inovasyon 2.0: Türk kamu sektöründe uygulanma koşullarını değerlendirme*. Strategic Public Management Journal, 5(10), 31-53. <https://doi.org/10.25069/spmj.660265>
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle*. Harvard Economic Studies, Harvard College, Cambridge, MA.

- Schumpeter, J. A. (1942). *In Capitalism, socialism and democracy*. Harper and Row, New York. <https://doi.org/10.4324/9780203202050>
- Scientific Committees. (2007). *Bottom-up vs top-down*. Erişim: 5 Ocak 2024, https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/glossary/abc/bottom-up-top-down.htm#:~:text=There%20are%20two%20approaches%20for,and%20molecules%20into%20larger%20nanostructures.
- Shafique, M., & Luo, X. (2019). *Nanotechnology in transportation vehicles: An overview of its applications, environmental, health and safety concerns*. *Materials*, 12(15), 2493. <https://doi.org/10.3390/ma12152493>
- Shah, M. A., Pirzada, B. M., Price, G., Shibiru, A. L., & Qurashi, A. (2022). *Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review*. *Journal of Advanced Research*, 38, 55-75. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.01.008>
- Shambaugh, J., Nunn, R., & Portman, B. (2017). *Eleven facts about innovation and patents*. Economic facts-The Hamilton Project, 1.
- Shankar, V., Berry, L. L., & Dotzel, T. (2007). *Creating and managing hybrid innovations*. In Presentation At Ama Winter Educators' Conference, San Diego, CA.
- Sınai Mülkiyet Kanunu. (2016). *T. C. Resmi Gazete*, 29944, 10 Ocak 2017.
- Singh, S., & Aggarwal, Y. (2022). *In search of a consensus definition of innovation: A qualitative synthesis of 208 definitions using grounded theory approach*. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 35(2), 177-195. <https://doi.org/10.1080/13511610.2021.1925526>
- Sonkaria, S., Ahn, S. H., & Khare, V. (2012). *Nanotechnology and its impact on food and nutrition: A review*. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 4(1), 8-18.
- Sözen, İ., & Tufaner, M. B. (2019). *The relationship between R&D expenditures and innovative development: A panel data analysis for selected OECD countries*. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 41(2), 493-502. <https://doi.org/10.14780/muiibd.665751>

- StatNano. (2023). *Nanotechnology published patent applications in USPTO (Patent)*. Erişim: 25 Aralık 2023, <https://statnano.com/report/s99>
- Svensson, R. (2015). *Measuring innovation using patent data*. IFN Working paper.
- Şahinli, M. A., & KILINÇ, E. (2013). *İnovasyon ve inovasyon göstergeleri: AB ülkeleri ve Türkiye karşılaştırması*. Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 13(25), 329-356.
- T.C. Bilim ve Sanayi Teknoloji Bakanlığı. (2017). *Türkiye nanoteknoloji stratejisi ve eylem planı 2017-2018*. Erişim: 20 Aralık 2023, https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2017-2018_Nanoteknoloji-Stratejisi-ve-Eylem-Plani.pdf
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). *AR-GE merkezleri istatistikleri*. Erişim: 16 Aralık 2023, <https://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/istatistiki-bilgiler>
- Taha, T. B., Barzinjy, A. A., Hussain, F. H. S., & Nurtayeva, T. (2022). *Nanotechnology and computer science: Trends and advances*. Memories-Materials, Devices, Circuits and Systems, 2(100011), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.memori.2022.100011>
- Tajaddini, R., & Gholipour, H. F. (2021). *Economic policy uncertainty, R&D expenditures and innovation outputs*. Journal of Economic Studies, 48(2), 413-427. <https://doi.org/10.1108/JES-12-2019-0573>
- Taniguchi, N. (1974). *On the basic concept of nanotechnology*. Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo, 18-23.
- Taques, F. H., López, M. G., Basso, L. F., & Areal, N. (2021). *Indicators used to measure service innovation and manufacturing innovation*. Journal of Innovation & Knowledge, 6(1), 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.12.001>
- Tezcan, E. (2018). *Arge ve inovasyonda Türkiye*. Mühendis ve Makine Güncel, 37-53.
- TÜBİTAK Araştırmacı Bilgi Sistemi. (2023). Erişim: 20 Aralık 2023, <https://arbis.tubitak.gov.tr/tr/kullanici/arastirmaciSorgulama>

