

Disiplinlerarası Yaklaşımla Ar-Ge, İnovasyon ve Sürdürülebilir Kalkınma

Editor: Dr. Öğr. Üyesi Furkan Karahüseyinoğlu

Disiplinlerarası Yaklaşımla Ar-Ge, İnovasyon ve Sürdürülebilir Kalkınma

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Furkan Karahüseyinoğlu



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozguryayinlari.com

✉ info@ozguryayinlari.com

Disiplinlerarası Yaklaşımla Ar-Ge, İnovasyon ve Sürdürülebilir Kalkınma

Editor: Dr. Öğr. Üyesi Furkan Karahüseyinoğlu

Language: Turkish-English

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-8562-33-0

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1072>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Karahüseyinoğlu, F. (ed) (2025). *Disiplinlerarası Yaklaşımla Ar-Ge, İnovasyon ve Sürdürülebilir Kalkınma*. Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1072>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguryayinlari.com/>



Önsöz

Bu kitap, Ar-Ge ve inovasyon ekosisteminin çok boyutlu yapısını disiplinler arası bir perspektifle ele alan kapsamlı bir başvuru kaynağıdır. Akademiden sağlığa, teknolojiye çevresel sürdürülebilirliğe, dijital dönüşümden kültürel çeşitliliğe kadar geniş bir yelpazede kaleme alınan bölümler, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yalnızca teknik bir süreç değil, aynı zamanda sosyal, kültürel ve ekonomik bir dönüşüm aracı olduğunu göstermektedir.

Kitapta, Ar-Ge ve inovasyon profesyonelliğinin temel ilkeleri, kariyer yolculuğu ve ulusal-uluslararası kılavuzlarla uyumlu metodolojik çerçeveler sunulmakta; dijitalleşen dünyada coğrafi bilgi sistemleri, sağlık hizmetlerinde veri analitiği, yeşil inovasyon, afet yönetimi, fizyoterapi araştırmaları, beslenme teknolojileri ve tarımsal üretimde pestisitler uygulamalar gibi pek çok başlık bilimsel bir bütünlük içinde işlenmektedir.

Toplumsal faydayı artırmayı, kültürel çeşitliliğin yenilikçi performansa katkısını ortaya koymayı ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda bilimsel üretimi teşvik etmeyi amaçlayan bu çalışma; araştırmacılar, öğrenciler, politika yapımcılar ve ilgili tüm paydaşlar için değerli bir yol haritası niteliği taşımaktadır.

İçindekiler

Önsöz	iii
-------	-----

Bölüm 1

Ar-Ge ve İnovasyon Kariyeri	1
<i>Kenan Peker</i>	

Bölüm 2

İnovatif Bir İnovasyon; Coğrafi Bilgi Sistemleri	19
<i>Bülent Güner</i>	
<i>Erkin Başaran</i>	

Bölüm 3

Sağlık Sektöründe Dijital Dönüşüm ve Veri Analitiği Uygulamaları	33
<i>Andaç İmak</i>	
<i>Ceren Ünlükal</i>	
<i>Elifcan Göçmen Polat</i>	

Bölüm 4

Afet Yönetiminde Ar-Ge ve İnovasyon: Geçmişten Geleceğe Bir Bakış	51
<i>Dilber Coşkun</i>	

Bölüm 5

Beslenme ve Diyetetik Bölümünde Araştırma-Geliştirme ve İnovasyon 75

Ülkü Özbey

Serdal Sabancı

Özlem Ertekin

Zeynep Eroğlu

Arife Macit

Neşe Alıç

Nubar Yasan Güneş

Bölüm 6

Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Ar-Ge ve İnovasyon 99

Kübra Ataş

Ceylan Topcuoğlu

Erhan Kızmaz

Bölüm 7

Deniz Salyangozlarında Aminoasit Profili 135

Esin Özçiçek

Bölüm 8

Yapay Fotosentez ve Sürdürülebilir Enerji Potansiyeli 149

Ragıp Adıgüzel

Bölüm 9

İnovasyonun Görünmeyen Ekibi: Yapay Zekâ Ajanları ile Akıllı Ar-Ge 167

Mehmet Teyfik Ağdaş

Bölüm 10

Innovative Technologies in Seafood Processing: Biotechnological Applications in Fisheries By-Products 195

Nida Demirtas

Bölüm 11

İşletme Alanında Ar-Ge Ve İnovasyondaki Güncel Gelişmeler	205
<i>Nida Platin</i>	

Bölüm 12

The Importance of Pesticide-Free Products From Agricultural Fields to Our Tables and Solution Partners in Pesticide-Free Production	219
<i>Gokhan Onder Erguven</i>	
<i>Alper Guven</i>	

Bölüm 13

Research and Development Management in Healthcare Services	235
<i>Furkan Karahüseyinoğlu</i>	

Ar-Ge ve İnovasyon Kariyeri 8

Kenan Peker¹

Özet

Bu çalışmada, 21. Yüzyılın dijital ve yenilikçi dünyasında “Ar-Ge ve İnovasyon Kariyeri” olarak belirlenen yol haritasının bir pusula olması hedeflenmekte ve konu temel kavramlar ve kuramlar düzeyinde ele alınmaktadır. Mantıksal çerçevede “Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği”ne ilişkin usul ve esaslar açıklanmaktadır. Bilinmelidir ki Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği için seçilecek her rotada; **bilgi-yetkinlik-değer** dengesi ile etik duruş ve üretkenliktir. Dünya’nın halinin iyi hal, iyi halin hasbihal, hasbihalin inovasyon ile sürdürülebilirliğidir. Söz konusu kariyer, ertelemeyen, biriktirmeden ve birbirinden ayrı düşünmeden eşgüdümlü ele alınmasını esas almaktadır. Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinde; yıllık planların yapılması, haftalık makaleler yazılması, aylık çalıştaylar, altı ayda bir sempozyumlar ve yıllık araştırma sonuçlarının raporlanması şeklindeki süreçte çok daha anlamlıdır. Bu yalnızca bir meslek değil, bir yaşam vizyonunun inşası ve ihyasıdır. Yolu açık bir kariyerdir. Bol emek gerektiren, anı anlamlı, günü ve geleceği parlak yaşanan güçtür, kültürel zenginliktir. Kültürel çeşitliliğin tabiat ve tarih okumalarıyla özgün tasarımlara dönüştürülmesidir. Bu yolculuğun etkileri özgün fikirler iken çıktıkları yenilikçi teknolojilerin üretilmesiyle yaşam kalitesinin artmasına katkı sağlayan bir zindelikler. Dünya’nın kültürel çeşitliliğinin büyük bir hazine dönüştürülmesidir. Çatışmalar yerine, insanların farklılıkları zenginliğe dönüştürme çabalarıdır. Kısacası, kültür-kültürel çeşitlilik-bilgi-bilim-teknoloji-yenilik-kalkınma-sürdürülebilirlik basamaklarından ibaret bir profesyonellik yolculuğudur. Her eğitime başlayan insanın öğrendikleri ile aynı zamanda eğitimci olmaya başlamasıdır. Eğitim, Ar-Ge, Proje ve İş Geliştirme şeklinde ifade edilebilecek dört evreli bir kariyer yolculuğudur. Denilebilir ki Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin safaları Eğitim, Ar-Ge, Proje ve İş Geliştirmedir. Herhangi bir alanda, ilk, orta ve lise eğitiminden sonra devam eden yükseköğretim hayatının ön lisans, lisans ve lisansüstü aşamalarda, hayat boyu öğrenme, şeklinde sürdürülmedir. Bu yolculukta

1 Prof. Dr., Fırat Üniversitesi/İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi/İşletme Bölümü/Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı, kpeker@munzur.edu.tr, ORCID:0000-0002-1573-2998

bireyin; eğitimci, eğitimci yazar, araştırmacı, araştırmacı yazar, proje ve iş geliştirme uzmanı olarak ilerlemesidir. Bu süreçte önemli olan; Yönetim Becerileri, Alan Bilgisi ve Teknolojik Yetkinlik (YAT) dengesiyle yeterlilik kazanmaktır. Günümüzde Yapay Zekanın (YZ) yaygın uygulamalarıyla adeta Teknoloji kısmı YZ olarak her alana uygulandığından Yönetim Becerilerinin başarıyı belirlediği kariyerdir. Yani, Katz'ın yönetim becerileri olarak ifade ettiği; kavramsal beceriler, beşeri beceriler ve teknik becerilerin geliştirilmesidir. Kişinin eğitimle kazandığı bilgiden, deneyimlerinden, zekasından ve doğuştan gelen kabiliyetlerinden yapabilme gücünü ortaya koymasidir. *Öğrenmişse bilgilidir, yapabiliyorsa beceriklidir* anlayışıdır. Kültürün yalnızca sosyal bir olgu değil, aynı zamanda Ar-Ge ve inovasyonun, yeşil dönüşümün ve bilimsel ilerlemenin temel belirleyicisi olduğu perspektiftir. Kültürel farkındalığın inovasyonu artırdığı, kültürel çeşitliliğin bilimsel iş birliklerini güçlendirdiği ve kapsayıcı liderliğin yenilikçi performansı olumlu etkilediği kariyer yolculuğudur.

1. GİRİŞ

Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği bir kariyer yolculuğu olup bireylere;

- Genç akademide bir ömür devam etmek,
- KOBİ'lerde işe başlamak,
- Kamuda çalışmak,
- Girişimcilik hibeleriyle kendi işini kurmak ve proje hibeleri ile devam ettirmek,
- Akademisyen olmak,
- Yerel yönetimlerde çalışmak,
- Sivil toplum kuruluşlarında gönüllülük faaliyetlerini yürütmek,
- Toplumsal liderlik faaliyetlerinde bulunmak şeklinde ulusal ve uluslararası fırsatlar sunan bir yaşam kalitesidir.

Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği; hayatın motivasyon, moderasyon ve liderlik şeklinde özetlenebilecek süreçlerinde, kendine, yörene, ülkeneye ve insanlığa faydalı işler yaparak yaşamak sanatıdır. “Gezen mi çok bilir, okuyan mı çok bilir?” şeklindeki alternatif arayış yerine, Gezerek Okuyan, Eğlenerek Öğrenen Çok Bilir anlayışıdır. Öğrenmek bilgili olmaktır, yapabilmek becerikli olmaktır ve yaparak öğrenmek ise yetkinlik kazanmaktır. Ar-Ge ve inovasyon; icat çıkarmak ve bunun ticarileştiği durumdaki ifadesi olan inovasyonlarla toplumların kalkınmasıdır, kalkınmanın inşa aşamasının ihya aşamasına dönüştürülmesidir. Ekonomik kalkınmanın ve toplumsal refahın temel belirleyicilerinden biri olan inovasyon yolculuğudur. İnovasyon,

kültürel çeşitlilik ve farklı düşünme biçimlerinin bir araya gelmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bireylerin farklı değerlerinin, deneyimlerinin ve bilgi kaynaklarının bir sentezidir. Kültürlerin çeşitliliğin inovatif düşünceyle beslendiği bir zenginlik alanıdır. Ar-Ge ekiplerindeki çeşitliliğin farklı ekosistemlerdeki arayışlarda metodolojik yaklaşımlar ortaya koyduğu ve yüksek etki değerlerine ulaşmasını sağlayarak güçtür. Zheng ve ark. (2021) tarafından vurgulanan kültürel çeşitliliğin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin %79'unu gerçekleştirmesi için yola çıkmaktır. Kültürel çeşitliliğin, yenilikçi düşüncenin hem kaynağı hem de sürdürülebilirliğinin teminatı olduğu inovasyonun gücünün ortaya çıkarılmasıdır. Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği; “Düşüncede Özgür, Zekada Sivri, Fikirde Özgün ve Bilimde Öncü” olma kariyeridir. Bireyin, “insanların en hayırlısı insanlara faydalı olanıdır” inancıyla, ihtisaslaşıp bir konuda mükemmel olma vizyonudur. Alın teri ile birlikte daha çok akıl terinin başarılarıdır. Yapay zekanın hızla yaygınlaştığı günümüzde, insan zekasının her zaman için yapay zekanın bir adım ötesinde olmasının yolculuğudur. Dünyadaki farklılıkları zenginlik gören ve paylaşımı önceleyen kariyerdir. İnsanın kendini keşfedeceği, tabiat ve tarih okumaları yaparak özgün tasarımları teknolojiye dönüştürebileceği süreçte kendine, şehrine, ülkeneye ve insanlığa bilgiye dayalı kalkınma ile değer katma hedefidir. Amaç, köklerle bağlar kurup evrensel ölçekte düşünerek; yaşamak için kazanmak, yaşamı sürdürülebilir kılmak ve faydalı olmaktır. Duygu, bilgi, beceri ve yetkinlik setiyle “iç ve açık sulara yelken açacak” bir **YAT (Yönetim becerileri–Alan bilgisi–Teknolojik yetkinlik)** kazanımıdır. Dışarı çıkıp tabiat okumalarıyla başlayıp, tarih okumaları ile devam etmektir. Açık eğitim kaynakları, proje/atölye temelli uygulamalar ve en önemlisi doğal ekosistemler bu kariyerin omurgasıdır. Önce, aynaya bak ve düşün, göle bak ve düşün, dağa bak ve düşün, gökyüzüne bak ve düşün şeklinde başlayıp, daha sonra ders kitaplarını okumak eylemidir. Ders kitapları için; Açık Kaynak sayfası ve YÖK Dersleri gibi platformlar hazırlık materyalleridir. Ayrıntılı bilgi ve kaynaklar: <https://www.munzur.edu.tr/acikkaynak.aspx>

2. AR-GE VE İNOVASYON PROFESYONELLİĞİNİN USULÜ

Ar-Ge ve İnovasyon kariyerine çıkıp profesyoneli olmak isteyenler için usul olarak aşağıdaki yaklaşım önerilebilir;

a) Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin Süreci

Ar-Ge ve İnovasyon profesyonelliğinin süreci; **Analitik Düşünme, Planlı Çalışma ve Kaliteli Katkılar Sunma Sürecidir**. Tasavvur edilen Analitik düşünme (**Model: 5N + 3K + 4E**) ile öğrenmenin **tasarımdan** (5N), **yürütmeye** (3K) ve **kültüre** (4E) uzanan bütüncül mimarisi Ar-Ge ve İnovasyon profesyonelliği kapasitesini belirlemektedir.

5N;

Ne (öğrenme çıktıları), Nerede (sınıf, laboratuvar, saha, dijital platform, doğal ekosistemler), Ne zaman (8-8-8 şeklindeki zaman yönetimi dilimlerinde haftalık denge), Nasıl (Yedi Kız Kardeş: Dinle-konuş-oku-yaz-hayal et-keşfet-yap) ve Niçin (amaç/etki/çıktı) planlaması.

3K;

Kim veya kimlerle (öğrenci, danışman, araştırmacı, mentor), Kaynaklar (açık dersler, laboratuvar/atölye, fonlar) neler olmalıdır ki Kalite (rubrikler, OKR/KPI, akran geribildirimi, e-portfolyo) bileşenlerinde insanlığa katkıda bulunulabilsin?

4E;

Kaliteli katkılar; Eğitim, Ekonomi, Ekoloji ve Etik şeklinde herhangi biri veya hepsi olabilir. Bunun için Etik (akademik dürüstlük, araştırma etiği) ilkelerle Ekip (çok disiplinli çalışma) çalışması uygun Ekosistemde (üniversite-sanayi-kamu-STK) ve Etki (toplumsal katkı, bölgesel kalkınma/istihdam) boyutlarında kalıcı kültüre dönüşmektedir. Böylece bilgi-yetkinlik-değerler, rubrik/OKR-KPI ve e-portfolyo aracılığıyla kanıtlanabilir çıktılar ortaya konulabilmektedir.

Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği için **zaman yönetiminin saat olarak: 8-8-8** yapıldığı keyifli yaşamda; 8 saat zorunlu ihtiyaçlar, 8 saat görev ve sorumluluklar, 8 saati ise sosyal aktiviteler şeklinde yürütülerek bilimsel etkinliklere katılım (Değerler sistemi) sağlanır. **Yükseköğrenim** ile **Yükseköğretim** birlikte yürütülerek ve her ikisinin sosyal faaliyetlerle görünür kılınması amaçlanır. İnsanın sosyo-ekonomik bir varlık olduğu gerçeğiyle; yalnızca “mideyi” değil “ruhunu” da doyurması; **inanç + tutum + davranış** bütünlüğünde tasarlanır.

- **8 Saat - Zorunlu ihtiyaçlar** (uyku, sağlık, kişisel bakım)
- **8 Saat - Görev-sorumluluk** (ders, ödev, proje, laboratuvar çalışmaları)
- **8 Saat - Sosyal-bilimsel etkinlik** (kültürel kulüpler, seminerler, spor, toplumsal katkı faaliyetleri)

b) Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin Döngüsel Öğrenme Yaklaşımı

Ar-Ge ve İnovasyon profesyonelliği döngüsel yaklaşımla ele almak veya planlamak ve **öğrenmeyi “Yedi Kız Kardeş”**— “Dinle-konuş-oku-yaz-hayal et-keşfet-yap” sırasıyla yaparak döngüsel yaklaşım ve konsantrik büyümeyle iletmeektir.

- **Dinle:** Kendini dinle, gölü dinle, dağı dinle, gökyüzünü dinle ve düşün şeklindeki başlangıçtır. Açık Kaynak sayfasındaki ders/etkinlik videolarını ve ilgili bilimsel toplantıları dinle ile ilerlemektir; <https://www.munzur.edu.tr/acikkaynak.aspx>
- **Konuş:** Kendinle konuş, gölle konuş, dağla konuş, gökyüzü ile konuş şeklinde devam etmektir. Aktif tartışmalara katılmaktır; soru-yanıtla kavrayışı derinleştirmektir.
- **Oku:** Kendini oku, gölü oku, dağı oku, gökyüzünü okumaktır. Açık kaynaklardaki kitap/bölümleri indirip okumaktır. <https://www.munzur.edu.tr/acikkaynak.aspx>
- **Yaz:** Dinle, konuş ve oku faaliyetlerinden sonra konuyla ilgili haftada **en az bir sayfa** yazmaktır. Alanda özgün bir metinler üretmektir.
- **Hayal et:** Çalışılan konuyla ilişkili problem senaryosu/hipotez kurgulamaktır.
- **Keşfet:** Her fırsatta hayal edileni tabiata çıkıp gezerek tabiatı okumaları yaparak eğlenerek öğrenmektir; **“İlim kâinatta vardır; sadece keşfedilmeyi bekler”** esasıyla keşfetmektir ve sahada fotoğraflar çekmek, kısa notlar almaktır.
- **Yap (Tecrübe):** Elbette zaman kaybetmeden “Dinle–konuş–oku–yaz–hayal et–dışarı çık–keşfet”ten sonra yapılacakları tasarlayıp laboratuvarlar ve atölyelerde Ar-Ge yapmaktır. **Bilfiil** uygulamaktır.

c) Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği İçin Üniversiteler Ekosistemi

Üniversitelerdeki **uygula ve kazan** şeklinde ifade edilebilecek öğrenme programlarına katılmak. Mevcut durumda üniversitelerde uygulanan bazı uygula-kazan şeklindeki öğrenme programları;

- **İŞKUR Gençlik Programı (kampüs içi/kamu birimleri ile):** Haftada en fazla **3 gün**, öğrencilerin **her gün için 2025'te 1.083 TL** cep harçlığı aldığı; SGK iş yeri kaza sigortasının karşılandığı programdır. https://www.iskur.gov.tr/is-arayan/aktif-iscugu-programlari/iskur-genclik-programi/?utm_source
- **İşbaşı Eğitim Programı (İEP):** Farklı statüler için **günlük cep harçlığının farklı olduğu**; “geleceğin meslekleri” kapsamında üst limitlerin artırıldığı (Güncel tablolar için İŞKUR sayfası:https://www.iskur.gov.tr/is-arayan/aktif-iscugu-programlari/isbasi-egitim-programlari/?utm_source) programlardır.

- **Proje-Fon Ekosistemi (öğrenci-öğretim üyesi):** Öğrencilerin danışmanları ve ekibiyle birlikte üniversitelerin **İhtisas Programlarına** katılarak, TÜBİTAK, TAGEM, KOSGEB, gibi fon kaynaklarıyla finanse edilen projelerde Ar-Ge ve İnovasyon kariyerlerine yön verdikleri programlardır. Uygulanan projelerde; bursiyer, malzeme/hizmet alımları ve hareketlilik olanaklarıyla **öğren-yap-yayınla** faaliyetlerinin hızlandırıldığı tecrübe programlarıdır. Bursiyerlere 2025 yılı için iki yıl süresince aylık 19000 TL burs verilen programlardır.

d) Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği İçin Destek Programları

Ar-Ge ve İnovasyon profesyonelliği için lisans yıllarından başlayan ve devam eden programlara aktif katılım:

- **TÜBİTAK 2209-A/B - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri:** Lisans/önlisans düzeyinde erken dönem proje kültürü ve minigrant desteği; dönemsel çağrılarla yürür. https://tubitak.gov.tr/tr/burslar/lisans-onlisans/destek-programlari/2209-universite-ogrencileri-arastirma-projeleri-destekleme-programi?utm_source
- **ARDEB 1001 - Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projeleri:** Araştırma ekipleri için; **36 aya kadar** süre ve güncel bütçe/bursiyer limitleriyle destek. https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/akademik/ulusal-destek-programlari/1001-bilimsel-ve-teknolojik-arastirma-projelerini-destekleme-programi?utm_source
- **Bursiyer Ücretleri (YL/Doktora/Arş. Gör. vb.):** TÜBİTAK'ın TTS güncellemeleriyle her yıl duyurulur; **1 Ocak 2025** itibarıyla üst limitler artırılmıştır. (Örn. **YL bursiyeri üst limiti 19.000 TL/ay**). https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/akademik/uygulamalar-ve-yonergeler/guncel-tts-duyurulari?utm_source
- **TÜBİTAK 1512 BiGG / 1812 BiGG Yatırım:** İş fikrinden şirkete; uygulayıcı kuruluşlar aracılığıyla hızlandırıcı + yatırım tabanlı çağrılar. https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/1512-girisimcilik-destek-programi-bigg?utm_source
- **KOSGEB Girişimci Destek Programı - İş Geliştirme: %80 oran, 1,5 milyon TL üst limit;** genç/kadın/engelli/gazi/şehit yakını için **+150.000 TL** ilave üst limit. https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/detay/9258/is-gelistirme-destegi-2025-yili-ii-donem-basvurulari-basladi?utm_source

- **Yetenek Kapısı / Ulusal Staj Programı:** Kamu–özel staj/iş ilanları, fuarlar, kariyer etkinlikleri ve e-Devlet entegrasyonu. <https://www.yetenekkapisi.org/>

<https://kariyerkapisi.gov.tr/> ve https://www.turkiye.gov.tr/cumhurbaskanligi-ulusal-staj-programi-hizmeti?utm_source

- **TEKNOFEST Teknoloji Yarışmaları:** Takım kurma–mentorluk–prototip geliştirme için en geniş öğrenci yarışma ekosistemi. https://www.teknofest.org/tr/content/announcement/teknofest-2025-teknoloji-yarismalari-basvurulari-basladi/?utm_source
- **Erasmus+ / Avrupa Dayanışma Programı (ESC):** Öğrenim–staj hibeleri ve gönüllülük/solidarity projeleriyle uluslararası deneyim. https://www.ua.gov.tr/?utm_source

https://www.ab.gov.tr/avrupa-dayanisma-programi-european-solidarity-corps-esc-_53082.html?utm_source

- **TAGEM Ar-Ge Destek Programı (Tarım ve Orman Bakanlığı):** 2025’te 20. çağrı açık; üniversiteler için proje başına **1.000.000 TL** üst limit ve ortaklık şartı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Duyuru/269/Ar-Ge-Destek-Programi>

3. Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin Esasları

Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin esasları; Ar-Ge Kanunu kapsamında bazı haklar verilerek belirlenmiştir. Uluslararası düzeyde yayınlanmış kılavuzlarda detaylı şekilde açıklanmaktadır. Ar-Ge ve İnovasyon için detaylı kılavuzlar *Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı* (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD) tarafından Frascati, Oslo ve Canberra Kılavuzları olarak yayınlanmıştır. OECD tarafından hazırlanan kılavuzlara bakıldığında;

1. **Ar-Ge alanında,** en bilinen kılavuz **Frascati Kılavuzudur**. Bu kılavuzda, araştırma ve deneysel geliştirme faaliyetlerinin tanımı yapılmakta ve istatistiklerin nasıl toplanacağı belirlenmektedir.
2. **Teknoloji Ödemeleri Dengesi (TÖD) Kılavuzu,** teknoloji ithalat ve ihracatına ilişkin verilerin ölçülmesini açıklamaktadır.
3. **İnovasyon ölçümünde ise Oslo Kılavuzu** öne çıkmakta, yenilik faaliyetlerinin tanımı ve bu alandaki verilerin nasıl toplanacağına dair standart yer almaktadır.
4. **Patent Kılavuzu** verilerin bilimsel ve teknolojik göstergeler olarak kullanılmasına yönelik kılavuzdur.

5. Canberra Kılavuzunda ise bilim ve teknoloji alanında çalışanların performans ölçümü için yöntemler sunulmaktadır.

Bu kılavuzlar sayesinde, Ar-Ge, İnovasyon, teknoloji ticareti ve insan kaynağı verileri Dünya'nın tüm ülkelerinde aynı standartlara göre toplanmakta ve böylece uluslararası karşılaştırmalar yapılabilmektedir.

Bu çerçevede Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin esasları şunlardır;

a) Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliğinin Sınıflandırması

Ar-Ge ve İnovasyon profesyonelliği aşağıdaki gibi sınıflandırılmakta ve kanunla verilmiş bazı haklarla yürütülmektedir:

- 1) Meslek Lisesi Mezunları (Ar-Ge Teknisyeni),
- 2) Ön Lisans Mezunları (Ar-Ge Teknikeri),
- 3) Lisans Mezunları (Ar-Ge Mühendisi),
- 4) Yüksek Lisans Mezunları (Ar-Ge Yüksek Mühendisi),
- 5) Doktora Mezunları (Ar-Ge Doktoru).

b) Ar-Ge Aşamaları ve Safhaları

Genel olarak Ar-Ge çalışmaları birbiriyle ilgili dört aşama olarak sınıflandırılmaktadır. Ar-Ge lerin sınıflandırılması şu şekildedir:

1. Temel Ar-Ge (Eğitim),
2. Uygulamalı Ar-Ge (Ekoloji),
3. Deneysel Geliştirme (Ekonomi),
4. Sosyal Deney (Etik) dir .

Ar-Ge safhaları;



c) *İnovasyon Türleri*

OECD Oslo Kılavuzu'na göre genellikle 4 ana kategoriye ayrılmaktadır:

1. Ürün Yeniliği

1. Yeni veya önemli ölçüde iyileştirilmiş bir ürün veya hizmetin ortaya konulması.
2. Örnek: Yeni teknolojik özelliklere sahip bir akıllı telefon.

2. Süreç Yeniliği

1. Ürün veya hizmet üretiminde kullanılan yöntemlerde önemli iyileştirmeler.
2. Örnek: Daha verimli bir üretim hattı kurulması.

3. Pazarlama Yeniliği

1. Ürün tasarımı, ambalajı, konumlandırma, fiyatlandırma veya tanıtımında önemli değişiklikler.
2. Örnek: Markanın hedef kitleye ulaşmak için dijital pazarlamaya geçiş yapması.

4. Organizasyonel Yenilik

1. İş uygulamaları, işyeri organizasyonu veya dış ilişkilerde yeni yöntemlerin uygulanması.
2. Örnek: Esnek çalışma modeli veya proje bazlı ekip sistemi kurulması.

d) *Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği İçin Kariyer Aşamaları*

Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği yolculuğu aşağıdaki seviyelerden oluşmaktadır;

- Kavram ve Kuram geliştirmek
- Sorunları belirlemek ve çözüm önerileri sunmak
- Teknolojik/teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü yapmak
- Geliştirilen kavramdan tasarıma geçiş sürecinde yer alan çalışmalar yürütmek
- Tasarım ve çizim çalışmaları yapmak
- Prototip üretim
- Pilot tesisin kurulma
- Deneme üretimi (Uygulama)

- Patent ve lisans çalışmaları
- Satış sonrası sorun giderme hizmetleri
- İnovasyon

Kariyer yolculuğunda önemli olan bir konuda bu aşamaların her birini her yıl yeni projeler sunarak yürütebilmektir. Örneğin, istemek kelimesi için başlatılan bir araştırmayı, önce kavram ve kuram geliştirme projesi olarak başlarmaktır. Şayet literatür taraması yapıldığında daha önce bu aşama çalışılmışsa bir ileri aşama olan sorunları belirlemek ve çözüm önerileri sunmak şeklinde proje sunarak devam etmektedir. Profesyonellik bunları yapabilmekle ölçülmekte veya kazanılmaktadır.

e) Ar-Ge ve İnovasyon Çalışmalarında Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (THS)

TÜBİTAK'ın “akademik ve endüstriyel Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerine destek vermesi” ve “belirlenen ulusal önceliklere hizmet eden Ar-Ge çalışmalarını gerçekleştirmesi” görevlerini göz önünde bulundurarak, kendi süreçlerinde kullanmak amacıyla bir THS belirleme metodolojisi oluşturmuştur.

Ar-Ge ve İnovasyon çalışması yapanların TÜBİTAK açısından belirlenmiş THS seviyesinin belirlenmesi «**teknolojik ilerlemeyi sağlama başarısı ve seviyesi**» olarak ölçülebilmektedir. Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği için yapılan çalışmalarda THS genel olarak Temel/Uygulamalı Araştırmadan Ürünleşme /Ticarileşmeye doğru ilerlemektedir. Burada THS için hazırlanan tanımlama 9 seviyeden oluşmakta ve her seviyenin alt seviyeleri söz konusudur.



THS için Genel Tanımlar şunlardır;

THS 1: Temel ilkelerin gözlemlenmesi ve raporlanmasının ele alındığı çalışmalar,

THS 2: Teknoloji konsepti veya uygulamasının formüle edildiği çalışmalar,

THS 3: Kritik işlev (fonksiyon) veya özellik analitik ve deneysel olarak kanıtlandığı çalışmalar,

THS 4: Bileşenin laboratuvar ortamında doğrulandığı çalışmalar,

THS 5: Bileşenin simüle edilmiş (benzetimli) ortamda doğrulandığı çalışmalar,

THS 6: Tüm sistemin prototipinin laboratuvar ortamında doğrulandığı çalışmalar,

THS 7: Tüm sistemin prototipinin operasyonel ortamda doğrulandığı çalışmalar,

THS 8: Sistemin tamamlandığı ve performans test ve gösterimlerinin yapıldığı çalışmalar,

THS 9: Sistemin gerçek operasyonlarda kullanılarak doğrulandığı çalışmalar.

4. Kültürel Çeşitliliğin Ar-Ge ve İnovasyona Katkısı

İnovasyon, farklı düşünme biçimlerini, deneyimleri ve değerleri bir araya getiren dinamik bir süreç olduğu için bunu besleyen düşünme ve kültürel çeşitliliktir. Çeşitlilik, tabiatta olduğu gibi bireylerin bilgiye, probleme ve çözüm üretme biçimlerine dair farklı yaklaşımları içermektedir. Kültürel çeşitlilik, özgün fikirlerin ortaya çıkması için elverişli bir ortam sunar (Jones, Chirino Chace & Wright, 2020). Çeşitliliğin inovasyon üzerindeki olumlu etkisini ortaya koyan araştırmaların başında, Boston Consulting Group'un sekiz ülkede yürüttüğü geniş kapsamlı analiz gelmektedir. Bu çalışmada, yönetim ekiplerinde yer alan bireylerin millî köken, cinsiyet, yaş ve mesleki geçmiş gibi değişkenler açısından farklılık göstermesinin, yenilik gelirlerinde yaklaşık %20'lik bir artış sağladığı belirlenmiştir. Özellikle, ülke kökeni çeşitliliğinin en yüksek etki düzeyine sahip olduğu saptanmıştır (Jones et al., 2020). Bu sonuç, farklı kültürel değerlerin ve düşünsel yaklaşımların, inovasyonun ekonomik çıktıları üzerinde doğrudan belirleyici olduğunu göstermektedir.

Kültürel çeşitliliğin inovatif performansa etkisi konusunda AlShebli, Rahwan ve Woon'un (2018) dokuz milyondan fazla bilimsel makale üzerinde yaptığı analizde, etnik çeşitliliğin bilimsel etkinin en güçlü belirleyicisi olduğunu belirlemiştir. Araştırmaya göre, farklı etnik kimliklerden bilim insanlarının birlikte çalıştığı makalelerin, homojen ekiplerin çalışmalarına kıyasla daha fazla atıf aldığı ve bilimsel etki bakımından %10'un üzerinde artış gösterdiği vurgulanmıştır. Bu bulgu, kültürel çeşitliliğin yalnızca yenilik üretiminde değil, bilginin dolaşımında ve görünürliğünde de kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır. Çeşitliliğin inovasyona katkısı, yaratıcı düşünceyi teşvik eden "bilişsel gerilim" kavramıyla açıklanabilir. Farklı kültürel altyapılara sahip bireyler, aynı probleme farklı perspektiflerden

yaklaşarak yaratıcı bir sürtünme alanı oluşturur. Bu durum, ekip içi tartışmaların daha derinlikli olmasına ve alternatif çözüm yollarının ortaya çıkmasına olanak tanır. Böylece kültürel çeşitlilik, bilişsel esnekliği artırarak inovasyonun niteliğini güçlendirir (Swartz et al., 2019). Ancak bu potansiyelin etkin biçimde kullanılabilmesi, kapsayıcı liderlik, açık iletişim ve kültürel farkındalığın kurumsal düzeyde desteklenmesine bağlıdır.

Kültürel çeşitliliğin inovasyon üzerindeki etkisini açıklayan bir diğer çerçeve “takım bilimi” (Science of Team Science – SciTS) yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, çok disiplinli ve çok kültürlü araştırma ekiplerinde başarıya ulaşmanın temelini, farklı düşünce biçimlerinin uyumlu biçimde yönetilmesinden geçtiğini savunur. Jones ve arkadaşları (2020), etkin iletişim standartlarının oluşturulması, ekip üyelerinin düşünme tarzlarının analiz edilmesi ve kültürel farkındalık araçlarının uygulanmasının inovasyon sonuçlarını güçlendirdiğini vurgulamaktadır. Bu bulgular, inovasyonun yalnızca teknik kapasiteyle değil, sosyal ve kültürel etkileşimlerle de biçimlendiğini göstermektedir. Diğer yandan, kültürel çeşitliliğin olumlu etkilerinin otomatik olarak ortaya çıkmadığı da belirtilmelidir. Çeşitliliğin yanlış yönetilmesi durumunda, iletişim kopuklukları, değer çatışmaları ve güven eksikliği gibi sorunlar inovasyon sürecini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle örgütlerin, kültürel farkındalığı güçlendiren eğitim programları, katılımcı karar alma mekanizmaları ve kapsayıcı yönetim anlayışları geliştirmeleri gerekmektedir (Swartz et al., 2019). Kültürel farklılıkların potansiyel bir zenginlik kaynağı hâline gelebilmesi, bu farklılıkların kurumsal kültürle bütünleşebilmesine bağlıdır.

Kültürel çeşitliliğin inovasyona katkısının bir başka boyutu da, risk alma ve belirsizlikle başa çıkma becerisi üzerindeki etkisidir. Hofstede’nin (2010) kültürel boyutlar kuramı, belirsizlikten kaçınma eğilimi düşük olan toplumlarda, bireylerin yenilikçi fikirleri denemeye daha açık olduğunu göstermektedir. Buna göre, bireycilik düzeyi yüksek toplumlarda girişimcilik ve özgün düşünce daha fazla teşvik edilirken; kolektivist toplumlarda işbirliği ve dayanışma kültürü öne çıkar. Her iki kültürel eğilim de doğru yönetildiğinde inovasyonun farklı boyutlarını destekleyebilir. Bu durum, kültürün inovasyonda tek yönlü bir belirleyici değil, dinamik bir yönlendirici olduğunu göstermektedir.

Kültürel çeşitlilik inovasyonun hem niceliksel hem niteliksel yönlerini geliştiren çok katmanlı bir unsurdur. Farklı kültürlerden gelen bireylerin oluşturduğu ekipler, bilgi paylaşımı, eleştirel düşünce ve deneysel yaklaşım bakımından daha üretken bir zemin oluşturur. Ancak bu üretkenliğin sürdürülebilir hâle gelmesi, kültürel farklılıkların bilinçli biçimde

yönetilmesine ve çeşitliliğin kurumsal bir değere dönüştürülmesine bağlıdır. Dolayısıyla, kültürel çeşitliliği yalnızca bir demografik özellik değil, inovasyonun temel sermayesi olarak görmek gerekmektedir.

5. Kültürel Çeşitlilik ve Yeşil İnovasyon

Küresel düzeyde çevre sorunlarının artması, enerji kaynaklarının tükenmesi ve iklim değişikliğinin hız kazanması, yenilik kavramının yalnızca ekonomik büyüme perspektifinden değil, çevresel sürdürülebilirlik bağlamında da ele alınmasını zorunlu kılmıştır. Bu çerçevede, “yeşil inovasyon” kavramı — çevreye zarar vermeden ekonomik değer üreten, kaynak kullanımını optimize eden ve karbon ayak izini azaltan yenilik biçimlerini — ifade etmektedir. Ancak yeşil inovasyonun başarısı, teknik gelişmelerin ötesinde kültürel değerler, toplumsal bilinç ve kurumların çevreye bakış açısıyla yakından ilişkilidir (Xu et al., 2024). Xu, Farooq, Alam ve Dai’nin (2024) Asya ülkeleri örnekleminde gerçekleştirdiği çalışmada, Hofstede’nin kültürel boyutları çerçevesinde kültürel çeşitliliğin yeşil inovasyon üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

Araştırmanın sonuçlarına göre, kültürel özellikler yeşil inovasyon performansını doğrudan ve anlamlı biçimde etkilemektedir. Güç mesafesi yüksek toplumlarda çevresel yenilikler daha yavaş ilerlerken, bireycilik ve uzun vadeli yönelim düzeyi yüksek olan kültürlerde yeşil inovasyon faaliyetlerinin daha güçlü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hoşgörü düzeyi yüksek toplumlarda çevreye duyarlı teknolojilerin benimsenme oranı da artmaktadır. Bu bulgular, çevresel sürdürülebilirliğin yalnızca ekonomik veya politik değil, aynı zamanda kültürel bir olgu olduğunu açıkça göstermektedir. Kültürel çeşitliliğin yeşil inovasyona etkisi, esasen toplumların doğa ile kurduğu ilişki biçiminden kaynaklanır. Kolektivist toplumlarda çevreye duyarlılık genellikle toplumsal dayanışma ve ahlaki sorumluluk üzerinden şekillenirken, bireyci toplumlarda çevreci davranışlar kişisel değerler ve etik motivasyonlarla desteklenmektedir. Dolayısıyla yeşil inovasyonun başarıya ulaşabilmesi için, her toplumun kültürel kodlarına uygun stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Xu ve çalışma arkadaşlarının (2024) önerdiği gibi, çevre politikaları “kültürel uygunluk” ilkesine dayanmalı, yani evrensel hedeflerle yerel değerler arasında denge kurulmalıdır.

Yeşil inovasyonun kültürel temelleri yalnızca bireylerin değer sistemleriyle değil, aynı zamanda örgütsel kültürle de ilgilidir. Kurumların çevreye bakış biçimleri, inovasyon stratejilerinin yönünü belirler. Hofstede’nin (2010) kuramına göre, belirsizlikten kaçınma düzeyi düşük olan örgütler, çevre dostu teknolojilere yatırım yapma konusunda daha cesur davranmaktadır.

Buna karşılık, riskten kaçınan kurumlar kısa vadeli maliyet kaygıları nedeniyle çevreci yatırımları ertelemekte ya da yüzeysel biçimde uygulamaktadır. Bu noktada kültürel çeşitlilik, farklı perspektifleri bir araya getirerek örgütlerin risk algısını dönüştürür; böylece yenilikçi çevre çözümlerine daha açık bir tutum gelişir. Kültürel çeşitlilik ayrıca çevre politikalarının toplumsal kabul düzeyini de artırır. Farklı etnik, dini veya sosyoekonomik gruplardan bireylerin dahil edildiği çevresel girişimler, katılımcılığı ve aidiyet duygusunu güçlendirir. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde yeşil inovasyonun sürdürülebilirliğini destekleyen önemli bir faktördür. Örneğin, topluluk temelli enerji projelerinde yerel halkın geleneksel bilgi birikimi ile modern teknolojinin bir araya getirilmesi, hem maliyet etkinliği hem de sosyal sahiplenme açısından avantaj yaratmaktadır. Bu bağlamda kültürel çeşitlilik, yeşil inovasyonu sadece teknik bir süreç olmaktan çıkararak toplumsal bir dönüşüm hareketine dönüştürür.

Yeşil inovasyon politikalarının tasarımında kültürün dikkate alınmaması, çoğu zaman uygulama başarısızlıklarına yol açmaktadır. Batı merkezli çevre stratejilerinin farklı kültürel bağlamlarda aynı etkiyi göstermemesi, bu durumun açık bir örneğidir. Kültürel faktörlerin göz ardı edilmesi, çevre politikalarının toplumsal dirençle karşılaşmasına neden olabilir. Bu nedenle çevre dostu uygulamaların başarılı olabilmesi için, hem politika yapıcılarının hem de özel sektör temsilcilerinin kültürel farkındalığa dayalı bir yaklaşım benimsemeleri gerekmektedir (Zheng et al., 2021). Kültürel çeşitliliğin yeşil inovasyona katkısının bir diğer boyutu da eğitim ve iletişim stratejileridir. Çevre bilincinin yaygınlaştırılmasında kültürel anlatılar, semboller ve yerel değerler son derece etkilidir. Toplumun kendi kültürel referanslarını kullanarak çevre sorunlarına çözüm araması, soyut sürdürülebilirlik kavramlarını somut ve anlamlı hâle getirir. Bu bağlamda kültürel miras, yalnızca geçmişin korunması değil, aynı zamanda geleceğin sürdürülebilir biçimde inşası için bir araçtır. Yeşil inovasyonun başarısı, teknolojik kapasitenin yanı sıra kültürel zeminle de yakından ilişkilidir. Kültürel çeşitlilik, çevreye duyarlı yeniliklerin hem tasarımını hem de benimsenmesini kolaylaştırır. Farklı kültürlerin doğaya, üretime ve tüketime ilişkin değer sistemleri, sürdürülebilir inovasyonun yönünü belirleyen temel etmenlerdir. Bu nedenle yeşil inovasyon politikaları, teknik verimlilik kadar kültürel uyumluluğu da gözetmeli ve toplumların kendi değer sistemlerinden beslenen çevreci çözümler geliştirmelidir. Böylece kültürel çeşitlilik, yalnızca bir kimlik unsuru değil, çevresel sürdürülebilirliğin en önemli stratejik kaynağı hâline gelir.

6. Sonuç ve Öneriler

Ar-Ge ve İnovasyon Profesyonelliği ile bilimin rehberliğinde farklılıkları zenginlik gören ve paylaşımı önceleyen kariyer yolculuğu için;

1. Aynaya baktığınızda kendinizi, göle baktığınızda yansımaları, dağa baktığınızda derinliği, uzaya baktığınızda ise düşüncenin sonsuzluğunu görmeyi hedeflemek. Üretilen bilgi ile kendine, ülkeye ve insanlığa değer katmak. Evrensel ölçekte düşünen, köklerle bağını koruyan bireyler olarak yükseköğrenim şeklinde bir YAT (Yönetim Becerileri, Alan Bilgisi, Teknolojik Yetkinlik) kazanmak.

Planlı çalışmak (5N + 3K + 4E); öğrenmenin **tasarımdan** (5N), **yürütmeye** (3K) ve **kültüre** (4E) uzanan bütüncül mimarisini ortaya koymak.

2. Öğrenmeye Döngüsel Yaklaşmak (“Yedi Kız Kardeş”) - “Dinle-konuş-oku-yaz-hayal et-keşfet-yap”.

3. Uygula - Kazan-Öğren Programlarına katılmak.

4. YAT (Yönetim becerileri–Alan bilgisi–Teknolojik yetkinlik) kazanımında önceliği yönetim becerilerine vermek.

5. Eyleme geçmek ve her gün aşağıdaki faaliyetleri yaparak etkilerini ve çıktılarını ölçmek.

FAALİYETLER	FAALİYET ETKİLERİ	FAALİYET ÇIKTILARI
1. Eğitim-Öğretim	Tabiat ve tarih konularında başlayıp alanda okur-yazarlık düzeyinin artması. Yaşam boyu öğrenme kültürü	Yayınlar (Eğitimci Yazar)
2. Ar-Ge (Temel Araştırma, Uygulamalı Araştırma, Deneysel Geliştirme, Sosyal Deney)	Gezerek okuma eğlenerek öğrenme	Araştırma raporları, bilimsel makaleler, patentler (Araştırmacı Yazar)
3. İhtisaslaşma	Merak uyandırma, inisiyatif alma ve derin öğrenme	Öngörüler, alan raporları, politika önerileri (Uzman)
4. Yenilik ve İnovasyon	Kalkınmayı bilgiye dayalı başarmak için yeni fikirler üretmek ve ticarileştirmek	Yeni fikirler, prototip ürünler, süreç iyileştirme, ticarileştirme (Yenilikçi Girişimci)
5. STK Gönüllülük	Sosyal sorumluluk bilincinin artması, toplumsal dayanışma	Sosyal çevresel projeler (Ortak Akıl Platformları) (Yenilikçi Toplum Gönüllüsü)

6. Yenilikçi Girişimci	Girişimcilik ekosisteminin gelişmesi, yeni iş modelleri	Yenilikçi ürünler (Teknoloji Girişimcisi)
7. Sürdürülebilir Yenilikçi Girişimcilik Ekosistemi	Ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik bilincinin güçlenmesi	Yeşil teknoloji ürünleri, sürdürülebilir iş modelleri (Sistem Mühendisi)
8. Diplomasi	Ulusal ve uluslararası iş birliği ağlarının güçlenmesi	Ortak projeler, iş birliği anlaşmaları (Diplomat)
9. Liderlik	Stratejik vizyon geliştirme	Liderlik programları (Lider)

7. Kaynakça

- AlShebli, B. K., Rahwan, T., & Woon, W. L. (2018). The preeminence of ethnic diversity in scientific collaboration. *Nature Communications*, 9(1), 5163. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07634->
- Alsaleh, A. (2024). The impact of technological advancement on culture and society. *Scientific Reports*, 14, 32140. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-32140-1>
- Boston Consulting Group (BCG). (2018). How diverse leadership teams boost innovation. Boston Consulting Group Report. <https://www.bcg.com>
- Dong, Y., Ma, H., Tang, J., & Wang, K. (2018). Collaboration diversity and scientific impact. *arXiv preprint*, arXiv:1806.03694. <https://arxiv.org/abs/1806.03694>
- Hofstede, G. (2010). *Cultures and organizations: Software of the mind*. 3rd Edition. McGraw-Hill Education.
- Hofstra, B., Kulkarni, V. V., Munoz-Najar Galvez, S., He, B., Jurafsky, D., & McFarland, D. A. (2020). The diversity-innovation paradox in science. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 117(17), 9284–9291. <https://doi.org/10.1073/pnas.1915378117>
- Jones, G., Chirino Chace, B., & Wright, J. (2020). Cultural diversity drives innovation: Evidence from organizational and cross-national studies. *International Journal of Innovation Science*, 12(3), 323–343. <https://doi.org/10.1108/IJIS-02-2020-0035>
- Swartz, T. H., Palermo, A. S., Masur, S. K., & Aberg, J. A. (2019). The science and value of diversity: Closing the gaps in our understanding of inclusion and innovation. *The Journal of Infectious Diseases*, 220(S2), S33–S41. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiz214>
- UNESCO. (2005). *Convention on the Protection and Promotion of the Diversity of Cultural Expressions*. UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2019). *Culture|2030 Indicators*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org>
- Xu, R., Farooq, U., Alam, M. M., & Dai, J. (2024). How does cultural diversity determine green innovation? The moderating role of environmental awareness and institutional quality. *Environmental Impact Assessment Review*, 106, 107458. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107458>
- Zheng, X., Wang, R., Hoekstra, A. Y., Krol, M. S., & Wang, H. (2021). Consideration of culture is vital if we are to achieve the Sustainable Development Goals. *One Earth*, 4(2), 307–319. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.01.006>

İnovatif Bir İnovasyon; Coğrafi Bilgi Sistemleri 8

Bülent Güner¹

Erkin Başaran²

Özet

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) akademiden toplumsal alana çok kısa sürede etki etmiş, dijital çağın en önemli ve uygulamalı teknik gelişmelerindendir. CBS çok basit olarak coğrafi mekâna ait bilgileri tanzim eden, depolayan ayrıca karar alma süreçlerinde etkili olan yazılım programıdır. Bununla birlikte CBS çıktıları itibarıyla yalnızca akademik alanların sınırları içerisinde sıkışmamış, bugünün dünyasında pek çok şirket tarafından yazılımı ve niteliği geliştirilen, ekonomik ve ticari hayatın verimlilik ve inovasyon (yenilik) süreçlerine katkılar sunan bir uygulama sistemidir. CBS'nin en bilinen uygulamasının telefonumuzun navigasyon işlevi olduğu düşünülse de, aslında günlük hayatın hemen her yanında kullanımı bulunmaktadır. Nitekim CBS; trafikten eğitime, sanayiden botaniğe, turizmden meteorolojiye pek çok bilimsel alanda ve kamu hizmetlerinde geliştirilen pek çok projenin içerisinde yer almaktadır. CBS'nin gelecekte bulut teknolojisi, artırılmış gerçeklik, yapay zekâ gibi dijital ve sanal yeniliklerle birlikte daha etkin işlevlere sahip olması beklenmektedir.