- TÜİK. (2022). *Araştırma-geliştirme faaliyetleri araştırması, 2022*. Erişim: 8 Aralık 2023, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arastirma-Gelistirme-Faaliyetleri-Arastirmasi-2022-49408>
- Urabe, K., Child, J., & Kagono, T. (1988). *Innovation and management: International comparisons*. Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110864519>
- Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., ur Rehman, H., ... & Sanauallah, M. (2020). *Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities*. *Science of the Total Environment*, 721(137778), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137778>
- USPTO. (t.y.). *Classification resources*. Erişim: 25 Aralık 2023, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/uspc977/defs977.htm>
- Utterback, J.M. (1996). *Mastering the dynamics of innovation*. Harvard Business School Press.
- Van der Meer, H. (2007). *Open innovation—the Dutch treat: Challenges in thinking in business models*. *Creativity and innovation management*, 16(2), 192-202. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2007.00433.x>
- Von Schomberg, R. (2011). *Towards responsible research and innovation in the information and communication technologies and security technologies fields*. Available at SSRN 2436399. European Union, France.
- Wagner, M. (2007). *On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: Evidence from German manufacturing firms*. *Research Policy*, 36(10), 1587-1602. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.08.004>
- Wang, Y., Takahashi, K., Lee, K. H., & Cao, G. Z. (2006). *Nanostructured vanadium oxide electrodes for enhanced lithium-ion intercalation*. *Advanced Functional Materials*, 16(9), 1133-1144. <https://doi.org/10.1002/adfm.200500662>
- Web of Science. (2023). Erişim: 19 Aralık 2023, <https://www.webofscience.com/wos/alldb/summary/7a12a518-ba88-4a54-bd3a-5765c3b7bfcf-be92a1b1/relevance/1>

- Web of Science. (2024). Erişim: 23 Nisan 2024, <https://www.webofscience.com/wos/alldb/analyze-results/88eba884-9e75-42b2-a65c-a823219445dd-e199b191>
- Westmore, B. (2013). *R&D, patenting and growth: The role of public policy*. OECD iLibrary. <https://doi.org/10.1787/18151973>
- WIPO IP Statistics Data Center. (2023). Erişim: 21 Aralık 2023, <https://www3.wipo.int/ipstats/ips-search/search-result?type=IPS&selectedTab=patent&indicator=10&reportType=13&fromYear=2012&toYear=2022&ipsOffSelValues=&ipsOriSelValues=AR,AU,BR,CA,CN,FR,DE,JP,PL,KR,RU,TR,US&ipsTechSelValues=910>
- WIPO. (t.y.). *What is a patent?*. Erişim: 20 Aralık 2023, <https://www.wipo.int/patents/en/#:~:text=A%20patent%20is%20an%20exclusive,technical%20solution%20to%20a%20problem.>
- Xu D., Lee S. H., & Eom T. H. (2007). *Introduction to panel data analysis*. Handbook of Research Methods in Public Administration, 571-587. DOI:10.1201/9781420013276.ch32
- Yaffee, R. (2003). *A primer for panel data analysis*. Connect: Information Technology at NYU, 8(3), 1-11.
- Yavuz, S. (2009). *Hataları ardışık bağımlı (otokorelasyonlu) olan regresyon modellerinin tahmin edilmesi*. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23(3), 123-140.
- Yetisen, A. K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M. R., Hinestroza, J. P., ... & Yun, S. H. (2016). *Nanotechnology in textiles*. ACS Nano, 10(3), 3042-3068. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176>
- Zhang, W. (2011). *Research on innovation-generating and innovation-transferring*. In 2011 International Conference on Management and Service Science, 1-4. IEEE. DOI: 10.1109/ICMSS.2011.5997985

- Zhu, H., Jiang, S., Chen, H., & Roco, M. C. (2017). *International perspective on nanotechnology papers, patents, and NSF awards (2000–2016)*. *Journal of Nanoparticle Research*, 19, 1-11. DOI:10.1007/s11051-017-4056-7
- Zou, K. H., Tuncali, K., & Silverman, S. G. (2003). *Correlation and simple linear regression*. *Radiology*, 227(3), 617-628. <https://doi.org/10.1148/radiol.2273011499>

EK 1: GELİŞMİŞ ÜLKELERİN AR-GE HARCAMALARI (MİLYON DOLAR)