Giriş

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (Geographical Information Systems) ortaya çıkışı 1963 yılında Kanada'da arazi envanterlerine yönelik bir proje ile başlamıştır. 1964 yılında konumsal verilerin yönetilmesini amaçlayan ilk yazılımlar üretilmiştir. Sonraki yıllarda bilgisayarların ve uydu sistemlerinin gelişmesine bağlı olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) altyapısı da hızlı bir şekilde gelişmiştir. 1980'li yıllardan itibaren CBS yazılımı üreten şirketler ve enstitülerin sayıları artış göstermiş, 1999 yılında dünyada ilk "CBS Günü"

- 1 Munzur Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ORCID No: 0000-0003-1893-7216, bguner@munzur.edu.tr
- 2 Munzur Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ORCID No: 0000-0003-0759-561X, erkinbasaran@munzur.edu.tr

kutlanmıştır. CBS'nin çeşitli tanımları bulunmaktadır. En genel tanımı ise CBS yeryüzüne ait coğrafi verileri depolayan, işleyen, görüntüleyen ve analiz eden bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2002: 25, 48). Buna göre; özgün bir yöntem ve uygulama alanı olarak gelişen CBS, mekânsal verilerin birbiri ile ilişkilendirilerek değerlendirilmesine dayandığı için coğrafyanın özüne, ilkelerine uygun, doğrudan bir coğrafya uygulama aracıdır (Kayan, 2023: 7). CBS, çeşitli kaynaklardan elde edilen verileri bir araya getirebilme yeteneği sayesinde, bu verileri analiz ederek karar alıcılar için anlamlı bilgiler sunar. Ayrıca, analizler ve tahminler yaparak planlama süreçlerine temel oluşturur, veri yönetimi ve izleme imkânı sunarak stratejik kararların geliştirilmesine katkı sağlar. Bu özellikleri ile CBS, coğrafyacılar, yazılım mühendislerine kadar pek çok sosyal ve fen bilimleri disiplininin ilgisini çekmektedir (Türkoğlu vd. 2024: 207).

CBS'nin özellikle analiz yeteneği mekânsal bir altyapı çalışmasının en önemli ve en etkili aşamalarından biridir. Analiz, tasarımın geçerliliği ve doğruluğu konusunda bize rehberlik eder. Aynı zamanda tasarımı destekleyen bir yöntem işlevini görür. CBS ile gerçekleştirilebilecek altyapı analizlerinden bazıları şunlardır;

1. Su dağıtım analizi
2. Trafik yönetimi analizi
3. Toprak analizi
4. Saha fizibilite analizi
5. Çevresel etki analizi
6. Havza hacim veya alan analizi
7. Nehir veya kanal desen analizi
8. Sıcaklık ve nem analizi (Das & Kumar, 2015: 4).

CBS, coğrafya biliminin fiziki - beşeri dallarında yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü coğrafi veriler büyük ölçüde harita üzerinde gösterilebilir niteliktedir. Dolayısıyla herhangi bir doğal ve beşeri gelişmenin mekân üzerinde “dağılışı”ı coğrafya biliminin ana konularındandır. Yeryüzünün tümüyle bir coğrafi mekân olduğu düşünüldüğünde, yeryüzünde meydana gelen doğal ve beşeri olayların doğrudan veya dolaylı olarak Coğrafya bilimi ile ilgili olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle, 21. yy'ın başından itibaren Coğrafya bilimi; “CBS”, “Küresel Konumlandırma Sistemi”, “Uzaktan Algılama”, bilgisayar ve internet gibi sahip olduğu üstün teknoloji, araç-gereç ve yöntemlerle hayatın hemen tüm alanlarında

insanoğluna çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Kapluhan, 2014: 34). CBS'nin mekânsal planlama süreçlerine katkıları, özellikle veri toplama, analiz ve sunum süreçlerinde hız, etkinlik ve bilinçli kararlar alabilme açısından belirginleşmektedir. Bu teknolojinin kullanımı, şehir ve bölge planlaması, peyzaj planlaması gibi süreçlerde daha doğru ve bilimsel temellere dayalı planlama yapılmasına imkân tanımaktadır (Erkek & Çakır, 2024: 13).

Bireysel kullanım açısından örneğin akıllı telefonunuzdan hava durumu uygulamasını kullanıyor ya da bir yol tarifi arıyabiliyorsanız, günümüzün bu kolaylıkları mekânsal verilere, yani dünyanın farklı yerlerine ait yeryüzü bilgilerini birbirine bağlayan ve üst üste bindiren harita sistemleri sayesinde mümkün olmaktadır. Bu mekânsal veriler; coğrafi verileri depolamak, görselleştirmek, analiz etmek ve yorumlamak için kullanılan bilgisayar tabanlı araçlar olan “Coğrafi Bilgi Sistemleri” (CBS) kullanılarak düzenlenir. Söz gelimi yol verileri, topografik veriler, hava koşulları, mekândaki önemli noktalar, işletmeler ve daha fazlası hakkındaki bilgiler, haritalarda birleştirilip görüntülenebilen katmanlar halinde düzenlenir (Pizer, 2023).

CBS'nin Bugünü ve Yarını

Günümüzde özellikle kurumların kullandığı örneğin “yönetim bilgi sistemleri”, “öğrenci bilgi sistemi”, “yapay zeka bilgi sistemleri” gibi pek çok “bilgi sistemi” bulunmakla birlikte bu sistemler, “konumsal” bilgi edinimini ve görselleştirmesini amaçlamamaktadır. CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden farklı yapan en önemli niteliği, mekân verisinin dünya üzerindeki konumuyla ilişkilendirmesidir. Bunu da coğrafi koordinat bilgisini kullanarak gerçekleştirir. Böylelikle herhangi bir verinin, bulunduğu konumla ilişkisini sorgulanabilir hale getirir. Bu mekân bilgisi; doğal olarak herhangi bir nesnenin yeryüzünde bulunduğu yeri, yani “nerede?” olduğu sorusuna cevap verdiği gibi örneğin yeri belirlenen bir okulun öğrenci ve öğretmen sayısı, okulun alanı ve spor salonunun bulunup bulunmadığı, okula ulaşan yol bağlantılarının trafik yoğunluğu, okul çevresinin güvenlik bilgilerine dair “öznitelik” verilerini de sunabilir. Nitekim günümüzde CBS günlük hayatımızın her yanında bulunmaktadır. Evimize gelen elektrik, doğalgaz ve suyun altyapı açısından, trafik düzenine, tarım programları oluşturulmasından, itfaiye araçlarını ve ambulansları en hızlı biçimde ihtiyaç mahaline ulaştıracak yol bilgisine kadar pek çok mekânsal veriyi haritalandırıp, insanlığın hizmetine sunmaktadır. Ayrıca bir süredir telefonlarımızın vazgeçilmez kullanımlarından biri olan ve seyahatlerimizi daha keyifli, kolay ve kaliteli hale getiren navigasyon uygulamasının mekân verileri CBS ile oluşturulmaktadır. Dolayısıyla günümüzde CBS; eğitimden

turizme, güvenlikten sağlığa, kültürel etkinliklerden çevre projelerine kadar oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Buna göre CBS; coğrafi analiz, harita yapımı, veritabanı yönetimi ve coğrafi istatistikler için kullanılabilen, yer ve konum kavramları etrafında bilgileri düzenleyen görsel bir sistem olduğundan hemen hemen her disipline veya girişime uygulanabilir niteliktedir. Herhangi bir CBS programının altyapısı, aşağıdaki gibi birbiriyle ilişkili dört bileşenden oluşur;

1. Yöntemler ve insanlar; bir CBS altyapısının en önemli kısmıdır. CBS güçlü bir araç olmasına rağmen, iyi uyarlanmış yöntemler ve eğitilmiş insanlar olmadan işe yaramaz.

2. Veri; Sistem tarafından işlenmesi gereken hammaddedir. Bir çalışmanın odağında veriler yer almaktadır. Çoğu çalışmanın en önemli kısmını veri girişi ve yönetimi oluşturur. Veri (bilgi), CBS uygulamalarının temelidir.

3. Yazılım; CBS'yi çalıştırmak için gereken bilgisayar programlarıdır. Düşük maliyetli ve düşük performanslı paketler yanında pahalı ve çok güçlü olan CBS programları da mevcuttur. Bunlara istatistik, kelime işlemci, grafik ve diğerleri gibi destek programları da dahildir.

4. Donanım – CBS'nin çalıştığı makineler – bilgisayarlar, yazıcılar, çiziciler, sayısallaştırıcılar ve diğer ekipman türleridir (Das & Kumar, 2015: 3).

Bu bağlamda CBS'nin kullanımı mekân odaklı her çalışmada mümkündür. CBS, yapılan bir akademik çalışmaya sorgulanabilir ve görüntülenebilir mekân verileri sunar. Örneğin üç farklı yerde gözlemlenen nadir bir bitki türünün bulundukları yerler CBS kullanılarak haritalandığında, CBS analizi ile bu bitkinin 300 m'nin üstünde bir rakımda, yılda 250 mm'den fazla yağış alan kuzeye bakan yamaçlarda yetiştiği ortaya çıkarılabilir. Bu bilgiye dayanarak CBS, bölgedeki benzer yetiştirme koşullarına sahip tüm yerleri harita üzerinde gösterir. Böylece araştırmacılar bu nadir bitkileri nerede aramaları gerektiğini bilirler. Bir başka örnek; belirli bir gübreyi kullanan çiftliklerin coğrafi konumu harita üzerinde belirtilerek, bu çiftliklerin, su kaynaklarına (akarsular – su kanalları) konumları ile yükselti, eğim ve yağış miktarı değerlerinin CBS analizi yapılarak, hangi su kanallarının tercih edilen gübreyi ilgili çiftliğe taşıyabileceği belirlenebilir. Bunlar, CBS'nin yer bilimleri, biyoloji, kaynak yönetimi ve diğer alanlardaki çok sayıda kullanımına dair birkaç örneği oluşturmaktadır (USGS, 2024). Uygulama şekillerine göre CBS'nin kaynaklık ettiği çok çeşitli bilgi sistemleri bulunmaktadır;

- Kadastral Bilgi Sistemi

- Görüntü , işlem tabanlı bilgi sistemi (Image based Information System)
- Arazi Veri Sistemi (Land Data System)
- Arazi Bilgi Sistemi (Land Information System)
- Coğrafi referanslı Bilgi Sistemi (Geographically referenced Inf. Sys.)
- Doğal Kaynak Yönetimi Bilgi Sistemi (Natural Resource Management Inf. Sys.)
- Ticari Analiz Bilgi Sistemi (Market Analysis Information System)
- Çok Amaçlı Kadastro (Multipurpose Cadastre)
- Planlama Bilgi Sistemi (Planning Information System)
- Mülkiyet Bilgi Sistemi (Property Information System)
- Toprak Bilgi Sistemi (Soil Information System)
- Mekânsal Bilgi Sistemi (Spatial Information System)
- Mekânsal Karar-destekli Bilgi Sistemi (Spatial decision support Inf. Sys.)
- Kent Bilgi Sistemi (Urban Information System) (Yomralıoğlu & Çelik; 1994; 9).

Yenilikçi Bir Sistem Olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri

Bugün CBS'nin yaygınlığı, akıllı telefonunuzun çok ötesine geçerek sanayi tarafından yararlanılan örneğin ürün transferi için kullanılan sistemlere ve çeşitli bilimsel uygulamalara kadar uzanmaktadır. Ayrıca epidemiyologların hastalıkların yayılımını haritalamasına, ekolojistlerin yaban hayatının hareketini anlamasına ve iklim bilimcilerin buzullardaki, deniz seviyelerindeki ve bölgesel hava modellerindeki değişiklikleri yorumlamasına yardımcı olmaktadır. Yine CBS uygulamaları küresel çatışma ve göçü inceleyen sosyal bilimcilere ve şehir plancıları ile mühendislere kentsel gelişim ve altyapı için en uygun yerleri belirlemede katkı sağlamaktadır (Pizer, 2023). Nitekim bu harita uygulamaları;

1. Konumların haritalanması; sistem konumları haritalamak için kullanılabilir. CBS, otomatik haritalama, veri toplama ve ölçüm analiz araçları aracılığıyla haritaların oluşturulmasına olanak tanır.

2. Miktarların haritalanması; bulunan yerler arasındaki ilişkileri görmek için her tür miktarı haritalar. Bu özellikler haritalama ötesinde ek bilgiler gerektirir.

3. Yoğunlukların haritalanması; özelliklerin konumlarını haritalayarak yoğunlukları görebilirsiniz. Yoğunluk haritası, dönüm veya mil kare gibi tek tip bir alan birimi kullanarak özellik sayısını ölçmenize olanak tanır, böylece dağılımı net bir şekilde görebilirsiniz. Örneğin insan ve araç yoğunluğu sıkça kullanılan veri kaynakları arasındadır.

4. Mesafelere ait bilgilerin bulunması; CBS, bir noktanın belirli bir mesafesinde neler olduğunu bulmak için kullanılır.

5. Değişikliğin haritalanması ve izlenmesi; CBS, gelecekteki koşulları tahmin etmek, bir eylem planı belirlemek veya bir eylemin ya da politikanın sonuçlarını değerlendirmek için bir alandaki değişikliği haritalamak için kullanılabilir (Das & Kumar, 2015: 2-3).

Bu çerçevede ele alındığında CBS pek çok akademik ve ticari alana inovasyon imkânları sunan inovatif bir sistemdir. İnovasyon (yenilik) en başta; zamandan, maliyetten tasarruf etmek ve bunları daha etkili bir şekilde kullanmak gibi faydalar sağlamaktadır. Bugünün dünyasında inovasyon; ekonomik kalkınma, üretim, yeni ürünlerin ortaya çıkarılması ve karar alınmasında en önemli faktörlerinden biridir. İnovasyon faaliyeti, yatırım faaliyetini de teşvik eder ve olumlu bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla inovasyon, herhangi bir ekonomik faaliyetin gelişimi ve üretkenliği için temel eylemdir (Kogabayev & Maziliauskas, 2017: 59).

Buna göre inovasyon kültürden bilgiye, bilgiden bilime, bilimden teknolojiye, teknoloji ile kalkınmaya giden bir süreçtir. Ayrıca inovasyon; belli bir zaman sonra, pratik ve başarılı olarak kullanılan, yeni bir fikir, teknik bir olay olarak tanımlanabilir (Özdemir, 2018: 5). Bu bağlamda CBS teknolojileri hem başarısını kanıtlamış bir fikir hem de teknik bir gelişmedir. CBS'nin son yıllarda gösterdiği hızlı ilerleme ile veri toplama, analiz etme ve görselleştirme çabalarımızda önemli değişimler ve verimlilik artışı görülmektedir. Ayrıca drone tabanlı veri analizi veya makine öğrenme algoritmaları gibi gelişmeler, sanayide ve diğer sektörlerde CBS uygulamalarına daha fazla yer açmaktadır. Bazı teknolojiler CBS teknolojisini daha kullanılır hale getirmektedir;

- Bulut Teknolojisi
- Mobil Coğrafi Bilgi Sistemi
- Makine Öğrenmesi - Otomasyon
- Kendi kendine giden arabalar
- Yapay Zekâ
- Artırılmış Gerçeklik teknolojisi (MGISS, 2023).

Ancak inovasyon süreci hiçbir zaman yalnızca teknolojik kriterlerle yeterince ölçülemez. İnovatif gelişmeler, genellikle büyük bir sosyal etkiye sahip olmakla birlikte, en temelde ekonomik süreçlerdir. Örneğin Concorde, diğer ticari uçakların hızının iki katından daha fazla hıza ulaşmıştı. Bu muhteşem bir mühendislik başarısı olsa da, bunun yolcuya maliyeti rakip uçaklardan birkaç kat daha yüksekti. Dolayısıyla Concorde uçakları, aslında üretimden kaldırılmasının en önemli nedenlerinden olan 2000 yılındaki trajik kazadan çok daha önce büyük bir ticari başarısızlık olarak ortaya çıkmıştı (OECD, 2001: 11).

Bu bakımdan inovasyon, yenilikçi bir düşünceyi pazarlanabilir ve katma değer yaratabilir ürün haline getirme aşamasıdır. Dolayısıyla inovasyon, icattan ziyade “yeni bir iş fırsatı” oluşturmaktır. Bundan dolayı bütün kurumlar adına kayda değer biçimde önemlidir. Bir ürün; pazarlama metodu, proses, organizasyonel yönetime inovatif diyebilmek adına yaratıcı düşünce, pazarlanabilme, fayda sağlama gibi özelliklere sahip olmalıdır (Özdemir, 2018: 9). CBS bu çerçevede ele alındığında son yılların en önemli inovatif gelişmelerinden biridir. İnsanlığa bugüne kadar sunduğu konfor, enformasyon ve güvenlik yanında önemli bir ekonomik fayda ve katma değer sağlamıştır. Daha somut bir değerlendirmeye; CBS günümüzde altyapı gelişimini optimize etmek için kentsel planlamada, ekosistemlerdeki değişiklikleri izlemek için çevresel izlemede ve doğal afetlerin etkisini değerlendirmek ve yardım çabalarını etkili bir şekilde koordine etmek için afet müdahalesinde kullanılmaktadır. Ayrıca işletmelerin konum tabanlı kararlar almasını ve operasyonlarını geliştirmesini sağlayarak tarım, ulaşım, lojistik ve hatta pazarlamada önemli bir rol oynamaktadır (MGISS, 2023).

Öte yandan “Artırılmış Gerçeklik” teknolojisi, kullanıcının çevresine ilişkin algısını geliştirmek için gerçek dünya coğrafi verilerini bilgisayar tarafından oluşturulan bilgilerle birleştiren bir sistemdir. Akıllı telefon veya “artırılmış gerçeklik başlığı” gibi bir cihaz aracılığıyla dijital öğeleri, örneğin görüntüleri, grafikleri veya verileri gerçek dünya ortamına yerleştirir. Bu sanal öğeleri fiziksel dünyayla doğru bir şekilde konumlandırmak için konum tabanlı teknolojileri kullanır. Böylece teknoloji kullanıcılarının çevreleriyle etkileşim kurmasını ve onları keşfetmesini sağlar. Örneğin, kullanıcılar cihazlarını binalara veya simge yapılarla doğrultarak binalar veya simge yapılar hakkında ek bilgiler görüntüleyebilir, gezinirken gerçek sokakların üzerine yerleştirilmiş sanal yönlendirmelerin yanı sıra yer altı şebekesini veya yüzeyin altındaki gizli altyapıyı görebilir. Artırılmış Gerçeklik uygulaması navigasyon, şehir planlama, mimari, turizm gibi çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Bu da onu karar vermeyi geliştirmek için değerli bir araç haline getirir. CBS sadece haritalama süreçlerini değiştirmekten ibaret değildir aynı

zamanda sanal dünyayı da dönüştürmektedir (MGISS, 2023). Günümüzde CBS yazılımı üreten ve uygulamalar gerçekleştiren, aynı zamanda büyük maddi kaynaklarla desteklenen projelere imza atan çok sayıda yazılım şirketi bulunmaktadır (Tablo 1). Küresel CBS pazarında, 2023 ile 2028 yılları arasında yıllık yaklaşık % 21'lik bir büyüme beklenmektedir. Bu büyüme 21,5 milyar ABD doları artışa karşılık gelmektedir (The Realty Today, 2024).

Tablo 1. Dünyanın önde gelen CBS yazılım şirketleri

ArcGIS	https://www.esri.com/
QGIS	https://www.qgis.org/
Hexagon Geomedia	https://hexagon.com/
MapInfo Professional	https://www.basarsoft.com.tr/
Feature Manipulation Engine	https://fine.safe.com/
Global Mapper	https://www.blumablegeo.com/
Cadcorp	https://www.cadcorp.com/
GRASS GIS	https://grass.osgeo.org/
WhiteBox GAT	https://www.whiteboxgeo.com/
gvSIG	http://www.gvsig.com/
GE Smallworld	https://www.vc4.com/
Mapitude	https://www.caliper.com/
Golden Software Surfer	https://www.goldensoftware.com/
TatukGIS	https://www.tatukgis.com
AutoCAD Map	https://www.autodesk.com

CORDIS altyapısında Avrupa Birliği tarafından desteklenen çeşitli araştırma projeleri incelendiğinde, CBS'nin mekân odaklı çalışmaların vazgeçilmez bileşeni olduğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle inovasyon ve CBS içerikli çok sayıda projenin yan yana geldiği görülmektedir. Yenilikçi enerji sistemleri ile enerji arz ve talebinin görselleştirilmesi için CBS kullanımı (CORDIS, 2023) ya da 12. ve 15. yy'lar arasında Orta Çağ Akdeniz'indeki sanatsal değişimlerin CBS aracılığıyla analizi ile politik bir takım gelişmelerin izlenmesi (CORDIS, 2018) veya mekân bilgisinin CBS aracılığıyla organize edilerek, bilim adamlarına coğrafi bilginin ve istatistik verilerin sağlanmasına destek projesi (CORDIS, 2024) gibi çok geniş bir akademik alandan projelerle CBS kullanımının yaygınlığı örneklendirilebilir. Yine uluslararası kuruluşların ve küresel etkinlikteki araştırma merkezlerinin web sayfalarında araştırma yapıldığında çok sayıda CBS destekli bilimsel projenin yürütüldüğü görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. CBS ortaklı projeleri destekleyen önemli bilimsel ve uluslararası kuruluşlar

Birleşmiş Milletler (UN)	https://www.un.org/
Dünya Bankası (World Bank)	https://www.worldbank.org/
Dünya Sağlık Örgütü (WHO)	https://www.who.int/
Dünya Ticaret Örgütü (WTO)	https://www.wto.org/
BM Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO)	https://www.fao.org/
Avrupa Birliği (AB)	https://european-union.europa.eu/
İnterpol	https://www.interpol.int/
Kızıl Haç (Red Cross)	https://www.redcross.org/
NATO	https://www.nato.int/
OECD	https://www.oecd.org/
Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)	https://www.ilo.org/
Uluslararası Para Fonu (IMF)	https://www.imf.org/
Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF)	https://www.worldwildlife.org/
NASA	https://www.nasa.gov/
CERN	https://home.cern/

CBS teknolojisi hayatımızda etkin bir rol oynamaktadır. CBS'nin geleceği de iyimser görünmektedir. Zaman içinde pek çok sektörün CBS teknolojisinin enginliğini ve coğrafi verilerin değerini daha iyi kavrayacağı düşünülmektedir. Artırılmış gerçeklik, bulut teknolojisi, makine öğrenimi ve yapay zekâ gibi bugünün ve geleceğin dijital teknolojileri tüm dünyada zirveye ulaşırken, CBS ile birlikte bu teknolojileri kullanan sektörlerde daha fazla dönüşüm gerçekleşecektir. CBS ayrıca nüfus, afetler, acil durumlar ve sağlık sektörlerinin yönetiminde de daha fazla rol oynayacaktır. CBS teknolojisi gelişmeye devam ettikçe, mekânsal verileri analiz etmenin, görselleştirmenin ve yönetmenin yeni yolları ortaya çıkmaya devam edecektir (MGISS, 2023).

Dünyada olduğu gibi ülkemizin kurumlarında da CBS kullanımı oldukça yaygınlaşmış, yazılım şirketleri kurulmuş ve özellikle “icracı” her bakanlıkta CBS birimi oluşturulmuştur. Ayrıca Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde resmi kurumlara veri sağlaması ve “katma değer” oluşturması hedefiyle Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü kurulmuştur (ÇŞB, 2025). Üniversitelerimizin Coğrafya bölümlerinin pek çoğunda CBS ana bilim dalı kurulmuş, lisans ve lisans üstü ders programlarına CBS eğitimi de eklenmiştir. Ayrıca bazı üniversitelerimizde önlisans düzeyinde “Coğrafi Bilgi Sistemleri” adıyla eğitim veren bölümler kurulmuştur (YÖK Atlas, 2025).

Gönüllü Coğrafi Bilgi

Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB) şeklinde Türkçeye çevrilen Volunteered Geographic Information (VGI) kavramı ise günümüzde mekânsal bilişim alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. İnternete erişimin kolaylaşması ve mobil teknolojilerin hızla yaygınlaşmasıyla pek çok insan coğrafi verilerini dünya genelinde paylaşabilmekte ve diğer kullanıcıların paylaştığı verilere de kolaylıkla erişim sağlayabilmektedir (Anbaroğlu, 2017). Goodchild (2007), internet ve dijital teknolojiler sayesinde geleneksel olarak yalnızca resmi kurum ve kuruluşlarca yürütülen haritalama faaliyetlerinin artık sıradan bireyler tarafından gönüllü biçimde gerçekleştirilebildiğini belirtmektedir. Bu durum sıradan vatandaşların adeta birer duyarga gibi davranarak çevrelerinden topladıkları bilgileri dijital ortama aktarmalarıyla açıklanabilir. VGI, Wikipedia benzeri kullanıcı girişlerine dayalı sistemlerin coğrafya alanına yansması olarak görülebilir. Ayrıca Wikimapia, OpenStreetMap, Flickr gibi platformlar bu olgunun daha erken örnekleridir. Bu siteler kullanıcıların yerleri tanımlayıp açıklamasına, her türden harita verisi oluşturmaya veya fotoğrafları coğrafi koordinatlarla etiketlemesine imkân tanıyarak küresel ölçekte etkileşimli bir haritalama ekosistemi yaratmıştır. VGI'nin yükselişini mümkün kılan beş temel teknoloji ise Web 2.0'ın etkileşimli doğası, GPS gibi konum belirleme araçları, coğrafi etiketleme (geotagging), gelişmiş bilgisayar grafikleri ve genişbant internet erişimidir. Bu teknolojiler, sıradan kullanıcıların da karmaşık coğrafi veriler üretebilmesine meydan vermiş ve vatandaşların yerel ölçekte ürettikleri bilgilerin, kamu kurumlarının verilerini tamamlayarak daha dinamik ve güncel bir coğrafi bilgi sistemine dönüşmesini sağlamıştır. VGI bu anlamda “yurttaş bilimi” (citizen science) anlayışının coğrafyadaki karşılığı olarak değerlendirilebilir. Gönüllü coğrafi bilginin özellikle afet ve acil durum yönetimi gibi alanlarda büyük potansiyele sahip olduğu belirtilebilir. Uydu görüntülerinin mevcut olmadığı veya hava koşulları nedeniyle kullanılmadığı durumlarda bölge halkının cep telefonlarıyla anında fotoğraf, metin ya da ses paylaşması sahadaki koşullara dair hızlı ve güncel bilgiler sağlamaktadır. Şüphesiz gönüllülerin oluşturduğu içerikler genellikle “doğruluğu beyan edilen bilgi” niteliğindedir ve resmi bir hüviyet taşımaz. Bu durum da güvenilirlik ve doğrulama süreçleri açısından yeni sorular doğurabilmektedir. Ayrıca VGI hâlen daha çok internet erişimi olan, gelişmiş ülkelerdeki kullanıcıların katkısıyla şekillenmekte olup bu da dijital uçurumu derinleştirmektedir. Tüm bu olumsuz noktalara rağmen gönüllü coğrafi bilginin genel bilgi üretiminde köklü bir paradigma değişikliğine yol açtığı söylenebilir. Gönüllü olarak elde edilmiş veriler, düşük maliyetli, hızlı ve genellikle herkese açık olması nedeniyle resmi kaynaklardan gelen verileri tamamlar ve özellikle yerel ölçekte ayrıntılı bilgi sağlar. Böylece

VGI, coğrafyanın toplumsal tabana yayılmasını, bilgi üretiminin açık hale gelmesini ve bireylerin aktif gözlemciler olarak bilimsel araştırmalara yarar sağlamasını beraberinde getirmektedir (Goodchild, 2007).

Sonuç

Günümüzde farkında olsak da olmasak da CBS hayatımızın çeşitli alanlarına önemli katkılar sağlamaktadır. CBS ulaştırmadan altyapıya, sağlıktan çevre çalışmalarına, enerji sektöründen tarımsal üretime pek çok alanda etkin bir sistemdir. Günümüzde coğrafi mekân odaklı tüm akademik / bilimsel, endüstriyel, ticari çalışmalar yanında yerin üstü ve altını, ayrıca denizler ve okyanusları konu edinen bilimsel araştırmalar, projeler bir biçimde CBS verilerine ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla CBS, coğrafi mekân içerikli her bilimsel girişimin ve uygulamanın doğal bileşenidir. Uluslararası veya ulusal her ilgili kurum, ihtiyacı ve amacı çerçevesinde CBS'den yararlanmakta, bu hedefi için önemli altyapı yatırımları ve veri temini gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda dünya ekonomilerine önemli katma değer sunmaktadır. CBS teknolojisi bütünüyle inovatif bir dijital çağ ögesi olmakla birlikte aynı zamanda ortaklaştığı bilim alanlarında ve kamu hizmetlerinde inovasyonun önünü açmaktadır. CBS böylelikle hayatı kolaylaştırırken, her geçen gün yaygınlaşmasıyla da geleceğin dünyasını şekillendirmeye devam edecektir.

Gönüllü coğrafi bilgi (GCB) ise, mekânsal verilerin üretiminde sıradan vatandaşların aktif katılımını sağlayarak coğrafi bilgi sistemlerine yenilikçi bir boyut kazandırmaktadır. Bu yaklaşım, hem veri toplama süreçlerini hızlandırmakta hem de coğrafi verilerin kapsamını ve güncelliğini artırmaktadır. GCB, özellikle afet yönetimi, çevresel izleme, şehir planlaması ve ulaşım gibi alanlarda karar vericilere önemli olanaklar sunmakta ve ayrıca bireylerin mekânsal farkındalığını geliştirerek toplumun coğrafi süreçlere olan ilgisini artırmaktadır. Asıl önemli nokta ise bilgi üretiminin açık hale gelmesinin teşvik edilmesidir. Gönüllü coğrafi bilgi yaklaşımı da tıpkı CBS gibi bu nedenle coğrafi bilginin paylaşımını yaygınlaştıran, bilimsel araştırmalara katkı sağlayan ve sürdürülebilir mekânsal yönetimi destekleyen için önemli bir araç haline gelmiştir.

Kaynaklar

- Anbaroğlu, B. (2017). Gönüllü coğrafi bilgi: Mekansal bilişim çalışmalarına web 2.0 devrinde yeni bir yaklaşım. *Harita Dergisi*, 158, 1-9.
- CORDIS (2018), Analysis of the Artistic Exchanges in the Medieval Mediterranean between 12th and 15th Centuries through the Geographical Information Systems (GIS): A Critical Review of Centre and Peripheries, <https://cordis.europa.eu/project/id/699818>
- CORDIS, (2023). Geographical Islands Flexibility. <https://cordis.europa.eu/project/id/824410>
- CORDIS, (2024). Question-based Analysis of Geographic Information with Semantic Queries, <https://cordis.europa.eu/project/id/803498>
- ÇŞB, (2025). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü. <https://cbs.csb.gov.tr/teskilat-semasi>
- Das, B. & Kumar, D. (2015). Recent Trends in GIS Applications https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2609707 DOI:10.2139/ssrn.2609707
- Erkek, E. & Çakır, A. (2024). Mekânsal Planlama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İlişkisi. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 7(1), 1-15.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Kapluhan, E. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanılmasının Önemi ve Gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*(29). <https://doi.org/10.14781/mcd.85148>
- Kayan, İ. (2023). 100 Yıllık Cumhuriyet Döneminde Türkiye Üniversitelerinde Coğrafya Eğitimine İlişkin Genel Bir Değerlendirme. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32 (Cumhuriyet'in 100. Yılı Özel Sayısı), 1-12. <https://doi.org/10.51800/ecd.1366546>
- Kogabayev, T. & Maziliauskas, A.(2017). The definition and classification of innovation, *HOLISTICA-Journal of Business and Public Administration* 8 (1), 59-72
- MGISS, (2023). The Future of GIS: Trends in Geospatial Technology. <https://mgiss.co.uk/the-future-of-gis-trends-in-geospatial-technology/>
- OECD, (2001). Social Sciences and Innovation. https://www.oecd.org/en/publications/social-sciences-and-innovation_9789264192836-en.html
- Özdemir, F. (2018). Yenilik Metotları ve Yeni Bir Yaklaşım, 7R, Fırat Ün. Sos. Bil. Enst. İşletme A.B.D., Yayınlanmamış Y.L. Tezi, Elazığ

- Pizer, M. (2023). Mapping science: How GIS transformed our view of the world <https://www.nsf.gov/science-matters/mapping-science-how-gis-transformed-our-view-world>
- The Realty Today (2024). Data Meets Construction: The Role of GIS in Project Efficiency and Safety <https://therealtytoday.com/news/data-meets-construction-the-role-of-gis-in-project-efficiency-and-safety>
- Türkoğlu, N., Bayar, R., Alan, İ., & Zobu, Z., (2024). TÜCAUM 2024 II. Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalıştay Raporu. Coğrafi Bilimler Dergisi, 22(1), 173-207. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1461235>
- USGS (2024), What is a geographic information system (GIS)? [https://www.usgs.gov/faqs/what-a-geographic-information-system-gis#:~:text=A%20Geographic%20Information%20System%20\(GIS\)%20is%20a%20computer%20system%20that,Where%20are%20USGS%20streamgages%20located%3F](https://www.usgs.gov/faqs/what-a-geographic-information-system-gis#:~:text=A%20Geographic%20Information%20System%20(GIS)%20is%20a%20computer%20system%20that,Where%20are%20USGS%20streamgages%20located%3F)
- Yomralıoğlu, T. & Çelik, K. (1994), GIS ?, CBS'94 - 1.Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Sayfa: 21-32, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Yomralıoğlu, T. (2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2. Baskı, Trabzon
- YÖK Atlas, (2025). Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı Bulunan Tüm Üniversiteler, <https://yokatlas.yok.gov.tr/onlisans-program.php?b=30138>

Sağlık Sektöründe Dijital Dönüşüm ve Veri Analitiği Uygulamaları

Andaç İmak¹

Ceren Ünlükal²

Elifcan Göçmen Polat³

Özet

Sağlık sektöründe dijital dönüşümün hızlanmasıyla birlikte yapay zekâ, büyük veri ve dijital teknolojiler sağlık hizmetlerinin temel bileşenleri haline gelmiştir. Artan veri hacminin işlenmesinde, makine öğrenimi ve derin öğrenme yöntemleri tanı, görüntüleme ve tedavi süreçlerinde yüksek doğruluk ve verimlilik sağlamaktadır. Nöroradyoloji, onkolojik ve kardiyovasküler görüntüleme ile dermatoloji alanlarında yapay zekaya dayalı uygulamalar önemli gelişmeler sunmaktadır. Bunun yanında veri güvenliği, etik sorunlar ve dijital olgunluk eksiklikleri sektörün karşılaştığı başlıca zorluklardır. Sonuç olarak çalışma, sağlık sektöründeki dijital dönüşümün yalnızca teknolojik bir değişim olmadığını, aynı zamanda sağlık hizmeti sunumunda kaliteyi artıran, karar süreçlerini güçlendiren ve tüm paydaşları etkileyen kapsamlı bir dönüşüm olduğunu vurgulamaktadır. Dijital çözümlere dayalı yol haritalarının oluşturulmasının, sağlık sektörünün geleceğine yön verecek önemli bir gereklilik olduğu belirtilmektedir.

- 1 Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi , Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye. andacimak@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0002-3654-040X
- 2 Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi , Endüstri Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye. cerenunlukal@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0001-9997-7310
- 3 Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi , Endüstri Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye. elifcangocmen@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0002-0316-281X

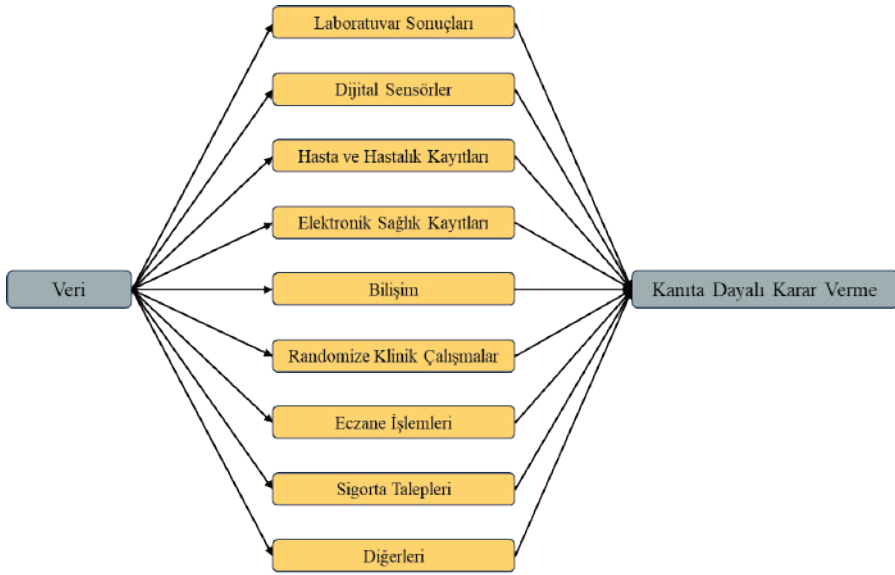
1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında teknolojik olarak yaşanan yenilikler ve değişim rüzgarları, araştırma-geliştirme (AR-GE) dijitalleşme ve süreklilik bağlamında dönüşüm anlayışları ortaya çıkarmaktadır. İkiz dönüşüm kapsamında yeşil ve dijital dönüşümün en itici güçler arasında yer alması, bu dönüşüm için gerekli teknolojilerin kritikliğini de ortaya koymaktadır. Son yıllarda, AR-GE alanında yaşanan hızlı ilerlemelerle birlikte, veri kavramı da giderek daha fazla önem kazanmıştır. Dijital çağda, her gün milyonlarca hatta milyarlarca veri parçası üretilmektedir. Sağlık sektöründe veri analitiği çalışmaları, geleneksel veri yönetimi araçları ile işlenemeyecek derecede büyük, yüksek hızda oluşturulur ve çeşitli kaynaklardan gelmektedir. Sağlık sektöründe araştırma ve geliştirme çalışmaları büyük veri, hastaların tıbbi geçmişleri, tedavi verileri, laboratuvar sonuçları, görüntüleme testleri ve diğer sağlık kayıtlarını içermektedir. Bu verilerin analizi, hastalıkların daha iyi anlaşılmasına, tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine, hastalık öncülü ve tedaviye verilen yanıtların tahmin edilmesine yardımcı olabilmektedir. Çalışma, Ar-Ge'nin mühendislikte kullanımını ve dijital dönüşümü şekillendiren temel teknolojiler olan dijitalleşme, yapay zeka, büyük verinin sağlık sektörüne etkileri, dijital dönüşüm araç ve teknolojilerinin sağlık sektöründeki uygulamalarını sunmaktadır.

1.1. Sağlık Sektöründe Dijital Dönüşüm

Sağlık hizmetleri, her bireyin yaşamında temel bir ihtiyaç olarak kabul edilmektedir ve Maslow' un ihtiyaçlar piramidinde fiziksel varlığın gerçekleştirilmesi için temel bir basamak olarak yer almaktadır. Küresel bir pazar haline gelen sağlık hizmetleri, artık ülkelerin kendi sınırları içinde ele alınabilecek bir boyuttan öteye geçmiştir. Özellikle salgın gibi tüm dünyayı etkileyen süreçlerde, açık iletişim, sağlıkta şeffaflık ve dijitalleşmenin öneminin arttığı görülmektedir. Bu alandaki dijital çözümler, özellikle yapay zeka kullanımı günümüzde önem kazanmaktadır. Yapay zekâ destekli bu dönüşüm, sağlık hizmetlerinde ekonomik etkinlik ve hizmet kalitesi artışı sağlarken yeni yönetsel ve teknik risk alanlarını da beraberinde getirmektedir (Karahüseyinoğlu, F, 2024a). Son dönemlerde sağlık sektöründe yapay zeka teknolojileri önemli bir yer edinmiştir. Bu teknolojiler, büyük veri analizi, makine öğrenimi uygulamaları ve robotlar gibi çeşitli alanlarda kullanılarak sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesi ve risklerin ölçülmesi sağlanmaktadır (Hossen ve Karmoker, 2020; Dharani ve Kirupa Krishnan (2021); Koç ve M. Türkoğlu (2023); Türkoğlu (2021); Ali ve ark., 2023). Bu bağlamda yapay zeka teknolojisi, bu verilerin analiz edilmesi ve işlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Comito ve ark., 2020). Şekil 1'de gösterildiği gibi yapay

zeka tabanlı tasarlanan uzman sistemler için bir çok farklı format üzerinden veri üretilmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları, güçlü veri depolama ve işleme kapasiteleriyle desteklenmektedir (Charan ve ark., 2018); (Woo ve ark., 2021). Örneğın, günlük tıbbi verilerin analizi, hasta davranışlarının desenlerinin belirlenmesine ve güvenilir tahminlerin yapılmasına olanak tanır. Bu sayede yapay zeka, hastalara daha etkili tanı ve tedavi yöntemleri önermektedir. Yeni teknolojilerin entegre edildiğı gelişmiş hastaneler, yapay zeka teknolojilerini uygulamalarını daha doğru hale getirmek ve işletme maliyetlerini azaltmak için kullanılmaktadırlar (Zhou ve ark., 2020; Margaret Mary ve ark., 2020). Ayrıca, yapay zeka, sağlık uzmanlarına ve hastalara farklı tedavi seçenekleri hakkında detaylı bilgi sağlayarak bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmaktadır (Deng ve ark., 2020). Özellikle öğrenme destekli yapay zeka uygulamalarının hastanın yaralanmasına neden olabilecek hatalara yol açabileceğı, veri mahremiyeti endişeleri, erişim zorlukları ve yapay zekanın etik, yasal ve tıbbi boyutları gibi riskler mevcuttur (Aljaaf ve ark., 2015; Srivastava ve Rossi, 2019; Madanan ve ark., 2021; Dwivedi ve ark., 2021). Ancak, yapay zekanın sağlık sektöründe önemli faydaları da vardır. Örneğın, hastalara sağlık konularında daha fazla kontrol sağlama, kanıta dayalı kararlar almayı kolaylaştırma ve sağlık sorunlarını erken teşhis etme gibi avantajları bulunmaktadır (Jaiman ve Urovi, 2020; Samuel ve ark., 2022). Yapay zeka teknolojileri, karmaşık tıbbi prosedürleri desteklerken tıbbi bakım yönetiminin verimliliğini artırabilir. Ancak, yapay zeka uygulamalarının etik ve yasal hususlarının dikkate alınması önemlidir. Bu nedenle, yapay zekanın sağlık sektöründeki etkili kullanımı için uygun normların oluşturulması gerekmektedir (McGregor ve ark., 2020; Wang ve ark., 2020; Zhou ve ark., 2021). Araştırma sonuçlarına dayanarak, yapay zeka teknolojisinin gelecekteki araştırma ve uygulamalara nasıl katkı sağlayabileceğı de tartışılmaktadır (Shaban-Nejad ve ark., 2021).



Şekil 1. Veriden karar verme süreci

1.2. Yapay zeka (AI) Nedir?

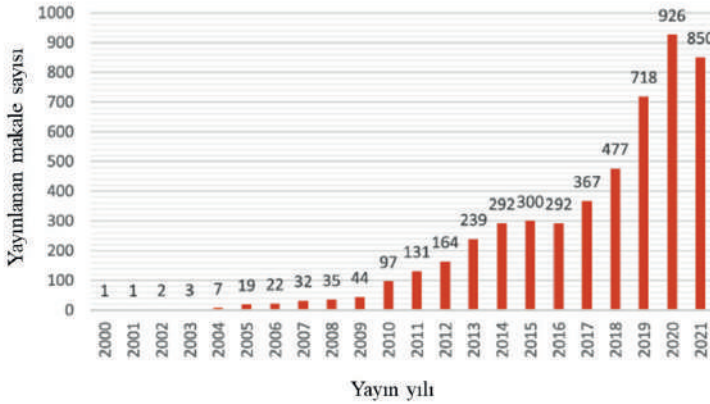
Yapay zeka (AI), bilgisayar yazılımının insanın bilişsel süreçlerini taklit etme yeteneğini ifade eder. Bir yapay sinir ağı (YSA), insan beynine benzer şekilde giriş ve çıkış sinyallerini birbirine bağlayan, kendi içerisinde nöronlar ile bağlı katmanlardan oluşan bir ağıdır (Rosenblatt ve ark., 1958). Makine öğrenimi (ML), bilgisayarların verilerden öğrenme yeteneği olarak tanımlanır. Bu verileri kullanarak karar destek sistemlerinin temeli için modeller oluşturmayı içerir. Makine öğrenimindeki algoritmalar, inceledikleri verilerden öğrenme sağlayarak performanslarını arttırabilmektedir (Kumar ve ark., 2023).

Karmaşık ve belirsiz sistemlerde daha iyi kararlar verebilmek için yapay zeka, tıbbi uygulamaları dönüştürme potansiyeline sahip bir teknoloji olarak tanıtılmıştır (Jiang ve ark., 2017; Kumar ve ark., 2023). Şekil 2’de, yapay zekanın sağlık hizmetlerindeki kullanım sürecinde farklı bileşenler arasındaki etkileşimleri gösteren genel bir akış şemasını göstermektedir. Bu süreç boyunca veriler, yapay zeka modeli ve sürece dahil olan insanlar gibi farklı bileşenler arasında etkileşimler vardır. Örneğin, insanlar tarafından toplanan ve önceden işlenen veriler, bir yapay zeka modelini eğitmek için kullanılabilir ve bu model, sağlık profesyonellerinin tedavi önerilerini bildirmek için kullandıkları tahminleri veya kararları yapmak için kullanılabilir (Kumar ve ark., 2023).



Şekil 2. Sağlık hizmetlerinde yapay zeka süreci (Kumar ve ark., 2023)

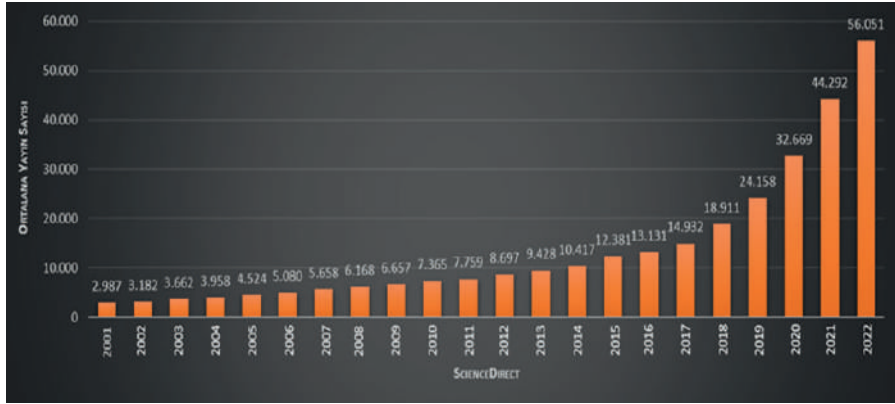
Bahiru Legesse Jimma (2023) gerçekleştirdiği çalışmada yaptığı analizler doğrultusunda Şekil 1’de verilen yıllara göre yayın sıklıklarını göstermişlerdir. Anahtar kelime olarak sağlık ve yapay zekayı içeren Şekil 3’ te incelendiğinde ortalama olarak, yıllar arasında sağlıkla ilgili yapay zeka araştırmalarına ilişkin bilimsel makalelerin büyüme oranı %37,88 olmuştur. Toplanan toplam 5019 kaydın 926’sı (%18,45) ile 2020 yılı ilk sırada yer alırken, 850’si (%16,94) ile 2021 yılı takip etmiştir.