Ülkeler	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Avusturya	9.095	9.354	9.946	10.721	10.427	11.148	11.232	12.351	12.524	13.159	13.143	13.699	13.739	14.234	14.640	13.997	14.885
Belçika	8.123	8.479	8.923	9.384	9.487	10.068	10.792	11.411	11.712	12.098	12.648	13.310	14.294	15.606	17.613	17.938	19.249
Kanada	26.964	27.355	27.602	27.569	26.803	26.718	27.248	27.373	27.007	27.792	27.005	27.756	28.228	29.895	30.697	31.111	30.477
Danimarka	6.192	6.460	6.824	7.485	7.841	7.627	7.802	7.917	7.962	7.937	8.516	8.901	8.674	8.952	8.873	8.885	8.818
Estonya	305	406	415	466	444	514	805	766	631	539	563	492	535	613	736	785	849
Finlandiya	7.363	7.679	8.098	8.650	8.395	8.596	8.607	7.972	7.605	7.290	6.688	6.523	6.739	6.890	7.081	7.193	7.607
Fransa	50.868	52.100	52.675	53.766	56.044	56.271	57.850	58.969	59.574	61.190	60.541	61.077	61.816	62.905	63.923	61.370	63.752
Almanya	82.366	86.574	88.724	95.206	94.163	97.655	104.287	107.565	106.323	110.276	114.098	116.904	124.394	128.212	131.962	125.483	129.348
Yunanistan	2.088	2.139	2.269	2.596	2.348	2.141	2.182	2.103	2.353	2.437	2.797	2.897	3.357	3.595	3.847	4.140	4.336
İrlanda	2.746	2.899	3.143	3.384	3.726	3.744	3.689	3.705	3.770	3.969	3.839	3.899	4.520	4.572	5.071	5.399	5.637
İtalya	24.566	25.956	27.435	27.911	27.762	28.240	28.057	28.594	28.932	29.761	29.995	31.017	31.620	33.177	34.207	32.098	33.136
Japonya	154.900	161.877	167.584	165.515	151.524	153.245	158.239	158.829	167.387	172.436	168.514	162.761	168.668	172.586	171.841	167.082	172.062
Kore	33.986	38.561	43.097	46.192	49.017	55.165	61.963	68.017	72.007	76.695	76.922	79.365	88.136	95.438	99.971	102.880	110.148
Hollanda	13.595	13.802	13.743	13.641	13.490	13.985	15.680	15.807	17.761	18.158	18.282	18.724	19.518	19.614	20.423	20.865	21.651
Norveç	4.058	4.277	4.690	4.934	4.960	4.890	5.046	5.203	5.350	5.532	6.062	6.253	6.678	6.801	6.990	6.827	7.009
Portekiz	2.357	3.018	3.643	4.693	4.977	4.920	4.591	4.167	3.967	3.893	3.820	4.014	4.280	4.503	4.782	5.071	5.571
Singapur	5.976	6.419	7.670	8.746	7.175	7.450	8.499	8.229	8.639	9.733	10.468	10.320	9.872	9.761	10.347	11.436	
İspanya	17.016	18.962	20.705	22.311	22.098	22.074	21.467	20.291	19.637	19.392	19.815	19.884	20.818	21.852	22.443	22.450	24.007
İsveç	13.290	14.388	13.850	14.794	13.848	13.689	14.212	14.320	14.625	14.284	15.489	15.949	16.940	17.056	17.743	17.881	18.504
İngiltere	38.064	39.548	41.635	41.334	40.911	41.110	41.809	40.638	42.527	61.345	62.973	65.503	67.445	79.863	79.965	78.242	83.707
Amerika	390.306	408.147	427.755	449.510	445.321	444.709	455.526	454.820	468.277	481.775	507.401	528.172	549.631	586.427	631.845	671.963	709.713

Kaynak: OECD Data (2022)

EK 2: GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERİN AR-GE HARCAMALARI (MİLYON DOLAR)

Ülkeler	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Arjantin	2.670	3.101	3.439	3.660	4.296	4.546	4.864	5.402	5.389	5.001	5.364	4.502	4.857	4.203	3.984	4.064	4.288
Çin	93.021	109.714	125.799	145.192	182.883	208.280	237.043	274.611	309.205	336.251	366.081	399.390	430.330	464.705	517.068	565.952	620.103
Kolombiya	661	700	833	918	919	961	1.054	1.220	1.494	1.838	2.281	1.724	1.686	2.069	2.201	1.836	
Çekya	3.376	3.805	4.247	4.152	4.129	4.361	5.167	5.873	6.234	6.643	6.853	6.122	6.818	7.557	7.902	7.694	8.008
Macaristan	2.204	2.436	2.385	2.467	2.659	2.689	2.863	3.006	3.378	3.420	3.534	3.181	3.702	4.466	4.575	4.724	5.220
Polonya	3.924	4.078	4.452	4.948	5.612	6.346	6.904	8.295	8.318	9.280	10.232	10.156	11.447	14.093	16.151	16.575	18.310
Romanya	1.340	1.603	1.925	2.271	1.725	1.668	1.853	1.840	1.557	1.587	2.091	2.154	2.417	2.514	2.500	2.354	2.531
Rusya	27.032	29.372	33.162	32.658	36.087	34.046	34.257	36.064	36.685	38.577	38.819	38.948	39.921	36.616	39.201	40.322	
Güney Afrika	4.511	4.966	5.171	5.417	4.965	4.522	4.698	4.824	4.899	5.317	5.551	5.729	5.893	5.383	4.824	4.457	