Şekil 3. Yıllara göre yayın sayıları

Buna ek olarak yapay zekanın bir alt yapısı olan derin öğrenme, 2012 yılında düzenlenen Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması (ImageNet, Competition 2012), nesne tanımlama alanında Krizhevsky ve Sutskever

Evrişimsel Sinir Ağı (ESA) mimarisi ile bu yarışmayı kazanarak, derin öğrenme bilim dünyasında büyük etki oluşturmuştur (Krizhevsky ve ark., 2012). Bu, yeni modeller ve mimariler dahil olmak üzere alanda önemli ilerlemelerin yanı sıra çok çeşitli görevlerde geliştirilmiş iyi performanslara yol açtı. Alandaki yayınların sayısı önemli ölçüde arttı ve bu da bilim camiasında derin öğrenmeye artan ilgiyi ve önemi göstermektedir. 2001 yılından 2022 yılına kadar yılda “Deep Learning” kelimesiyle ilgili yapılan yayınların sayısı Şekil 4’te gösterilmiştir. Bu veriler ScienceDirect veri tabanından elde edilmiştir ve veri tabanında yapılan arama sadece “Deep Learning” anahtar kelimesiyle sınırlandırılmıştır.



Şekil 4. ScienceDirect veritabanında “Deep Learning” anahtar kelimesini içeren yayın sayısı

Şekil 4 incelendiğinde yapay zekada derin öğrenme yöntemlerinin kullanılması gün geçtikçe katlanarak artmaktadır.

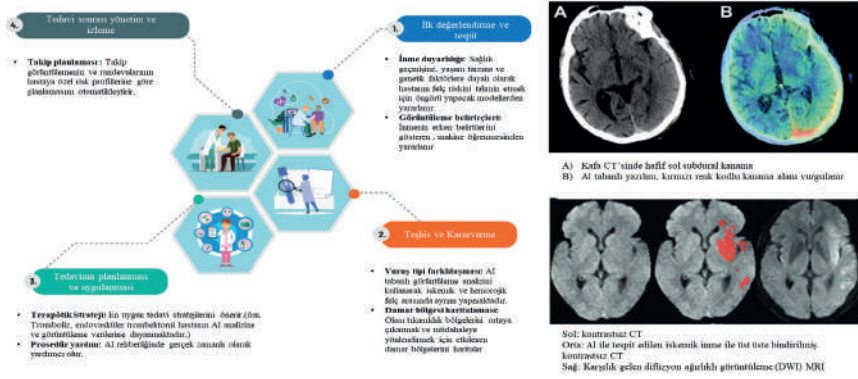
2. Tıbbi Uzmanlık Alanlarında Yapay Zeka: Vaka İncelemeleri

2.1. Nöroradyoloji

Makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi teknolojiler, nöroradyoloji alanında giderek artan boyuttaki veri kümelerinin etkin bir şekilde işlenmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Özellikle denetimli öğrenme teknikleri ve derin öğrenme algoritmaları, beyin görüntülemesi gibi karmaşık veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkarmada büyük öneme sahiptir. Bu teknolojilerin uygulanması, inme gibi ciddi sağlık durumlarının erken teşhisini ve tedavisini kolaylaştırabilir. Örneğin, Yedavalli ve ark. gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında enfarktüs veya kanamaların tespiti, beyin damarlarının segmentasyonu, lezyonların sınıflandırılması ve

büyük damar tıkanıklıklarının tanımlanması gibi alanlarda, Evrişimli Sinir Ağlarının (ESA) kullanımı son derece etkili olmuştur (Yedavalli ve ark., 2021). Günümüzde, nöroradyoloji uzmanları, derin öğrenme tekniklerini kullanarak daha hassas ve doğru tanımlar yapabilmekte ve bu da hastaların tedavi süreçlerini iyileştirmektedir. Araştırmacılar, bu teknolojilerin nöroradyoloji pratiğine önemli katkılar sağladığını göstermektedir (Filippi ve ark., 2021). Yapılan araştırmalar, yapay zekanın tromboliz ve trombektomi ile ilgili kararları destekleme potansiyeline dikkat çekmektedir. Örneğin, Shlobin ve ark., büyük damar tıkanıklıklarını BT görüntüleme ile hassas bir şekilde tespit edebilen bir yapay zeka modeli geliştirmiştir. Bu model, trombektomi müdahalesine uygun hastaları belirlemede yüksek düzeyde hassasiyet ve özgüllük göstermektedir (Shlobin ve ark., 2022). Zhu ve ark., akut iskemik felç geçiren hastalarda tromboliz yanıtlarını tahmin etmek için yapay zeka algoritmalarını kullanmıştır. Ayrıca, klinik verilerle görüntüleme özelliklerini entegre ederek, klinisyenlere en etkili tedavi stratejilerini belirleme konusunda destek sağlamışlardır (Zhu ve ark., 2021). Tümör boyutlarının, formlarının ve beyindeki yerleşimlerinin çeşitliliğinin tespiti önem arz etmektedir. Gethaa ve arkadaşları önerdikleri hibrit optimizasyon modeli ile çok sınıflı beyin tümörlerinin teşhisini gerçekleştirmişlerdir (Geetha ve ark., 2024).

Günümüzde felç teşhisinde BT ve MRI gibi görüntüleme teknikleri kullanılmaktadır. Ancak, bu tekniklerin bazı dezavantajları vardır. Örneğin, BT taramaları zaman alıcıdır ve MRI pahalıdır ve her hastane veya klinikte bulunmamaktadır. Bu nedenle, felç teşhisinde alternatif ve daha erişilebilir yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu bağlamda, elektroensefalogram (EEG) sinyalleri felç teşhisi için potansiyel bir alternatif olabilir. EEG, beyin aktivitesini ölçen bir yöntemdir ve hasta dostu bir teşhis aracı olarak kabul edilir. Ancak, EEG sinyallerinin analizi ve felç teşhisi için kullanılması konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Sawan ve arkadaşları derin öğrenme ve meta-sezgisel yaklaşımların birleşimini içeren hibrit bir yöntem önermişlerdir. Bu sayede felç teşhisi için daha hızlı, erişilebilir ve maliyet olarak uygun cevap veren bir çözüm sunabileceği düşünülmektedir. Ancak, bu tekniklerin klinik uygulamada etkinliğini değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyacı bulunmaktadır (Sawan ve ark., 2024).

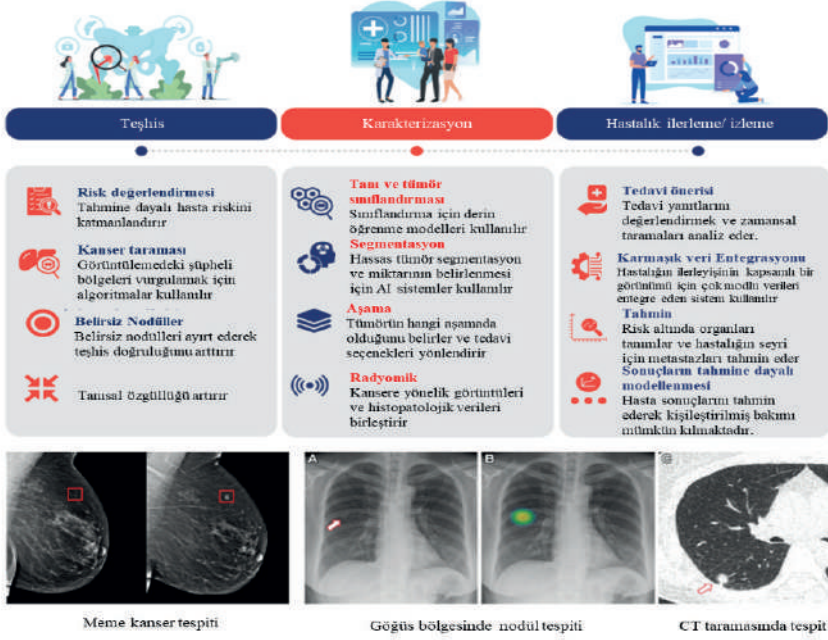


Şekil 5. Nöroradyolojide makine öğrenimi odaklı uygulamalara genel bakış (Najjar, 2023)

2.2. Onkolojik Görüntüleme

Yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojilerindeki hızlı ilerlemeler, kanser görüntüleme alanında büyük ilerlemelere yol açmıştır. Yapay zeka ve derin öğrenme stratejileri, farklı türdeki biyolojik verilerin bir araya getirilmesiyle kanserin teşhisi, hastalığın seyri ve tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır (Koh ve ark., 2022; Luchini ve ark., 2021). Bu teknolojiler, kanser görüntüleme alanındaki iş yükünün önemli bir kısmını oluşturan sağlık kuruluşlarında aktif olarak araştırılmakta ve benimsenmektedir (Koh ve ark., 2022). Yapay zeka, meme, akciğer ve prostat kanserlerinin tanısında giderek daha fazla kullanılmaktadır ve klinik uygulamalarda yer almaktadır (Luchini ve ark., 2021). Derin öğrenme modelleri ve CNN'ler, bilgisayarlı tomografi taramalarındaki akciğer nodüllerini sınıflandırabilir ve manyetik rezonans görüntülemeye renal hücreli karsinom alt tiplerini ayırt edebilir (Wang ve ark., 2022; Kowaleski ve ark., 2022).

Yapay zeka algoritmaları, geleneksel olarak zaman alan ve gözlemciler arası değişkenliğe duyarlı ölçümleri otomatikleştirerek, tümör boyutundaki veya metabolik aktivitedeki değişiklikleri objektif ve tutarlı bir şekilde değerlendirebilir (Bhandari ve ark., 2020). Ayrıca, yapay zeka, tıbbi görüntülerin ayrıntılı analizi yoluyla tümör değişikliklerini ölçerek tedaviye yanıtın izlenmesinde önemli bir rol oynar. Bu analizler, hastalık davranışı veya sonuçlarıyla bağlantılı matematiksel özellikleri belirlemek için bilgisayarlar tarafından incelenebilir (Najjar, 2023; Koh ve ark., 2022). Ayrıca, yapay zeka, kanser hastalarının prognozunu ve tedavi yanıtının tahmininde, uzman kişilere etkili bir araç olabileceğini göstermektedir.

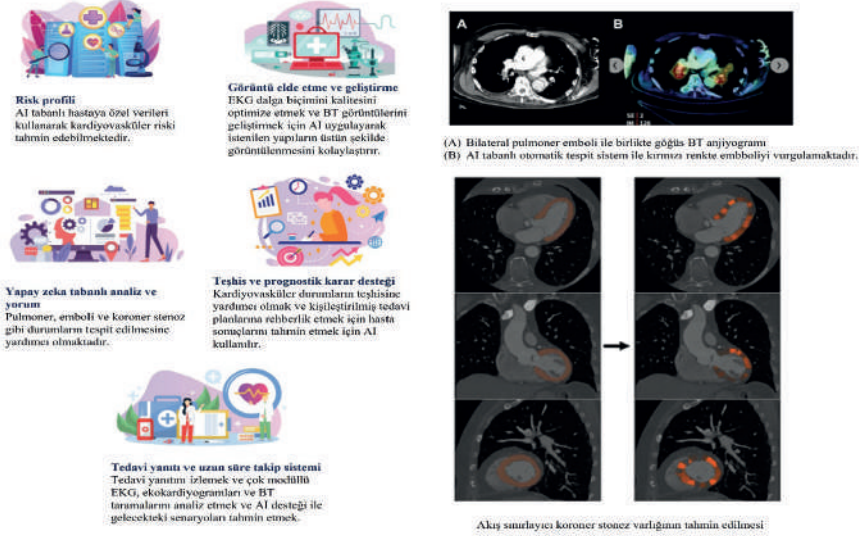


Şekil 6. Onkolojik görüntüleme makine öğrenimi uygulamalarına genel bakış (Najjar, 2023)

2.3. Kardiyovasküler Görüntüleme

Yapay zeka, kardiyovasküler görüntülemenin önemli bir alanında büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Bu ilerlemeler, kalp hastalıklarının daha erken tespit edilmesi ve daha iyi yönetilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Yapay zeka algoritmaları, karmaşık ve çok boyutlu görüntüleme verilerini hızlı ve etkili bir şekilde analiz edebilir. Örneğin, makine öğrenimi modelleri ve ESA'lar, koroner arter kalsifikasyonunu otomatik olarak tespit etme ve sol ventriküler miyokardın otomatik segmentasyonunu gerçekleştirme gibi görevleri başarıyla gerçekleştirebilir. Bu tür analizler, kalp hastalıklarının başlangıç aşamalarının erken teşhisini sağlayarak tedavi sürecini iyileştirebilir ve hastaların yaşamını sürdürülebilirliğini artırabilir. Kalp yapısı koşullarının ötesinde, aort anevrizmaları veya periferik arter hastalığı gibi vasküler anormalliklerin analizinde de etkili olup, erken müdahaleyi kolaylaştırarak potansiyel olarak hasta sonuçlarını iyileştirebilir. ESA'ların, BT görüntülerinden abdominal aort anevrizmalarını değerlendirmede etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu, potansiyel olarak yaşamı tehdit eden durumların tespitinde ve boyutlandırılmasında yüksek doğruluk gösterir. Örneğin, ML algoritmaları, MRP'dan elde edilen perfüzyon verilerini BT'den gelen

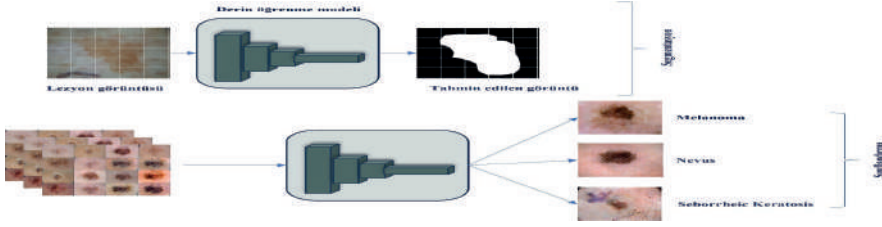
koroner anatomi verileriyle birleştirilerek karmaşık 3D kalp modelleri oluşturabilmektedir. Bu sayede, kardiyak iskemi tespitini iyileştirmekle birlikte tedavi planlamasını daha hassas hale getirebilmektedir (Zhou ve ark., 2021; Guo ve ark., 2022; Al'Aref ve ark., 2019).



Şekil 7. Göğüs görüntüleme makine öğrenimi uygulamalarına genel bakış (Najjar, 2023)

2.4. Cilt Hastalığı Tanısı

Araştırmacılar, cilt lezyonlarının tespiti ve teşhisinde uygulanan dermatolojik tedaviler için yapay zeka tabanlı çeşitli yöntemler ile ilerlemeler kaydetmişlerdir. Bu doğru tahmin, lezyonların analiz edilmesinin yanı sıra uzmanlar tarafından hastalıkların teşhis edilmesini de etkilemektedir. Dong ve arkadaşları çalışmalarında, TMAHU-Net olarak adlandırdıkları bir derin öğrenme mimarisi önermişlerdir. Cilt lezyonu bölgelerinin karmaşıklığıyla başa çıkmak için transformatör tabanlı çok dikkatli hibrit model ile belirli oranda iyileştirmeler gerçekleştirmişlerdir (Dong ve ark., 2024). Derin öğrenmenin kullanımıyla deri lezyonu görüntülerinin sınıflandırılması, hastalığın erken aşamalarında teşhis edilmesine yardımcı olduğunu göstermektedir (Chamola ve ark., 2024; Khan ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024; Sharen ve ark., 2024). Şekil 8'de cilt lezyon görüntülerine uygulanan makine öğrenmesine genel bir bakış gösterilmiştir.



Şekil 8. Cilt lezyon görüntülerine uygulanan makine öğrenmesi yöntemlerine genel bir bakış

3. Sonuç ve Tartışma

Sağlık sektöründeki Ar-Ge, sağlık sonuçlarını iyileştirmeyi ve dijital çözümlerin benimsenmesini hızlandırmayı amaçlayan teknolojinin sağlık kuruluşlarının tüm alanlarına entegrasyonunu içerir (Konopik & Blunck, 2023; Moulay, 2023). Bu dönüşüm, artan maliyetler, sağlık uzmanlarının sıkıntısı ve tıbbi ihtiyaçların karmaşıklığı gibi zorlukları ele alma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Sağlık hizmeti sunumunu, hasta merkezliliğini ve maliyet sınırlamayı geliştirmek için dijital teknolojilerin kullanımını kapsar. Bu dönüşümdeki kilit paydaşlar arasında tıbbi tedavi sağlayıcıları, hastalar, yönetim kurumları ve ödeme yapanlar yer almaktadır (Barbieri ve ark., 2023). Hastalar teknoloji destekli bir etki büyümesi yaşarken, sağlayıcılar değer yaratma ve hasta etkileşimi için araçlara giderek daha fazla bağımlı hale geliyor. Sağlıkın dijital belirleyicilerinin ve dijital uçurumun ele alınması, dijital teknolojinin sağlık ve refah için faydalarına adil erişim sağlamak için çok önemlidir. Sağlık bilgi sistemlerinin geleceği, verimliliği ve sonuçları artırmak için yapay zekâ modelleri gibi çeşitli araçları entegre eden modüler mimarilerde yatmaktadır.

Özetle, son zamanlarda bu konuda yapılan çalışmaların artış gösterdiği, literatürdeki değerlendirme yöntemlerinin ve olgunluk ölçme kriterlerinin eksikliklerinin olması sebebiyle yeni modeller ve yöntemler araştırma yoluna gidilmektedir. Çalışmanın önemi, önerilen yöntemlerle sağlık sektörünün dijital dönüşüm yolundaki ihtiyaçlarının tespit edilmesi ve ihtiyaçlara göre kısa ve orta vadeli yol haritalarının hazırlanmasının, diğer sektörler için de yol gösterici olacağı düşüncesidir.

Kaynakça

- Al'Aref, S. J., Anchouche, K., Singh, G., Slomka, P. J., Kolli, K. K., Kumar, A., ... & Min, J. K. (2019). Clinical applications of machine learning in cardiovascular disease and its relevance to cardiac imaging. *European heart journal*, 40(24), 1975-1986.
- Ali, O., Abdelbaki, W., Shrestha, A., Elbasi, E., Alryalat, M. A. A., & Dwivedi, Y. K. (2023). A systematic literature review of artificial intelligence in the healthcare sector: Benefits, challenges, methodologies, and functionalities. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100333.
- Aljaaf, A. J., Al-Jumeily, D., Hussain, A. J., Fergus, P., Al-Jumaily, M., & Abdel-Aziz, K. (2015, July). Toward an optimal use of artificial intelligence techniques within a clinical decision support system. In *2015 Science and Information Conference (SAI)* (pp. 548-554). IEEE.
- Altındış, S., & Kıran Morkoç, İ. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Büyük Veri. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 257-271. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.366227>
- Asiltürk, A., 2021. İşletmelerde dijital dönüşüm yönetiminde nihai hedef: Dijital olgunluk. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 5, 647-669.
- Aslanova, I. V., Kulichkina, A. I., (2020). Digital maturity: Definition and model. In 2nd International Scientific and Practical Conference "Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth"(MTDE 2020) (pp. 443-449). Atlantis Press.
- Barbieri, C., Neri, L., Stuard, S., Martín-guerrero, J. D., & Mari, F. (2023). From electronic health records to clinical management systems: how the digital transformation can support healthcare services. *Clinical Kidney Journal*, 16(11), 1878-1884. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfad168>
- Bhandari, A., Koppen, J., & Agzarian, M. (2020). Convolutional neural networks for brain tumour segmentation. *Insights into Imaging*, 11(1), 77.
- Canetta, L., Barni, A., & Montini, E. (2018, June). Development of a digitalization maturity model for the manufacturing sector. In *2018 IEEE international conference on engineering, technology and innovation (ICE/ITMC)* (pp. 1-7). IEEE.
- CapGemini & MIT, (2011). Digital Transformation: A Roadmap For Billion-Dollar Organizations, Research Report. MIT Sloan Management Review.
- Charan, S., Khan, M. J., & Khurshid, K. (2018, March). Breast cancer detection in mammograms using convolutional neural network. In *2018 international conference on computing, mathematics and engineering technologies (iCoMET)* (pp. 1-5). IEEE.
- Cisco. (B.T.). 2022 Cisco Global Digital Readiness Index.

- Comito, C., Falcone, D., & Forestiero, A. (2020, December). Current trends and practices in smart health monitoring and clinical decision support. In *2020 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)* (pp. 2577-2584). IEEE.
- Çelik, K., & Özkan, A. (2017). Eklemleri imalat yöntemleri ile üretim ve onarım uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 107-121.
- Chamola, V. (2024). A novel end-to-end deep convolutional neural network based skin lesion classification framework.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. In *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2017, Hamburg, Germany, September 3-7, 2017, Proceedings, Part I* (pp. 13-20). Springer International Publishing.
- Deng, Y., Sun, Y., Zhu, Y., Xu, Y., Yang, Q., Zhang, S., ... & Yuan, K. (2019). A new framework to reduce doctor's workload for medical image annotation. *IEEE Access*, 7, 107097-107104.
- Dharani, N. (2021, April). ANN based COVID-19 prediction and symptoms relevance survey and analysis. In *2021 5th international conference on computing methodologies and communication (ICCMC)* (pp. 1805-1808). IEEE.
- Dong, Z., Li, J., & Hua, Z. (2024). Transformer-based multi-attention hybrid networks for skin lesion segmentation. *Expert Systems with Applications*, 244, 123016.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., ... & Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International journal of information management*, 57, 101994.
- Geetha, M., Srinadh, V., Janet, J., & Sumathi, S. (2024). Hybrid archimedes sine cosine optimization enabled deep learning for multilevel brain tumor classification using mri images. *Biomedical Signal Processing and Control*, 87, 105419.
- Gökalp, E., Sener, U., 2017. Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-mm. International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination, 770, 128-142. DOI: 10.1007/978-3-319-67383-7_10.
- Guo, F., Ng, M., Roifman, I., & Wright, G. (2022). Cardiac Magnetic Resonance Left Ventricle Segmentation and Function Evaluation Using a Trained Deep-Learning Model. *Applied Sciences*, 12(5), 2627.

- Hossen, M. S., & Karmoker, D. (2020, December). Predicting the probability of Covid-19 recovered in south Asian countries based on healthy diet pattern using a machine learning approach. In *2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)* (pp. 1-6). IEEE.
- İzmir Kalkınma Ajansı., 2020. Dijital Dönüşüm Olgunluk Düzeyi Belirleme Aracı Geliştirilmesi Çalışması, Yönetici Özeti. 22 Mart 2022.
- Jaiman, V., & Urovi, V. (2020). A consent model for blockchain-based health data sharing platforms. *IEEE access*, 8, 143734-143745.
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*, 2(4).
- Jimma, B. L. (2023). Artificial intelligence in healthcare: A bibliometric analysis. *Telematics and Informatics Reports*, 9, 100041.
- Johnson, K. W., Torres Soto, J., Glicksberg, B. S., Shameer, K., Miotto, R., Ali, M., ... & Dudley, J. T. (2018). Artificial intelligence in cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2668-2679.
- Karahüseyinoğlu, F. (2024a). Artificial intelligence in healthcare: Economic efficiency and digital transformation. Hattusas 1st International Conference on Social Sciences.
- Khan, M. A., Muhammad, K., Sharif, M., Akram, T., & Kadry, S. (2024). Intelligent fusion-assisted skin lesion localization and classification for smart healthcare. *Neural Computing and Applications*, 36(1), 37-52.
- Koh, D. M., Papanikolaou, N., Bick, U., Illing, R., Kahn Jr, C. E., Kalpathi-Cramer, J., ... & Prior, F. (2022). Artificial intelligence and machine learning in cancer imaging. *Communications Medicine*, 2(1), 133.
- Koç, E., & Türkoglu, M. (2022). Forecasting of medical equipment demand and outbreak spreading based on deep long short-term memory network: the COVID-19 pandemic in Turkey. *Signal, image and video processing*, 1-9.
- Konopik, J., & Blunck, D. (2023). Development of an Evidence-Based Conceptual Model of the Health Care Sector Under Digital Transformation: Integrative Review. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e41512. <https://doi.org/10.2196/41512>
- Kowalewski, K. F., Egen, L., Fischetti, C. E., Puliatti, S., Juan, G. R., Taratkin, M., ... & Cacciamani, G. (2022). Artificial intelligence for renal cancer: From imaging to histology and beyond. *Asian Journal of Urology*, 9(3), 243-252.
- Kumar, P., Chauhan, S., & Awasthi, L. K. (2023). Artificial intelligence in healthcare: review, ethics, trust challenges & future research directions. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 120, 105894.

- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90.
- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Forstenhäusler, S. (2016, September). SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. In *2016 federated conference on computer science and information systems (fedcsis)* (pp. 1297-1302). IEEE.
- Luchini, C., Pea, A., & Scarpa, A. (2022). Artificial intelligence in oncology: current applications and future perspectives. *British Journal of Cancer*, 126(1), 4-9.
- Madanan, M., Zulkefli, N. A. M., & Velayudhan, N. C. (2021, January). Designing a hybrid artificial intelligent clinical decision support system using artificial neural network and artificial Bee Colony for predicting heart failure rate. In *2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)* (pp. 1-7). IEEE.
- Mary, T. M., Ramanathan, G., Sangamithra, A., & Soumya, K. (2020). Design and enactment of heart attack deduction using IOT measuring device. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1427, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
- McGregor, C., Inibhunu, C., Glass, J., Doyle, I., Gates, A., Madill, J., & Pugh, J. E. (2020, July). Health analytics as a service with artemis cloud: Service availability. In *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)* (pp. 5644-5648). IEEE.
- Moulay, B. (2023). Digital Innovation in Healthcare. In A. C. Bouarar, K. Mouloudj, & D. M. Asanza (Eds.), *Integrating Digital Health Strategies for Effective Administration* (p. 19). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8337-4.ch001>
- Najjar, R. (2023). Redefining radiology: a review of artificial intelligence integration in medical imaging. *Diagnostics*, 13(17), 2760.
- Planing, P., Pfoertsch, W., & AG, D. (2016). The digital business transformation paths from manufacturer to digital ecosystem provider-analyzing the strategic options of large corporations towards digitalization. *Summer Internet Proceedings*, 18(2), 66-70.
- Rockwell Automation., (2014). The Connected Enterprise Maturity Model.
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6), 386.
- Rossmann, A., 2018. Digital Maturity: Conceptualization And Measurement Model. Thirty Ninth International Conference on Information Systems, San Francisco.

- Schumacher, A., Erol, S., Sihni, W., 2016. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
- Samuel, J., Kashyap, R., Samuel, Y., & Pelaez, A. (2022). Adaptive cognitive fit: Artificial intelligence augmented management of information facets and representations. *International journal of information management*, 65, 102505.
- Sawan, A., Awad, M., Qasrawi, R., & Sowon, M. (2024). Hybrid deep learning and metaheuristic model based stroke diagnosis system using electroencephalogram (EEG). *Biomedical Signal Processing and Control*, 87, 105454.
- Shaban-Nejad, A., Michalowski, M., Brownstein, J. S., & Buckeridge, D. L. (2021). Guest editorial explainable AI: towards fairness, accountability, transparency and trust in healthcare. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 25(7), 2374-2375.
- Sharen, H., Jawahar, M., Anbarasi, L. J., Ravi, V., Alghamdi, N. S., & Suliman, W. (2024). FDUM-Net: An enhanced FPN and U-Net architecture for skin lesion segmentation. *Biomedical Signal Processing and Control*, 91, 106037.
- Shlobin, N. A., Baig, A. A., Waqas, M., Patel, T. R., Dossani, R. H., Wilson, M., ... & Levy, E. I. (2022). Artificial intelligence for large-vessel occlusion stroke: a systematic review. *World neurosurgery*, 159, 207-220.
- Srivastava, B., & Rossi, F. (2019). Rating AI systems for bias to promote trustworthy applications. *IBM Journal of Research and Development*, 63(4/5), 5-1.
- Soun, J. E., Chow, D. S., Nagamine, M., Takhtawala, R. S., Filippi, C. G., Yu, W., & Chang, P. D. (2021). Artificial intelligence and acute stroke imaging. *American Journal of Neuroradiology*, 42(1), 2-11.
- Turkoglu, M. (2021). COVIDetectionNet: COVID-19 diagnosis system based on X-ray images using features selected from pre-learned deep features ensemble. *Applied Intelligence*, 51(3), 1213-1226.
- Weber, C., Königsberger, J., Kassner, L., & Mitschang, B. (2017). M2DDM—a maturity model for data-driven manufacturing. *Procedia Cirp*, 63, 173-178.
- Woo, Y., Andres, P. T. C., Jeong, H., & Shin, C. (2021, April). Classification of diabetic walking through machine learning: Survey targeting senior citizens. In *2021 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC)* (pp. 435-437). IEEE.
- Wang, S., Bonomi, L., Dai, W., Chen, F., Cheung, C., Bloss, C. S., ... & Jiang, X. (2016). Big data privacy in biomedical research. *IEEE Transactions on big Data*, 6(2), 296-308.

- Wang, H., Zhu, H., & Ding, L. (2022). Accurate classification of lung nodules on CT images using the TransUnet. *Frontiers in Public Health*, 10, 1060798.
- Westerman, G., Bonnet, D., ve McAfee, A. 2014. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Harvard Business Review Press.
- Yedavalli, V. S., Tong, E., Martin, D., Yeom, K. W., & Forkert, N. D. (2021). Artificial intelligence in stroke imaging: current and future perspectives. *Clinical imaging*, 69, 246-254.
- Zhang, D., Li, A., Wu, W., Yu, L., Kang, X., & Huo, X. (2024). CR-Conformer: a fusion network for clinical skin lesion classification. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 62(1), 85-94.
- Zhou, L., Li, Z., Zhou, J., Li, H., Chen, Y., Huang, Y., ... & Gao, X. (2020). A rapid, accurate and machine-agnostic segmentation and quantification method for CT-based COVID-19 diagnosis. *IEEE transactions on medical imaging*, 39(8), 2638-2652.
- Zhou, R., Zhang, X., Wang, X., Yang, G., Guizani, N., & Du, X. (2020). Efficient and traceable patient health data search system for hospital management in smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(8), 6425-6436
- Zhou, J., Du, M., Chang, S., & Chen, Z. (2021). Artificial intelligence in echocardiography: detection, functional evaluation, and disease diagnosis. *Cardiovascular ultrasound*, 19, 1-11.
- Zhu, B., Zhao, J., Cao, M., Du, W., Yang, L., Su, M., ... & Zhao, Z. (2022). Predicting 1-hour thrombolysis effect of r-tPA in Patients with acute ischemic stroke using machine learning algorithm. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 759782.

Afet Yönetiminde Ar-Ge ve İnovasyon: Geçmişten Geleceğe Bir Bakış

Dilber Coşkun¹

Özet

Doğa ve insan kaynaklı afetlerin sıklığı ve şiddeti her geçen yıl dramatik bir şekilde artış göstermektedir. Afetler ile etkin mücadele edebilmek için afet öncesi, sırası ve sonrasında yapılacak olan faaliyetlerin Ar-Ge temelli gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Afet yönetimi ve Ar-Ge'nin birlikte evrimleşmiş olduğu ve ayrılmaz bir şekilde iç içe geçtiği söylenebilir. Afet yönetimindeki Ar-Ge genellikle teknoloji, mühendislik, sağlık ve sosyal bilimler gibi çeşitli sektörler arasında iş birliğine yol açarak karmaşık afet zorlukları için disiplinler arası çözümlerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak, Ar-Ge ve inovasyon, afet yönetimine değişen koşullara uyum sağlama, dayanıklılığı artırma ve hayat kurtarma ile afetlerin topluluklar üzerindeki etkisini azaltmayı sağlayabilir. Ar-Ge'ye yatırım yaparak, afetleri yönetmek için yeni maliyet etkin yöntemler ve çözümler geliştirilebilir ve afet müdahalesi ve kurtarma için ayrılan kaynakların genel verimliliği artırılabilir. Bu bölümde, afet yönetiminde Ar-Ge'nin rolüne ilişkin kapsamlı bir genel bakış sunulmuş; yenilikçi yaklaşımların ve teknolojik gelişmelerin, afetlere karşı toplumsal dayanıklılığın artırılmasındaki ve etkilerin azaltılmasındaki önemi vurgulanmıştır.

Giriş

Araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), bilgi birikimini yükseltmek ve buna ilişkin yeni uygulamalar tasarlamak için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmaları kapsamaktadır. Ar-Ge kavramı temelde üç çalışmayı kapsamaktadır: temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme. Temel araştırma, belirli bir uygulama veya kullanım amacı olmadan, öncelikle gözlemlenebilir gerçeklerin ve olguların altında yatan temel hakkında yeni bilgi elde etmek amacıyla gerçekleştirilen deneysel veya teorik çalışmadır.

1 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Tunceli, Türkiye. dilbercoskun@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0001-6091-6262

Uygulamalı araştırma, yeni bilgi elde etmek için gerçekleştirilen özgün araştırmadır. Deneysel geliştirme, pratik deneyimden ve/veya araştırmadan elde edilen bilgiden faydalanan ve yeni cihazlar, ürünler veya malzemeler üretmeye, yeni sistemler, süreçler ve hizmetler kurmaya veya mevcut üretilen veya kurulanları iyileştirmeye yönelik sistematik bir çalışmadır (OECD Library, 2024).

OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) (2015) kılavuzuna göre bir faaliyetin Ar-Ge faaliyeti olması için beş temel ölçütü karşılaması gerekmektedir. Bu faaliyetler:

- Yeni (novel): yeni bulgulara yönelik olmalı
- Yaratıcı (creative): özgün, belirgin olmayan kavram ve hipotezlere dayalı olmalı
- Belirsiz (uncertain): nihai sonuçtan emin olunmamalı
- Sistematik (systematic): planlanmalı ve bütçelendirilmeli
- Aktarılabilir ve/veya yeniden üretilebili (transferable and/or reproducible): muhtemelen yeniden üretilebilecek sonuçlara yol açmalıdır.

İnovasyon ise işletmelerin şimdiki zamanın ötesini görmelerini ve geleceğe yönelik bir vizyon yaratmalarını sağlayan yaygın bir tutum ve düşünce biçimi olarak en iyi şekilde tanımlanabilir. Bir şirketin iş stratejisinin merkezinde inovasyon olmalıdır. Pazarlama stratejileri, sermaye yatırımları, üretim planları ve Ar-Ge harcamaları inovasyon etrafında geliştirilmeli, inşa edilmeli ve tahsis edilmelidir (Kuczmarski, 1996).

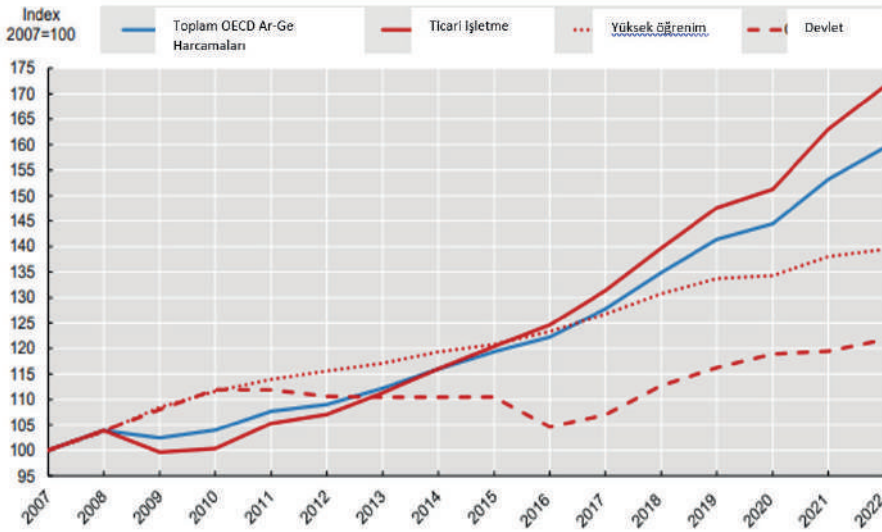
Günümüzde araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) yatırımı, şirketlerin ve ekonomilerin (sürdürülebilir) rekabet avantajı yaratmasının kritik bir unsuru haline gelmekte ve bu da şirketlerin Ar-Ge faaliyetlerine sürekli yatırım yapmalarına neden olmaktadır (Cadil vd., 2018; Ravşelj ve Aristovnik, 2020). Bu durum, küresel ekonominin endüstriye dayalı bir ekonomiden bilgiye dayalı bir ekonomiye geçmesinden kaynaklanmaktadır ve bu da hem iş ortamını hem de farklı paydaşların işleyiş biçimini büyük ölçüde değiştirmiştir (Ravşelj ve Aristovnik, 2020). Bu gelişme, küresel rekabetin giderek daha da zorlaşmasında görülmekte ve şirketleri katma değerli ürünler, süreçler ve hizmetler sunmaya zorlamaktadır. Dolayısıyla Ar-Ge yatırımı, şirketlerin rekabet gücü açısından pazar konumlarını korumalarına yardımcı olduğu için modern iş operasyonlarında vazgeçilmez olmuştur. Ar-Ge yatırımının mevcut artan konumuna göre, Ar-Ge harcamalarının

iş sektörünün genel yatırım faaliyetinde hayati bir rol oynaması şaşırtıcı değildir (Lee, 2019; Ravşelj ve Aristovnik, 2019).

Afet yönetiminde Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge), yenilikçi teknolojiler ve veriye dayalı stratejiler aracılığıyla hazırlık, müdahale ve toparlanmanın geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Erken uyarı sistemleri, yapay zekâ, uzaktan algılama ve esnek altyapıdaki gelişmeler, risklerin azaltılmasına ve afet müdahale verimliliğinin artırılmasına yardımcı olur. Ar-Ge ayrıca sürdürülebilir kurtarma çözümlerinin, tedarik zinciri esnekliğinin ve toplum temelli afete hazırlık programlarının geliştirilmesini de desteklemektedir. Ar-Ge, bilimsel araştırmaları politika ve uygulamayla bütünleştirerek, iklim değişikliği ve kentleşme gibi ortaya çıkan zorlukları ele almak için uyarlanabilir stratejileri teşvik eder ve sonuçta küresel afet direncini ve sürdürülebilir kalkınmayı güçlendirir. Sürdürülebilir kalkınma, ekonominin, toplumun, kaynakların ve çevrenin korunmasının koordineli bir şekilde geliştirilmesini gerektirir (Jednak vd., 2021; Liv d., 2023). İçsel büyüme teorisine göre ekonomi, sistem içindeki kurumların (örneğin değerlendirilen bölgedeki firmaların) aldığı kararlara ve teknolojiye bağlı olarak büyür (Romer, 1994) Bu teori, yerel firmalar tarafından tanıtılan yeniliğin bölgesel kalkınmayı ve ekonomik büyümeyi teşvik etmede önemli bir faktör olduğu varsayımına dayanmaktadır (Ahlstrom, 2010; Kiselitsa vd., 2017). Ekonomik büyümeyi şekillendirmede inovasyonun önemi, uzun vadeli büyümenin içsel teknolojik ilerleme yoluyla elde edilebileceğini varsayan yeni büyüme teorisinin temelini oluşturur. Bu teorik kavram çok sayıda ampirik çalışmada doğrulanmıştır (Taylor, 1993; Ulku, 2004; Hirooka, 2006; Fagerberg ve Srholec, 2008). Rekabet güçlerini artırmaya ve ekonomik büyümeyi teşvik etmeye çalışan gelişmekte olan ülkeler için inovasyonu geliştirmek özellikle önemlidir (Dobrzanski ve Bobowski, 2020). Ar-Ge harcamaları, rakiplere karşı rekabet avantajı yaratmanın ana itici gücü olarak görülmektedir. Özellikle şirketlerin yüksek Ar-Ge çalışmaları, gelecekte daha yüksek faaliyet performansı seviyesine ulaşmalarını sağlamaktadır (Ravşelj ve Aristovnik, 2020). Ar-Ge çalışmalarına önem göstermeyen ülkeler ve işletmelerin sürdürülebilir bir gelişme ve büyümeye göstemesi mümkün görünmemektedir (Altın ve Kaya, 2009). Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeylerini gösteren Ar-Ge faktörleri; (Ünal ve Seçilmiş, 2013): Ar-Ge yoğunluğu, kamu ve özel sektör için finans kaynağı Ar-ge harcamaları, Ar-ge araştırmacı sayısı istihdamı, ileri teknoloji ürün grubu ihracat oranı, ticari marka ve patent sayısı, bilimsel yayın göstergeleridir.

Trinh (2017), bir bölgedeki firmalar tarafından tanıtılan yenilikler kümesinin, GSYİH büyümesine göre sermaye birikim eğrisini yukarı kaydardığını ve yüksek teknolojik yeniliğin daha güçlü geliştirdiği bölgelerin,

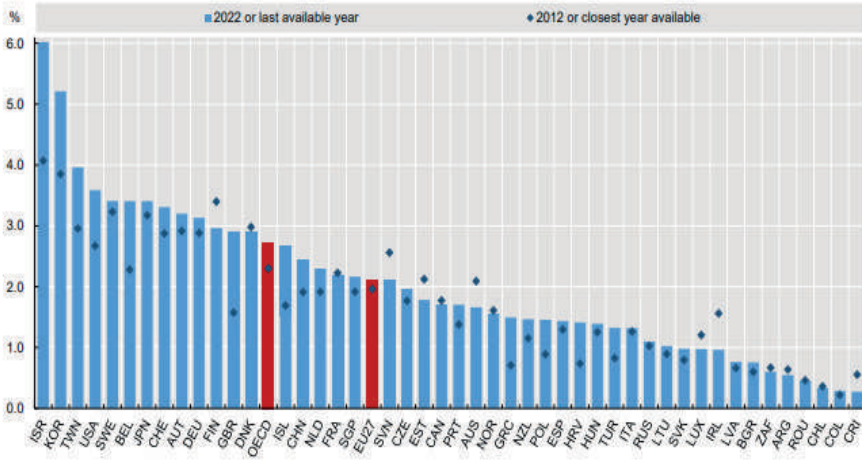
aynı sermaye birikimi seviyesine sahip ancak daha düşük yenilik oranına sahip olan diğerlerinden daha yüksek bir GSYİH büyümesini sağladığını savunmuştur. Ar-Ge, ülkelerin büyümesinin birincil itici gücüdür. 2024'te tüm sektördeki küresel Ar-Ge harcamaları, önceki yıllara göre %8,3'lük bir artış ile 2,53 trilyon dolar olarak tahmin edildi. Bu miktar direkt afet yönetimi için kullanılsa da dolaylı olarak afet yönetimini destekleyen teknolojilere yatırılmaktadır. Acil durum müdahalesi, iklim bilimi, veri analizi, alt yapı esnekliği gibi alanlar örnek olarak verilebilir. ABD, Japonya ve birçok Avrupa ülkesi afet hazırlığı ve müdahale yeteneklerini geliştirmek için kamu kurumları, üniversiteler ve özel şirketler gibi paydaşlarla iş birliği içerisinde Ar-Ge çalışmaları yapmaktalar (R&D World, 2024). OECD Ana Bilim ve Teknoloji Göstergeleri'nde (MSTI) 29 Mart 2024'te yayınlanan verilere göre, Ar-Ge harcamalarındaki büyüme bir kez daha iş sektörü tarafından yönlendirildi. İşletmeler, 2022'de belirgin bir yavaşlama geçiren Yüksek Öğrenim sektöründe %1,9 ve Devlet sektörü kurumlarında %1'lik Ar-Ge'ye kıyasla %5,1'lik bir artış yaşadı. İş sektörü, 2022'de OECD bölgesinde Ar-Ge'ye (GERD) yönelik toplam Gayri Safi Yurt İçi Harcama'nın %74'ünü oluştururken, AB27'de bu oran %66 idi. (Şekil 1).



Şekil 1: OECD ülkelerinde Ar-Ge harcama eğilimleri, 2007-2022(OECD, 2024)

Gayri safi yurtiçi Ar-Ge harcaması göstergesi, tüm araştırma enstitüleri, yerleşik şirketler, devlet ve üniversite laboratuvarları vb. tarafından Ar-Ge'ye yapılan toplam harcamadan oluşur. OECD'nin Frascati Kılavuzu (2015), araştırma ve deneysel geliştirmeyi "insan, kültür ve toplum bilgisi de dahil

olmak üzere bilgi stokunu artırmak ve bu bilgi birikiminin yeni uygulamalar tasarlamak için kullanılması amacıyla sistemik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışma” olarak tanımlar. Bilim ve Teknoloji Alanları Sınıflandırmasına göre Ar-Ge’yi sınıflandırmak için kullanılan bilim ve teknoloji alanları şunlardır: 1. Fen bilimleri; 2. Mühendislik ve teknoloji; 3. Tıp ve sağlık bilimleri; 4. Tarım bilimleri; 5. Sosyal bilimler; 6. Beşerî bilimler ve sanatlardır (UIS, 2024). Gayri safi yurtiçi Ar-Ge harcamalarının GSYİH’ya oranı Şekil 2’te verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde AB27 bölgesi için Ar-Ge yoğunluğu %2,15’ten %2,1’e hafifçe düştüğü görülmektedir. İsrail ve Kore, sırasıyla GSYİH’nin %6 ve %5,2 oranı ile en yüksek OECD Ar-Ge yoğunluğu seviyelerine sahip olmuştur. Türkiye’nin ise GSYİH’nin %1,42 değerinde Ar-Ge yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Türkiye, 1960 yılında OECD Sözleşmesini imzalayan 20 kurucu üye ülkelerden biridir. (OECD, 2024). Türkiye’nin toplam Ar-Ge harcaması 2023 yılında 377 milyar 542 milyon TL oldu. Bu da bir önceki seneye göre 178 milyar 873 milyon Türk lirası (TL) arttığı anlamına gelmektedir. 2002 yılında 1,2 milyar dolar olan arge harcaması son 22 yılda 16,1 milyar dolara çıkmıştır (TÜBİTAK, 2024).



Şekil 2: Gayri safi yurtiçi Ar-Ge harcamalarının GSYİH’ya oranı (OECD, 2024)

Ar-Ge harcamaları, bir ülkenin ekonomik gelişmişliğinin ve rekabet gücünün önemli kriterlerindendir. Ar-Ge harcamaları ekonomik büyümeyi yenilik, sermaye birikimi, beşerî sermaye gelişimi gibi açılardan etkilemektedir. Dolayısıyla Ar-Ge harcamaları ekonomik gelişime ve büyümeye katkı sağlamaktadır (Korkmaz, 2010).

Afet Yönetimi Alanında Ar-Ge'nin Tarihçesi

Afet yönetiminde araştırma ve geliştirme (AR-GE) tarihi, toplumların doğa kökenli ve insan yapımı afetlere nasıl yanıt verdiğinin evrimini yansıtmaktadır. Afet yönetimi yaklaşımında reaktif yaklaşımlardan proaktif yaklaşıma, teknoloji odaklı ve disiplinler arası çözümlere doğru kademeli bir geçiş olduğu söylenebilir.

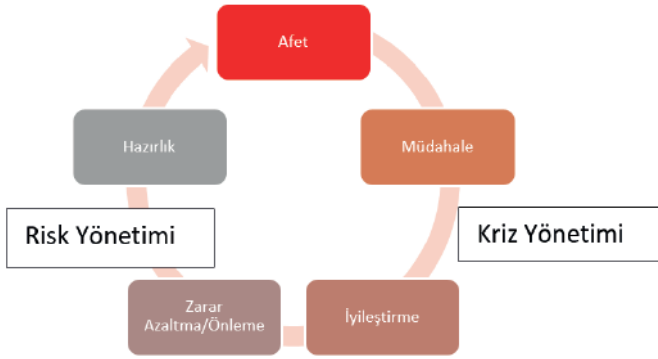
Doğa ve insan kaynaklı afetlerin sıklığı ve şiddeti her geçen yıl dramatik bir şekilde artış göstermektedir. Aşı dirençli hastalıkların ortaya çıkması, bölgesel çatışmaların olması veya iklim değişikliği gibi durumlar örneklerden sadece birkaç tanesi olarak sayılabilir (Dai ve Azhar, 2024).

Afet, olağan dışı durumlarda meydana gelen etki-tepki dinamiğinin tepki düzeyindeki yetersizliğidir. Bu yetersizlik neticesinde insanoğlunun bireysel ve/veya toplumsal teknolojisi, fiziği, sosyolojisi ve psikolojisi ile oluşturacağı her türlü birikimi, gücü, yanıt tepkisini ve yaşamsal yetkinlikleri ile; meydana gelen etkiyi ortadan kaldırmada eksik kalması neticesinde meydana gelen; temelde insan hayatını kaybetmeye ve/veya zayıf bırakacak kırıcı ve yıkıcı etkilere meyilli olaylar zinciridir (Eryılmaz vd., 2021). EM-DAT (The international disaster database) verilerine göre 2000-2024 yılları arasında 17779 afet meydana gelmiş ve bu afetlerin neticesinde 1.720.787 kişi hayatını kaybetmiş, 4.620.248.935 kişi etkilenmiştir (EM-DAT, 2024).