Kaynak: OECD Data (2022)

EK 3: GELİŞMİŞ ÜLKELERİN NANOTEKNOLOJİ BAŞVURU SAYILARI

Ülkeler	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Avusturya	16	22	21	33	36	25	30	20	18	22	21	23	28	50	54	46	29
Belçika	31	31	36	64	84	74	82	66	62	56	44	68	82	81	56	84	71
Kanada	109	84	126	124	150	176	147	150	148	191	196	171	194	218	272	283	276
Danimarka	9	20	20	29	22	29	23	33	20	34	31	27	30	39	29	34	43
Estonya	0	1	1	0	3	1	1	5	1	1	1	3	3	0	0	5	4
Finlandiya	9	24	16	35	30	21	42	49	57	45	56	73	71	60	57	81	74
Fransa	153	164	219	240	286	305	223	285	256	326	284	280	295	252	289	269	351
Almanya	334	312	368	451	545	515	491	392	368	454	413	433	424	423	426	427	539
Yunanistan	3	0	0	4	1	7	1	8	1	2	4	1	3	4	3	6	9
İrlanda	16	9	22	24	19	22	20	13	30	30	28	24	21	25	39	47	56
İtalya	37	45	58	54	69	91	65	60	57	67	53	75	71	70	91	84	86
Japonya	511	531	585	747	833	827	958	866	789	873	805	766	792	849	948	979	1126
Kore	373	469	507	508	795	787	849	977	1138	1253	1326	1254	1004	1103	1142	1364	1513
Hollanda	66	53	108	127	174	148	132	108	109	166	101	118	115	124	144	178	146
Norveç	5	5	9	8	9	11	19	15	10	16	21	7	22	23	26	16	15
Portekiz	1	0	5	3	10	13	6	7	1	6	8	3	11	8	8	11	17
Singapur	34	26	33	43	60	81	62	104	65	106	95	86	85	104	74	81	102
İspanya	14	18	23	23	24	35	48	58	54	58	43	54	46	56	55	79	57
İsveç	25	18	30	44	54	52	58	64	71	66	46	61	52	51	62	70	84
İngiltere	96	90	98	138	199	200	158	159	186	212	187	226	224	234	247	266	315
Amerika	3518	3635	4144	4175	4883	4732	4950	4988	5675	5321	5635	5559	5646	5962	6369	6388	6714

Kaynak: StatNano (2023)

EK 4: GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERİN NANOTEKNOLOJİ PATENT BAŞVURU SAYILARI

Ülkeler	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Arjantin	0	1	0	1	3	2	2	3	1	4	1	4	1	2	4	5	5
Çin	104	100	130	234	302	348	412	523	476	554	591	694	913	900	1125	1599	1561
Kolombiya	1	0	0	0	0	0	4	2	2	3	3	3	4	3	3	5	5
Çekya	1	2	9	5	11	8	7	4	8	11	8	10	8	6	4	15	3
Macaristan	2	4	5	5	7	5	7	4	9	4	2	4	1	0	0	1	5
Polonya	4	2	1	3	0	4	6	5	3	13	16	17	12	18	5	20	22
Romanya	0	0	0	2	2	4	2	1	0	4	1	1	0	3	0	3	0
Rusya	22	13	12	18	19	16	17	20	16	5	17	13	4	7	8	15	14
Güney Afrika	3	2	3	2	11	7	9	7	13	5	4	5	5	4	9	10	6

Kaynak: StatNano (2023)

EK 5: TÜRKİYE’NİN AR-GE HARCAMALARI (MİLYON DOLAR)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Türkiye	6.932	7.271	9.478	9.573	10.651	11.406	12.687	13.831	14.752	16.326	17.734	23.399	26.424	29.419	30.809	32.503	37.144

Kaynak: OECD Data (2022)

EK 6: TÜRKİYE’NİN NANOTEKNOLOJİ PATENT BAŞVURU SAYILARI

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Türkiye	4	3	5	1	4	5	13	10	4	7	18	13	29	13	18	24	23

Kaynak: StatNano (2023)