Afet yönetimi, afet öncesi sırası ve sonrasında yapılacak olan farklı sosyal ve örgütsel düzeylerdeki hazırlık, müdahale ve iyileştirme çalışmalarını destekleyen ve iyileştiren politik, strateji ve tedbirlerin planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesinde kullanılan sosyal süreçlerdir (Mojtahedi ve Oo, 2017). İnsanoğlu var olduğundan beri hem afetlerden etkilenmiş hem de afetleri etkilemiştir (Ersoy, 2017). Dolayısıyla afetler insanlık tarihi boyunca karşılaştığımız yıkıcı gerçeklerdendir. Tarih boyunca, büyük afetlerin yönetimi ordu tarafından sivil savunma şeklinde yürütüldüğü söylenebilir. Hala birçok ülkede, özellikle de afet sonrası müdahale denizası ve uzun süreliyse, afet müdahalesinde ordu büyük bir rol oynamaktadır. Şu anda, çoğu ülkede askeri kuruluşlardan ayrı, afet müdahalesi ve tıbbi bakım yürüten sivil veya hükümet kuruluşları bulunmaktadır. Bu kuruluşların çoğu askeri köklerden türemiştir (Suner, 2015).

Afet yönetimi literatürü, afetlerle başa çıkmaya yönelik modeller, çerçeveler ve prosedürlerle doludur (Nojayan vd., 2018). Literatüre hâkim olan en yaygın çerçeve, Şekil 3'te gösterilen zarar azaltma/önleme, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarını içeren afet yönetimi döngüsü sürecidir (Coppola, 2011; Alexander, 2019). Ancak, günümüzde dünya çapındaki

afetlerin sıklığı ve etkileri hala artmaktadır ve giderek artan sayıda faktörün bir araya gelmesi ve etkileşimi nedeniyle afetler, doğaları (yani modern zaman afetlerinin ve krizlerinin gelişen doğası) nedeniyle daha karmaşık hale gelmektedir (GFDRR, 2016). Bütünleşik afet yönetim sisteminde afet öncesi korumaya yönelik yapılan kayıp ve zarar azaltma, önleme, hazırlık, tahmin ve erken uyarı gibi faaliyetlere risk yönetimi, afet meydana geldikten sonra yapılacak olan müdahale, iyileştirme, yeniden inşa gibi düzeltmeye ilişkin faaliyetlere ise kriz yönetimi adı verilmektedir (Kadıoğlu, 2008).



Şekil 3: Afet yönetim döngüsü

Erik Noji, 2005'teki bir konferansta, Nuh'tan ilk afet yöneticisi olarak bahsetmiştir (Noji, 2005). “Yaratılış Tufanı”nın kabul gören tanımı, Nuh’u İncil’deki boyutlarda bir tahliyenin usta bir planlayıcısı ve uygulayıcısı olarak tanımlamaktadır. Potansiyel bir afet hakkında bilgi edindikten sonra, gemiyi inşa ederek ve toplu bir göç organize ederek “Yaratılış Tufanı”nın etkilerini hafifletmek için bir tahliye planladı ve gerçekleştirdi. Tüm tahliye edilenlerin yiyecek, su, barınak, tıbbi bakım, atık bertarafı ve diğer ihtiyaçlarını planlamak zorundaydı. Benzer hikayeler birçok kültürün mitolojisinde mevcuttur. Daha yakın tarihte, Pompeii’nin bazı sakinleri, Vezüv Yanardağı’nın büyük patlamasından önceki günlerde, yaklaşan bir afetin uyarı işaretlerini fark ettiklerinde şehrin dışına tahliye edildiler. Tarihsel kayıtlar az olsa da bu tahliyelerin ileri görüşlü “afet yöneticileri” tarafından organize edilmiş olabileceği varsayılabilir (Suner, 2015).

Afetler ile etkin mücadele yöntemlerinden birisi afet meydana gelmeden önce risklerin azaltılmasına ve önlemlerin alınmasına ilişkin yapılacak olan planlamalardır (Macit, 2019). Afet azaltma planlaması perspektifinden, afet risk değerlendirmesi üzerine ilk araştırmalar, ülkenin afetler hakkındaki bilgisini değerlendirmek amacıyla 1972 yılında ABD’de başladı. Başlıca

politikaları ve gelecekteki araştırma ihtiyaçlarını belirlemek için sosyal bilime vurgu yapıldı ve Doğal Tehlikeler Üzerine Araştırma Değerlendirmesi 1975 yılında yayımlandı. Bu, bilgi alanındaki ilk dönüm noktası oldu (Burby ve May, 1997). İkinci dönüm noktası, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun 1990'ları afetlerden kaynaklanan can kaybını, mal hasarlarını, sosyal ve ekonomik bozulmaları azaltmak amacıyla Uluslararası Doğal Afet Azaltma On Yılı (IDNDR) olarak belirlenmesiyle Aralık 1989'da gerçekleşti (Mojtahedi ve Oo,2017).

1994 yılında Yokohama Stratejisi ve Eylem Planı, I. Dünya Afet Azaltma Konferansı sonunda kabul edildi. Daha sonra Uluslararası Afet Azaltma Stratejisi (ISDR) oluşturuldu. Bu sayede afet yönetiminde reaktif bir yaklaşımdan proaktif bir yaklaşıma geçiş yapıldığı söylenebilir. Aynı zamanda Binyıl Kalkınma Hedefleri (Millennium Development Goals- MDGs), BM Genel Kurul Toplantısı'nda ilan edildi. Bu hedefler arasında afetlerin artan etkilerinin ve sayılarının azaltılabilmesi için küresel kapsamda paydaşlarla iş birliğinin artırılması çağrısı da yer aldı.2005 yılında afetlerin neden olduğu zararların en aza indirilmesi amacıyla2005-2015 Hyogo Eylem Çerçevesi kabul edildi. Zaman içerisinde sosyal ve ekonomik kalkınmayı da içerecek ve riskleri bütüncül olarak olarak yönetecek şekilde dönüştürülmesi için HÇE'nin devamı niteliğinde olan 2015-2030 yıllarını kapsayan Sendai Çerçevesi 2015 yılında kabul edildi. 2015 yılı Sendai Çerçevesi'nin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının ve Paris İklim Anlaşması kabulü açısından da önemli bir tarih olarak görülmektedir (BM, 2000; UNISDRa, 2005; UNISDRb, 2015;). Ar-Ge ve inovasyon açısından Sendai Çerçevesinde;

Ulusal ve yerel seviyede; afet risk yönetimine ilişkin eksiklik ve sorunlarla baş edebilmek için çözüm odaklı teknolojik ve inovasyon geliştirme tarımlarının teşvik edilmesi, bu faaliyetlerin desteklenmesi, yapılması, küresel ve bölgesel uluslararası işbirliği seviyesinde; afet risk yönetimi kapsamında tüm tehlike ve riskleri içeren uzun vadeli, çözüm odaklı araştırmaların yanı sıra teknolojiye erişimin de artırılması gerektiği, ülkelerin inovasyon, teknoloji ve ekonomik eşitsizliklerinin azaltılması bağlamında gelişmiş olan ülkelerin geliştirmekte olan ülkelere fikir, bilgi, beceri, teknoloji akışı ve teknik bilgilerin paylaşımının sağlanması ve bunun gerçekleştirilebilmesi için küresel sistemler ve teknoloji havuzları gibi platformların kullanımının ve yaygınlaşmasının teşvik edilmesi, paydaşlarla; afet tehlike ve risklerini göz önünde bulunduran yatırımcıların artırılması ve bu yatırımcılar aracılığı ile orta ve küçük ölçekli işletmelerde iş modellerine ve uygulamaların afet risk yönetimini entegre etmek, çalışan ve müşterilerin farkındalığını artırmak, araştırma ve inovasyon faaliyetlerinde bulunmak ve desteklemek gibi maddelere yer verilmiştir.

Afet yönetimi ve Ar-Ge'nin birlikte evrimleşmiş olduğu ve ayrılmaz bir şekilde iç içe geçtiği söylenebilir. Aciliyet sorunu, afet yönetiminin bir özelliği olarak uluslararası Ar-Ge yayılımında önemli ölçüde yansıtılmıştır (Sheek-Hussein vd., 2021). Afetler kısa bir süre içinde meydana geldiğinden, insanlar hükümetlerin zamanında uygun önlemleri almasını isterler. Ayrıca, afet müdahale aşaması belirli bir zaman dilimi içinde derhal gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle, uygun uluslararası Ar-Ge, özellikle afet müdahalesi sırasında zamanında yayılmalıdır; aksi takdirde, afetlerin etkileri kritik bir şekilde artış gösterebilmektedir (Ha, 2024).

Afet Yönetiminde Ar-Ge'nin Temel İlkeleri

Yenilikçilik ve Teknolojik Gelişim

Yaklaşık 70.000-80.000 yıl önce, Afrika Orta Taş Çağı'nda, modern insan kapasitelerini akla getiren teknolojik ve davranışsal yenilikler ortaya çıktı (Mellars, 2005). Karmaşık insan kültürünün yaygın olarak ortaya çıkışı genel olarak Avrupa Üst Paleolitik'ten sonraki gelişmelere atfedilse de (Shennan, 2001), insanlığın yaratıcı ve yenilikçi devriminin on binlerce yıl önce başladığına inanılmaktadır (Carr vd., 2016)

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve Avrupa Komisyonu tarafından yapılan yenilikçilik tanımı şu şekildedir: bir yenilikçilik, dış ilişkilerde, işyeri organizasyonu veya iş pratiğinde iyileştirilmiş hizmetin sürecin veya bir malın veya yeni bir örgütsel yöntemin yeni bir pazarlama yönetiminin pratiğe dökülmesidir. Bu tanım birçok yeniliği kapsamaktadır (OECD, 1995). Yenilik, Joseph Schumpeter'in belirttiği haliyle, bir birleşim olgusudur. Bilgiye ulaşmada ve bilgiyi kalkınma amacıyla yararlı olacak şekilde kullanmada başarı, farklı beceri ve kaynağı bütünleştirme yeteneğine bağlıdır (Fagerberg, ve Srholec, 2008).

Yenilik, yalnızca geleneksel uygulamalardaki değişikliklerin merkezinde yer almakla kalmaz, aynı zamanda insanlığın dünyayı kolonileştirme ve içindeki ürünleri, teknolojileri ve sistemleri çeşitlendirme konusundaki olağanüstü başarısından da sorumludur (Carr vd., 2016). Yeniliği gerçekten ortaya çıkarmak ve faydalarını elde etmek için, yeniliğin üç farklı şey olduğunu kabul etmek gerekir: yenilik bir sonuç, yenilik bir süreç ve yenilik bir zihniyettir.

Her afet doğası gereği benzersiz olduğu için (Sawalha, 2018) yenilik, her afet meydana geldiğinde bir zorunluluk haline gelir. Yenilik, yalnızca afet yönetimine yeni bir bakış açısı getirmekle kalmaz, aynı zamanda bu tür olaylardan kaynaklanan kesintileri iş fırsatları için gelecekteki olayların

hafifletilmesine yardımcı olabilecek temellere dönüştürür (Monllor ve Murphy, 2017).

Yenilik, girişimcilik ve liderliğin birleşimi, afet yaşam döngüsü modeline en son teknoloji çağdaş yönetim anlayışı sağladığı için geleneksel afet yönetim döngüsünün azaltma aşamasına dahil edilmesi önermektedir. Böylece afet yönetiminde inovasyon, girişimcilik becerileri ve liderliği uygulamanın otomatik bir sonucu olarak durum farkındalığında iyileşme görülür. Durum farkındalığı yalnızca insanların, kuruluşların ve toplumların afetlere nasıl hazırlanmaları gerektiğine odaklanmaz, aynı zamanda bağlamın ve çevre koşullarının farkındalığını ve tam olarak anlaşılmasını da gerektirir ve bu da daha sonra yanıtların kalitesine olumlu Birçok araştırmacı, afetlerin dinamik olduğunu, yani olayın etkisini dengelemek için alınan eylemlere göre evrimleştiğini savunuyor. Bu nedenle, dayanıklılığın sağlanabilmesi için her olayla yenilikçi, girişimci ve liderlik zihniyetiyle başa çıkmak daha pratik hale gelebilmektedir.

Geliştirme ve İnovasyon Yönetimi

Geliştirme fonksiyonu, uygulamalı ve temel araştırma sonuçlarının her tür araç, mamul, faydalı madde, üretim yöntemleri ve sistemleri oluşturmak ya da mevcut olanı geliştirip iyileştirmek amacıyla kullanılmasını ifade eder. Geliştirme, uygulamalı ve temel araştırma sonuçlarının sağlıklı ve faydalı kullanılmasına imkân vermesinden ötürü araştırma ve üretim aşamaları arasında bir köprü görevi gördüğü söylenebilir. Geliştirme, araştırma ile oluşturulan çıktılar/ürünlerin ekonomik fayda sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesine ilişkin çalışmalara dayanmaktadır. (Zerenler vd., 2007).

Bir yenilik, dış ilişkilerde, işyeri organizasyonunda, işletme içi uygulamalarda kayda değer seviyede iyileştirilmiş veya yeni bir ürün, mal, hizmet, süreç, organizasyonel yöntem ya da pazarlama yönteminin gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bunu içerek çalışmalar, söz konusu yeniliklerin uygulanmasını sağlayan veya yeniliklerin uygulanmasını öngören tüm organizasyonel, teknolojik, bilimsel, finansal ve ticari adımları kapsamaktadır. Bu adımlardan bazıları yenilikçi iken bazıları da yeniliğin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Yenilik faaliyetleri aynı zamanda Ar-Ge'yi de içermektedir. Genel olarak dört tür yenilikten bahsedilebilir: Ürün yeniliği, süreç yeniliği, pazarlama yeniliği ve organizasyonel yenilik.

Ürün yeniliği, yeni teknoloji ve bilgiden faydalanabilir veya var olan teknoloji ve bilginin yeni kullanımını ya da bütünleştirilmesini içerebilir. Ürün ifadesi hem yeni hizmetlerin veya malların tanıtımını hem de var olanların önemli oranda iyileştirmelerini kapsamaktadır (OECD, 2005).

Afet yönetiminde arama kurtarma çalışmalarında kullanılan termal kameralar, sismik akustik dinleme cihazları, kızılötesi yer altı görüntüleme sistemleri, hasar tahmin sistemleri, insansız hava araçları, afet öncesinde kullanılan sismometreler, erken uyarı sistemleri örnek olarak verilebilir.

Süreç yeniliği, bir organizasyon, departman veya endüstri için yeni veya iyileştirilmiş olan ve girdileri çıktılara dönüştürmede kullanılan cihaz araç ve bilgi olarak ifade edilebilir. Bu yenilik türü, zaman ve maliyette önemli faydalar sağlayabilir, hizmet kalitesini esnekliği ve kaliteyi yükseltebilir (Seyrek vd. 2007). Afet yönetiminde Küresel konumlandırma sistemi (GPS) kullanımı, mobil uygulamaların kullanımı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı buna örnek olarak verilebilir.

Pazarlama yeniliği, ürün dizayn edilirken, ambalajlanırken, tanıtılırken, fiyatlandırılıp konumlandırılırken kullanılan önemli değişiklikleridir. Bu yenilikler, işletmenin ya da kurumun satışını veya ürün kullanımını artırmak amacıyla, yeni pazarlar açmayı, müşteri ihtiyaçlarını karşılamayı, ürün veya hizmetin pazarda yeni bir biçimde konumlandırmayı içermektedir (OECD, 2005). Örneğin, sosyal medyaya ünlü olan kişilerin tavsiyelerinin kullanımı, marka tanıtımının veya sembolünün değiştirilmesi.

Organizasyonel yenilik, işletmelerin işyeri organizasyonunda, ticari uygulamalarında ya da dış ilişkilerinde yeni bir organizasyonel metot kullanmalarıdır. Bu tür yenilikler, işyeri memnuniyetini (ve dolayısıyla işçilik üretkenliğini) iyileştirmek, işlem maliyetlerini ve idari maliyetleri azaltmak, ticari olmayan varlıklara (düzenlenmemiş dış bilgiler gibi) erişim, araç gereç maliyetlerini azaltmak ve firma performansını yükseltmek amacıyla yapılmaktadır. Güvenilir kalite ve üretim yönetim sistemleri, arz zinciri yönetim sistemleri örnek olarak verilebilir (OECD, 2005). Bu türlerin dışında literatürde farklı yenilik türleri de ile de karşılaşmaktayız. Bunlar tedarik zinciri inovasyonu ve örgütsel inovasyondur.

Tedarik zinciri yeniliği, paydaş için yeni değer yaratımını artırmak amacıyla bir şirket içinde, bir sektörde veya bir tedarik zincirinde gerçekleşebilen tedarik zinciri ağı, tedarik zinciri teknolojisi veya tedarik zinciri süreçlerinde (veya bunların kombinasyonlarında) (kademeli veya radikal) bir değişiklik olarak tanımlanmaktadır (Arlbjørn vd., 2011). Kurumsal yenilik ise kurumsal değişikliklere yöneliktir. Bu tür değişiklikler kurumsal yapıda, yeni yönetim biçimlerinde ve çalışma ortamlarında meydana gelebilir.

İnovasyon bugün her yerde. Kuruluşlar vizyon, misyon ve hedef ifadelerine inovasyon terimini dahil etmekte politikacılar konuşmalarında inovasyon teriminden düzenli olarak bahsetmektedir. Afet yönetiminde

inovasyon, afetlerin neden olduğu zararları azaltmak ve afetlere karşı daha dayanıklı toplumlar oluşturmak için yeni fikirler, yöntemler ve teknolojiler geliştirmek anlamına gelir. Afet yönetiminde inovasyon, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki süreçleri kapsar. Afet öncesi inovasyon, risk analizi, erken uyarı sistemleri, eğitim ve farkındalık gibi alanlarda yapılabilir. Afet sırası inovasyonu, acil müdahale, kurtarma ve iletişim gibi konularda önemlidir. Afet sonrası inovasyon ise iyileştirme, yeniden yapılandırma ve afet direncinin artırılması gibi hedeflere yöneliktir (Karakaş ve Akdoğan, 2023).

Afet risklerinin azaltılması (DRR), en geniş anlamıyla, doğal, çevresel, sosyal, ekonomik, sağlık ve mühendislik bilimlerini içerir ve bilimsel kapasiteler, bilimsel ve teknik nitelikteki tüm ilgili kaynakları ve becerileri içerecek şekilde geniş bir şekilde yorumlanır (UNISDR, 2013). Özellikle, sosyal bilimler, risk, kırılganlık ve yoksulluk ile DRR'deki insan rolleri hakkında yeni düşüncenin geliştirilmesinde merkezi bir rol oynar. Afet risk azaltma (DRR) için bir dizi yenilikçi yaklaşım ve araç geliştirilmiştir.

Sendai Afet Riski Azaltma Çerçevesi de afet risk yönetiminde inovasyon ve teknolojinin geliştirilmesine yatırım yapılması teşvik eder (Izumi vd., 2019). Sendai Afet Riski Azaltma Çerçevesi'nin 2015 yılında kabul edilmesinden önce yürütülen Hyogo Eylem Planı'nın dönem ortası incelemesi, özellikle risk değerlendirmesi, belirli riskleri ele almak için pratik araçlar ve savunuculuk amaçlı ekonomiye dayalı kanıtlar konusunda bilim ve teknoloji girdileriyle ilgili karşılanmamış ihtiyaçları belirlemiştir. Bu koşullar altında, bilime ve teknolojiye erişimdeki engellerin azaltılması, bilim ve kanıta dayalı politika yapımının geliştirilmesi ve gelişmekte olan ülkelerin teknik kapasitelerini artırma çabalarına destek sağlanması talebi artmıştır.

DRR yenilikleri birkaç gruba ayrılır (UNISDR, 2013):

- Dayanıklılık gibi disiplinler arası kavramlar yoluyla inovasyon
- Coğrafi bilgi teknolojilerinin sürdürülmesi ve güçlendirilmesi gibi teknolojik inovasyon
- Platform paylaşımı gibi politika yapımında ve operasyonlarda bilimsel bilginin kullanımını artırmaya yönelik yenilikçi yollar
- Yerel bilgileri DRR karar alma sürecine entegre etme gibi toplum temelli inovasyon
- Genç bilim insanlarının bakış açısı gibi kapsayıcılık ve katılımcı yaklaşımlar yoluyla inovasyon ve
- Politika tutarlılığı ve iyileştirilmiş izleme yoluyla inovasyon

Yeniliklerin tamamen yeni veya doğası gereği radikal olması gerekmez. Büyümeyi yönlendirebilir ya da sosyal zorlukların ele alınmasına yardımcı olabilir. İklim değişikliğinin, sürdürülebilir kalkınmanın ilerlemesine ve sosyal uyumun teşvik edilmesine katkıda bulunabilir (Gault, 2018). Bu sorunların üstesinden gelmek için yenilikler maliyet açısından etkili olmalı, hayat kurtarmalı, kayıpları azaltmalı ve etkili iyileşme ve rehabilitasyon sağlamalıdır. Bu nedenle yenilikler ürünler, süreçler, kavramlar, yöntemler, yaklaşımlar, hizmetler ve zihniyetler gibi farklı biçimler alabilir (Izumi vd., 2019). Afet Risk Yönetimi için yapılmış olan bazı yenilik örnekleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: DRR için yenilik örnekleri (Kaynak: Izumi vd., 2019)

Ürünler		Yaklaşımlar	
Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama	Sismik mikro bölgeleme	Topluluk temelli afet riskinin azaltılması/ yönetimi	Dayanıklılık ve kırılganlık (R&V) terminolojileri
İnsansız hava araçları	Hızlı trene deprem erken uyarısı	Hyogo Eylem Çerçevesi	Afet sonrası ihtiyaç değerlendirmesi
Sosyal Ağ Hizmetleri (SNS)	Doppler radar	Tehlike haritalaması	Dayanıklı şehirler
Beton ve çelik: yapı malzemesi ve altyapı	Afetlere dayanıklı malzeme	Afet Riskini Azaltmaya Yönelik Ulusal Platformlar	Mobil ödeme: Afet sonrası dağıtım/ fonlara erişim aracı
Afet riski sigortası	Yağmur suyunun toplanması	Güvenli okullar ve hastaneler	Geleneksel uygulamalar ve tahliye
Afet önleme radyosu (Bosai musen) ve telemetri sistemi	Elektrik dayanıklılık araştırması	Değerlendirmeler ve endeks yaklaşımı: kırılganlık değerlendirmesi, dayanıklılık endeksi, sürdürülebilirlik	Geleneksel uygulamalar ve tahliye davranışları
Sığınak	Yapay Zekâ	Kitle Kaynak Kullanımı	Nehir mühendisliği
Sismik kod	Kuraklığa dayanıklı bitkiler	Sphere standartları	Yerli DRR teknolojisi
DRR eğitiminde Sanal Gerçeklik	Acil durumlarda sanitasyon teknolojisi	Etkiye dayalı tahmin	Arazi kullanım düzenlemesi
Değişen iklime karşı duyarlılık haritalaması	Dijital yönetim bilgi sistemi	Bölgesel ve ulusal müdahale mekanizması	Hava durumuna dayalı tarım

Bilimsel Araştırma Metodolojileri

Bir araştırma projesi yapmak, yalnızca belirli bir konu hakkında yeni bilgi ve anlayış ortaya koymanın bir yolu olarak değil, aynı zamanda merak, hayal gücü, yaratıcılık, girişimcilik ve kararlılık gerektiren bilinmeyen bir bölgeye kişisel bir keşif gezisi olarak yapılan bir yolculuğa benzetilebilir. Araştırma yöntemleri, araştırma yapmak için kullanılan araçlar ve tekniklerdir. Araştırma, ilginç veya yeni gerçekleri ortaya çıkarmayı amaçlayan her türlü araştırma için serbestçe kullanılan bir terimdir. Tüm faaliyetlerde olduğu gibi, bu faaliyetin ne kadar titizlikle yürütüldüğü, sonuçların kalitesine yansiyacaktır (Walliman, 2021). Araştırma tasarımındaki çeşitlilik, hangi metodolojinin araştırma durumuna en uygun olduğuna dair belirlemeyi kolaylaştırır. Araştırmacı, araştırılan araştırma sorusunu en iyi şekilde ele alan metodolojiye karar vermelidir (Coy, 2019). Araştırmacının, doğru bulgulara olanak tanıyan ve verilere dayalı sonuçlar üreten titiz bir araştırma uygulamak için uyması gereken hem nitel hem de nicel araştırmalar için açık ve tanımlanmış işlemler vardır (Breakwell vd., 2010). Nitel ve nicel yöntemler, olguları araştırırken ve araştırma sorunlarını ele alırken çeşitli yaklaşımlar kullanır. Bilimsel araştırmada, araştırmacı araştırma sorununun ve ortaya çıkan araştırma sorusunun bir tanımlamaya, bir açıklamaya mı yoksa bir deneyimin anlaşılmasını artırmaya mı odaklanacağını belirler. Durum böyle olduğunda, araştırmacı nitel bir araştırma seçebilir. Araştırma nesnel istatistiksel ölçümler gerektiriyorsa, operasyonel olarak tanımlanmış değişkenleri karakterize ediyorsa ve muhtemelen yapılandırılmış bir ortam kullanıyorsa, o zaman nicel bir araştırma daha uygun olabilir (Coy, 2019).