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-15
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.12.2023
	FRM-YL-15 Yüksek Lisans Tezi Orijinallik Raporu <i>Master's Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 08/05/2024

Tez Başlığı: AR-GE Harcamaları ve Nanoteknoloji Patentleri Arasındaki İlişkinin Analizi: Gelişmiş, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Türkiye için Bir Uygulama

Yukarıda başlığı verilen tezimin a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 123 sayfalık kısmına ilişkin, 07/05/2024 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler*:

- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- Kaynakça hariç
- Alıntılar hariç
- Alıntılar dâhil
- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe 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 tezimin herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Birdal Acun

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	Birdal Acun
	Öğrenci No	N20130445
	Enstitü Anabilim Dalı	İşletme
	Programı	Üretim ve İşlemler Yönetimi

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
(Doç. Dr. Hatice Çalıpınar)

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-15
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.12.2023
	FRM-YL-15 Yüksek Lisans Tezi Orijinallik Raporu <i>Master's Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

TO HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

Date: 08/05/2024

Thesis Title (In English): The Analysis of the Relationship Between R&D Expenditures and Nanotechnology Patents: An Application for Developed, Developing Countries and Türkiye

According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options checked below on 07/05/2024 for the total of 123 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled above, the similarity index of my thesis is 9%.

Filtering options applied**:

- Approval and Declaration sections excluded
- References cited excluded
- Quotes excluded
- Quotes included
- Match size up to 5 words excluded

I hereby declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Social Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

Kindly submitted for the necessary actions.

Birdal Acun

Student Information	Name-Surname	Birdal Acun
	Student Number	N20130445
	Department	Business Administration
	Programme	Production and Operation Management

SUPERVISOR'S APPROVAL

APPROVED
(Assoc. Prof. Dr. Hatice Çalıpınar)

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-09
		Yayın Tarihi Date of Pub.	22.11.2023
	FRM-YL-09 Yüksek Lisans Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for Master's Thesis</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev. Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 08/05/2024

Tez Başlığı (Türkçe): AR-GE Harcamaları ve Nanoteknoloji Patentleri Arasındaki İlişkinin Analizi: Gelişmiş, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Türkiye için Bir Uygulama

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır.
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne veya ruh sağlığına müdahale içermemektedir.
4. Anket, ölçek (test), mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme gibi teknikler kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen araştırma niteliğinde değildir.
5. Diğer kişi ve kurumlardan temin edilen veri kullanımını (kitap, belge vs.) gerektirmektedir. Ancak bu kullanım, diğer kişi ve kurumların izin verdiği ölçüde Kişisel Bilgilerin Korunması Kanuna riayet edilerek gerçekleştirilecektir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Birdal Acun

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	Birdal Acun
	Öğrenci No	N20130445
	Enstitü Anabilim Dalı	İşletme
	Programı	Üretim ve İşlemler Yönetimi

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
(Doç. Dr. Hatice Çalıpınar)

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu <i>Form No.</i>	FRM-YL-09
		Yayın Tarihi <i>Date of Pub.</i>	22.11.2023
	FRM-YL-09 Yüksek Lisans Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for Master's Thesis</i>	Revizyon No <i>Rev. No.</i>	02
		Revizyon Tarihi <i>Rev. Date</i>	25.01.2024

HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

Date: 08/05/2024

Thesis Title (In English): The Analysis of the Relationship Between R&D Expenditures and Nanotechnology Patents: An Application for Developed, Developing Countries and Türkiye

My thesis work with the title given above:

1. Does not perform experimentation on people or animals.
2. Does not necessitate the use of biological material (blood, urine, biological fluids and samples, etc.).
3. Does not involve any interference of the body's integrity.
4. Is not a research conducted with qualitative or quantitative approaches that require data collection from the participants by using techniques such as survey, scale (test), interview, focus group work, observation, experiment, interview.
5. Requires the use of data (books, documents, etc.) obtained from other people and institutions. However, this use will be carried out in accordance with the Personal Information Protection Law to the extent permitted by other persons and institutions.

I hereby declare that I reviewed the Directives of Ethics Boards of Hacettepe University and in regard to these directives it is not necessary to obtain permission from any Ethics Board in order to carry out my thesis study; I accept all legal responsibilities that may arise in any infringement of the directives and that the information I have given above is correct.

I respectfully submit this for approval.

Birdal Acun

Student Information	Name-Surname	Birdal Acun
	Student Number	N20130445
	Department	Business Administration
	Programme	Production and Operation Management

SUPERVISOR'S APPROVAL

APPROVED
(Assoc. Prof. Dr. Hatice Çalıpınar)