Nitel araştırma teknikleri, birebir görüşme, yazılı doküman analizi (içerik analizi), gözlem (katılımcı/katılımlı/yarı yapılandırılmış), görüşme, etnografik araştırma, odak grupları, örnek olay araştırması (vaka çalışması), metin veya medya analizi, veri toplama, veri analizi olarak sınıflandırılabilir (Baltacı, 2019; Dömbekçi ve Erişen, 2022). Afet yönetiminde IoT (nesnelerin interneti) (Ghasemi ve Karimian, 2020), erken uyarı süreci (Horita vd., 2016), beslenme hizmeti (Patten vd., 2021), koordinasyon (sarı ve Özer, 2024), toplum dirençliliği (Priyanti vd., 2019) örnekleri verilebilir.

Nicel araştırma, en genel ifadeyle verilerin, sayılar biçiminde olduğu görgül araştırmalardır (Punch, 2005). Bir teoriyi test etmek için, istatistiki teknikler ve sayısal ölçümler kullanılarak analiz edilebilecek bir problem durumunu araştırmayı ifade etmektedir (Dobbin ve Gatowski, 1999). Nicel araştırma yöntemleri; deneysel yöntem, betimsel yöntem, bağlantısal yöntem, nedensel- karşılaştırma yöntemi, tarihsel yöntem olarak sınıflandırılmaktadır (Şahin, 2024). Afet yönetimi alanında, afetle başa çıkma kapasitesi (Waang

vd., 2020), sürdürülebilir afet enkaz yönetimi (Jalloul vd., 2022), afet senaryosu (Florez vd., 2014), afet sonrası davranışlar (Dulam vd., 2021),

Karma araştırma yöntemi (mixed methods), nicel ve nitel yöntemlerin, araştırmada beraber kullanılmasını sağlayan bir yöntemdir ve hala halen olgunlaşmakta olan bir paradigmadır (Tunalı vd., 2016). Karma araştırma; tek bir çalışmanın ya da çalışmalar içerisindeki nicel ve nitel araştırma verilerinin toplamasını, analiz edilmesini ve yorumlanmasını içermektedir (Leech ve Onwuegbuzie, 2009). Afet yönetiminde sıklıkla kullanılan ve hem nitel hem nicel verinin kullanımına olanak sağlayan Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri örnek olarak verilebilir (Ozbey vd., 2022).

Afet Yönetimi Alanında Ar-Ge Finansal Destek

Çeşitli kaynaklar afet yönetimi alanındaki Ar-Ge ve inovasyon projeleri için finansal destek sağlar. Afet yönetimi alanı birçok disiplinin birarada çalışmasını gerektirdiği için finansal destek sağlayan kuruluşların sayısı da artmaktadır. Dünya çapında, afet proje desteği çeşitli kuruluşlar, fonlama kuruluşları ve uluslararası iş birlikleri tarafından sağlanmakta olup, afet riskinin azaltılması, acil durum müdahalesi ve dayanıklılık oluşturmaya odaklanmaktadır. Bazı önemli girişimler şunlardır:

- Üniversiteler ve araştırma merkezleri genellikle afet yönetimi araştırmalarını finanse etmek için hükümet organları, uluslararası kuruluşlar ve özel sektörle iş birliği yapar. Bu kurumlar, afet yönetiminde inovasyon ve teknolojiye odaklanan Ar-Ge projelerini desteklemek için dahili hibeler sunabilir
- Eureka, afet yönetimi ve dayanıklılığıyla ilgili olanlar da dahil olmak üzere piyasa odaklı araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) projelerini destekleyen uluslararası bir ağıdır. 45'ten fazla ülkede şirketleri, araştırma kurumlarını ve üniversiteleri birbirine bağlayarak yenilikte sınır ötesi iş birliğini teşvik eder (Eureka, 2024).
- TÜBİTAK, çeşitli Ar-Ge fonlama programları, endüstri teşvikleri ve uluslararası iş birlikleri aracılığıyla afetle ilgili projeleri destekler. TÜBİTAK ayrıca, özellikle büyük afetlerden sonra, dayanıklılık oluşturma araştırmalarını teşvik etmek için görev odaklı çağrılar başlatır. TEYDEB aracılığıyla erken uyarı sistemleri, acil durum lojistiği ve afet müdahale araçlarında teknolojik gelişmeleri destekler. Ayrıca TÜBİTAK, Horizon Europe ve Eureka aracılığıyla uluslararası ortaklıkları kolaylaştırarak afet yönetiminde küresel iş birliğini teşvik eder. TÜBİTAK, fon, veri paylaşım platformları ve inovasyon desteği

sağlayarak Türkiye'nin afetlere hazırlık ve müdahale kapasitesini güçlendirmede önemli bir rol oynar (TÜBİTAK, 2024).

- Birleşmiş Milletler (BM) Programları: Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNDRR), Sendai Afet Riskini Azaltma Çerçevesi kapsamında dayanıklılık stratejilerini teşvik eder. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), dünya çapında afet hazırlığı ve kurtarma projelerini destekler (<https://www.un.org/en>)
- Dünya Bankası ve GFDRR: Dünya Bankası tarafından yönetilen Küresel Afet Azaltma ve Kurtarma Tesisi (GFDRR), afet dayanıklılığı ve iklim adaptasyonu projeleri için fon ve teknik yardım sağlar (<https://www.gfdr.org/en>)
- Avrupa Birliği (AB) Girişimleri: Horizon Europe programı afetle ilgili araştırma ve inovasyonu finanse ederken, AB Sivil Koruma Mekanizması üye devletler arasında acil durum müdahale koordinasyonunu destekler (<https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/eu-funding-disaster-management>)
- Uluslararası Kızılhaç ve STK'lar: Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC) gibi kuruluşlar ve Sınır Tanımayan Doktorlar (MSF) gibi STK'lar doğrudan insani yardım, acil durum müdahalesi ve kapasite geliştirme programları sağlar(<https://redcross.eu/>)
- Bazı Özel Sektör ve Vakıflar: Google ve IBO (International Baccalaureate Organization) gibi şirketler ve Bill & Melinda Gates Vakfı gibi hayırsever vakıflar, afetlere eğilimli bölgelerde afet teknolojisi çözümleri, veri analitiği ve sağlık lojistiği için fon sağlar (IBO, 2024; Gates, 2024).

Bu finansal kaynakların değerlendirilmesiyle afet yönetimindeki Ar-Ge ve inovasyon projeleri, afetlere dayanıklılığı ve müdahale kabiliyetlerini artıracak çözümler geliştirmek için gerekli desteği elde edebilir.

Tartışma ve Sonuç

Belirsizliğin yüksek olduğu durumlarda risk yönetimi daha fazla çalışma isteyen bir alan olacaktır. Beck'in risk topluluğu tezi bağlamında risk değerlendirmesi ve yönetiminin sağlanması, risk değerlendirmesi ve yönetimine yönelik modern yaklaşımların, halkın bilime ve teknolojiye, devletin barış ve güvenliği sağlama becerisine olan inancını yeniden tesis etmeye, insanların yaşam kalitesine katkılar sağlayabilecektir.

Afet yönetimi hakkındaki literatür genişlemektedir. Afet bilimi gibi yeni ortaya çıkan araştırma alanlarının ilerlemesi, bilimin sınırlarını yeniden tanımlanmasına neden olmuş ve disiplinlerarası araştırmaların artmasını sağlamıştır (Repko ve Szostak, 2020). Örneğin, afet bilimi daha önce yalnızca sosyal bilim perspektiflerine odaklanmaktaydı ancak yeni teknolojilerin entegrasyonu ve karar biliminin ortaya çıkmasıyla bir dönüşüm geçirerek operasyon araştırması (OR) gibi karar alma yöntemlerinden yararlanan dallar yarattı (Tian vd., 2022; Sun vd., 2020). Afet bilimi bilgisinin ilerlemesi, gerçek dünyadaki bilimsel zorlukların ele alınmasını ve çeşitli paydaş gruplarına hitap eden pratik çözümler geliştirilmesini gerektirmektedir (Moosavi vd., 2022; Pasha vd., 2022). Bu nedenle, bu alanda kullanılan araştırma metodolojileri, bu tür senaryolarda bulunan karmaşıklıkları ve incelikleri yakalayacak şekilde tasarlanmalıdır (Yazdani vd., 2023).

Ar-Ge ve inovasyon, zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme çabalarını iyileştirmek için yeni araçlar, teknolojiler ve stratejiler sağlayarak afet yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Afet risk azaltmaya ilişkin araştırmalar, afetlerin etkisini azaltmak için stratejileri belirlemeye yardımcı olabilir. Örneğin, iklim değişikliği çalışmalarındaki ilerlemeler, savunmasız toplulukları aşırı hava olaylarının uzun vadeli etkilerinden koruyan azaltma politikalarının oluşturulmasına yardımcı olabilir. Hazırlık anlamında, araştırma ve geliştirme yoluyla, afet tahmini, erken uyarı sistemleri ve risk değerlendirme araçları için yeni yöntemler oluşturulabilir. Bu yenilikler, savunmasız alanları belirleyerek ve azaltma stratejileri uygulayarak toplulukların afetlere daha iyi hazırlanmasına yardımcı olabilir. Ar-Ge, acil durum müdahalelerinin hızını ve etkinliğini artıran arama ve kurtarma için dronlar, mobil iletişim araçları ve gerçek zamanlı veri analizi gibi gelişmiş ekipman ve teknolojilerin oluşturulmasını sağlayabilir. Malzemelerde, inşaat ve lojistikteki yenilikçi çözümler, bir afetten sonra kurtarma çabalarını hızlandırabilir. Örneğin, dayanıklı yapı malzemeleri ve modüler konutlar, yerinden edilmiş nüfuslar için hızlı ve sürdürülebilir çözümler sağlayabilir. Ar-Ge'ye yatırım yaparak, afetleri yönetmek için yeni maliyet etkin yöntemler ve çözümler geliştirilir ve afet müdahalesi ve kurtarma için ayrılan kaynakların genel verimliliği artırılır. Afet yönetimindeki Ar-Ge genellikle teknoloji, mühendislik, sağlık ve sosyal bilimler gibi çeşitli sektörler arasında iş birliğine yol açarak karmaşık afet zorlukları için disiplinler arası çözümlerin geliştirilmesini sağlayabilir. Sonuç olarak, Ar-Ge ve inovasyon, afet yönetimine değişen koşullara uyum sağlama, dayanıklılığı artırma ve nihayetinde hayat kurtarma ve afetlerin topluluklar üzerindeki etkisini azaltmayı sağlayabilir.

Afet yönetimi Ar-Ge ve inovasyon alanındaki güncel çalışmalar genellikle disiplinler arası iş birliğinin eksikliği, sınırlı gerçek dünya testleri ve yerel bilgi ve bağlamın yetersiz entegrasyonu gibi sınırlamalarla karşı karşıya kalmaktadır. Birçok yenilikçi çözüm, çeşitli afet senaryolarında karşılaşılan karmaşıklıkları ve benzersiz zorlukları tam olarak yakalayamayan kontrollü ortamlarda veya belirli vaka çalışmalarında geliştirilmektedir. Ayrıca, bazen toplum katılımı, sosyal dinamikler ve kültürel hususlar gibi insan faktörlerine daha az odaklanılarak teknolojiye aşırı güvenilmektedir. Bir diğer zorluk ise araştırma ve uygulama arasındaki boşluktur, çünkü birçok umut vadeden yenilik, özellikle düşük kaynaklı veya yüksek riskli bölgelerde laboratuvarlardan pratik uygulamaya geçişte zorluk çekmektedir.

Afet yönetimi alanındaki gelecekteki çalışmalar, mühendislik, sosyal bilimler, sağlık hizmetleri ve politika yapımı dahil olmak üzere farklı disiplinler arasında daha güçlü bir iş birliğini teşvik etmeye odaklanmalıdır. Araştırmacılar ve uygulayıcılar arasındaki ortak üretimi artırılması gerekmektedir. Bu, daha bütünsel ve bağlam duyarlı çözümlere yol açabilir. Ek olarak, gelecekteki araştırmalar, yeniliklerin farklı afet ortamlarında uyarlanabilir ve ölçeklenebilir olmasını sağlamak için saha testlerine ve gerçek dünya uygulamalarına vurgu yapmalıdır. Yerel toplulukları geliştirme sürecine dahil etmek ve onların ihtiyaçlarını ve bilgilerini göz önünde bulundurmak, çözümlerin alaka düzeyini ve etkinliğini artıracaktır. Ayrıca hem teknolojik ilerlemeleri hem de insan merkezli yaklaşımları entegre etmek, yalnızca yenilikçi değil aynı zamanda sürdürülebilir ve kapsayıcı olan afet yönetimi stratejileri oluşturmanın anahtarı olacaktır. DRR stratejilerini ve kapasitelerini iyileştiren iklim afetiyle ilgili yapay zekâ, iletişim araçları ve yeniliklerin kullanılma potansiyeli üzerine daha fazla çalışma yürütülmesi gerekmektedir. Akademisyenler burada bir adım daha ileri gitmeli ve araştırmalarını ve sonuçlarını nasıl ileteceklerini incelemelidir.

Kaynakça

- Ahlstrom, D. (2010). Innovation and growth: How business contributes to society. *Academy of Management Perspectives*, 24(3), 11–24.
- Alexander, D. (2019), “LAquila, central Italy, and the ‘disaster cycle’, 2009-2017”, *Disaster Prevention and Management*, Vol. 28 No. 2, pp. 272-285.
- Altın, O. & Kaya, A. (2009). Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkinin analizi. *Ege Akademik Bakış*, 9 (1), 251-259.
- Arlbjørn, J. S., de Haas, H., & Munksgaard, K. B. (2011). Exploring supply chain innovation. *Logistics research*, 3, 3-18.
- Baltacı, A. (2019). Nitel araştırma süreci: Nitel bir araştırma nasıl yapılır?. *Abi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 368-388.
- Breakwell, G. M., Hammond, S. M., Fife-Schaw, C., & Smith, J. A. (Eds.). (2010). *Research methods in psychology* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Burby, R. J., & May, P. J. (1997). *Making governments plan: State experiments in managing land use*. JHU Press.
- Cadil, J.; Miroshnik, K.; Petkovova, L.; Mirvald, M. Public Support of Private R&D—Effects on Economic Sustainability. *Sustainability* 2018, 10, 4612.
- Carr, K., Kendal, R. L., & Flynn, E. G. (2016). Eureka!: What is innovation, how does it develop, and who does it?. *Child development*, 87(5), 1505-1519.
- Coppola, D. (2011), *Introduction to International Disaster Management*, Elsevier, London.
- Coy, M. J. (2019). Research methodologies: Increasing understanding of the world. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 9(1), 71-77.
- Dobbin, S. A., & Gatowski, S. I. (1999). *A judge’s deskbook on the basic philosophies and methods of science* [On-line]. The State Justice Institute. Available: www.unr.edu/bench
- Dobrzanski, P., & Bobowski, S. (2020). The efficiency of R&D expenditures in ASEAN countries. *Sustainability*, 12(7), 2686.
- Dömbekci, H. A., & Erişen, M. A. (2022). Nitel araştırmalarda görüşme tekniği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(Özel Sayı 2), 141-160.
- EM-DAT (2024). Erişim Adresi: <https://www.emdat.be/> Erişim Tarihi: 12.08.2024
- Erik Noji, John C. Cutler, 2005. Yıllık Konferansı, Pittsburgh PA, 29 Eylül 2005
- Ersoy Ş. (2017). The history of the world disasters and what we learned (Dünya Afet Tarihi ve Öğrendiklerimiz).

- Eryılmaz, M., Tezel, O., & Ulusoy, S. (2021). Afet: Tanımı ve sınıflaması. *Türkiye Klinikleri Infectious Diseases-Special Topics*, 14(2), 1-5.
- Eureka, 2024. Erişim Adresi: <https://eurekanetwork.org/> Erişim Tarihi: 15.12.2024
- Fagerberg, J., & Srholec, M. (2008). *Technology and development: Unpacking the relationship (s)* (No. 20080623). Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo.
- Florez, J. V., Charles, A., Lauras, M., & Dupont, L. (2014, May). Designing realistic scenarios for disaster management quantitative models. In *ISCRAM*.
- Gates, 2024. Erişim Adresi: <https://www.gatesfoundation.org/our-work/programs/global-development/emergency-response> Erişim Tarihi: 01.12.2024
- Gault, F. (2018). Defining and measuring innovation in all sectors of the economy. *Research policy*, 47(3), 617-622.
- GFDRR (2016), “The making of a riskier future: how our decisions are shaping future disaster risk”, available at: gfdrr.org/sites/default/files/publication/Riskier%20Future.pdf Erişim Tarihi: 10.08. 2024
- Ghasemi, P., & Karimian, N. (2020, April). A qualitative study of various aspects of the application of IoT in disaster management. In *2020 6th International Conference on Web Research (ICWR)* (pp. 77-83). IEEE.
- Hirooka, M. *Innovation Dynamism and Economic Growth*; Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK, 2006.
- IBO, (2024). Erişim Adresi: <https://www.ibo.org/crisis-support-resources/> Erişim Tarihi: 01.12.2024
- Izumi, T., Shaw, R., Djalante, R., Ishiwatari, M., & Komino, T. (2019). Disaster risk reduction and innovations. *Progress in Disaster Science*, 2, 100033.
- Jalloul, H., Choi, J., Yesiller, N., Manheim, D., & Derrible, S. (2022). A systematic approach to identify, characterize, and prioritize the data needs for quantitative sustainable disaster debris management. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106174.
- Jednak, S., Minović, J., & Kragulj, D. (2021). The role of foreign direct investment, energy and pollution in obtaining sustainable economic development. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(6).
- Kadioğlu, M. (2008). Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”; s. 1-34, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- Karakaş, A., & Akdoğan, S. A. (2023). Afet yönetiminde inovasyon.
- Keith F. Punch (2005). Introduction to Social Research-Quantitative & Qualitative Approaches. London: Sage, 320 sayfa.

- Kiselitsa, E., Shilova, N. N., & Liman, I. (2017). Regional features of the innovative activity formation as a determining factor in the development of the Russian economy. *Academy of Strategic Management Journal*, 16, 96.
- Kuczmarski, T. D. (1996). What is innovation? The art of welcoming risk. *Journal of Consumer Marketing*, 13(5), 7-11.
- Lee, A. C. K. (2016). Barriers to evidence-based disaster management in Nepal: a qualitative study. *Public health*, 133, 99-106.
- Lee, N. R&D Accounting Treatment, R&D State and Tax Avoidance: With a Focus on Biotech Firms. *Sustainability* 2019, 11, 44.
- Leech, N. L. ve Onwuegbuzie, A. J. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Qual Quant.* 43, 265-275
- Li, Z., Li, M., Han, Y., & Ye, X. (2023). Sustainable Development: R&D Internationalization and Innovation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(2).
- Macit, İ. (2019). Bütünleşik afet yönetiminde Sendai çerçeve eylem planının beklenen etkisi.
- Mellars, P. (2005). The impossible coincidence. A single-species model for the origins of modern human behavior in Europe. *Evolutionary Anthropology*, 14, 12-27
- Mojtahedi, M. ve Oo, B.L. (2017), "Critical Attributes for Proactive Engagement of Stakeholders in Disaster Risk Management", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Sayı: 21.
- Mokhele, M. O., Ncube, A., & Kunguma, O. (2024). Disaster Risk Management Challenges Towards Integrated Disaster Risk Management at the South African Municipalities: What Is Left Untouched?. In *Challenges, Strategies, and Resiliency in Disaster and Risk Management* (pp. 242-276). IGI Global
- Monllor, J. and Murphy, P. (2017), "Natural disasters, entrepreneurship, and creation after destruction: a conceptual approach", *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, Vol. 23 No. 4, pp. 618-637.
- Moosavi, J., Fathollahi-Fard, A. M., & Dulebenets, M. A. (2022). Supply chain disruption during the COVID-19 pandemic: Recognizing potential disruption management strategies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75, 102983.
- Repko, A. F., & Szostak, R. (2020). *Interdisciplinary research: Process and theory*. Sage publications.
- Nojavan, M., Salehi, E. and Omidvar, B. (2018), "Conceptual change of disaster management models: a thematic analysis", *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, Vol. 10 No. 1, pp. 1-11
- NSE (2002). An overview of quantitative and qualitative data collection methods. *The 2002 user-friendly handbook for research evaluation* içinde (ss.

- 43-62). Erişim adresi: https://www.nsf.gov/pubs/2002/nsf02057/nsf02057_4.pdf
- OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development.
- OECD Library (2024). Erişim Adresi: https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/research-and-development-r-d/indicator-group/english_h_09614029-en Erişim Tarihi: 08.12.2024
- OECD, 2024. Ana Bilim ve Teknoloji Göstergeleri (MSTI) Veritabanı, Temmuz 2024, <https://oe.cd/msti>
- OECD. (1995). *Bilimsel ve Teknolojik Faaliyetlerin Ölçümü Bilim ve Teknolojiye Ayrılmış İnsan Kaynaklarının Ölçümü Hakkında Kılavuz "Canberra Kılavuzu"*. Ankara: TUBİTAK.
- Oslo Kılavuzu. (2005). *Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler* (3 b.). Paris: OECD ve Eurostat.
- Ozbey, S., Baskak, D., Saner, H. S., Yucesan, M., Erdogan, M., & Gul, M. (2022). A brief review of the applications of MCDA in disaster management. *Multi-Criteria Decision Analysis*, 1-15.
- Pasha, J., Elmi, Z., Purkayastha, S., Fathollahi-Fard, A. M., Ge, Y. E., Lau, Y. Y., & Dulebenets, M. A. (2022). The drone scheduling problem: A systematic state-of-the-art review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(9), 14224-14247.
- Priyanti, R. P., Hidayah, N., Rosmaharani, S., Nahariani, P., Asri, Mukarromah, N., & Mundakir. (2019). Community preparedness in flood disaster: a qualitative study. *International quarterly of community health education*, 40(1), 67-68.
- R&D World, 2024. Erişim Adresi: <https://forecast.rdworldonline.com/> Erişim Tarihi: 11.11.2024
- Ravšelj, D., & Aristovnik, A. (2020). The Impact of R&D expenditures on corporate performance: evidence from slovenian and world R&D companies. *Sustainability*, 12(5), 1943.
- Romer, P. M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22. doi: 10.1257/jep.8.1.3.
- Sarı, B., & Özer, Y. E. (2024). Coordination analysis in disaster management: A qualitative approach in Türkiye. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 100, 104168.
- Sawalha, I. (2018), "Behavioural response patterns: an investigation of the early stages of major incidents", *Foresight*, Vol. 20 No. 4, pp. 337-352
- Seyrek, İ. H., Akgün, A. E., & Özer, G. (2007). Süreç yeniliği yapan takımların öğrenmesine etki eden faktörler ve yenilik çalışmasının başarısına etkileri. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 17-31.

- Sheek-Hussein M, Abu-Zidan FM, Stip E (2021) COVID-19 pandemisinin psikolojik etkisinin afet yönetimi. *Int J Emergency Med* 14(19)
- Shennan, S. (2001). Demography and cultural innovation: A model and its implications for the emergence of modern human culture. *Cambridge Archaeological Journal*, 11, 5–16.
- Southgate, R. J., Roth, C., Schneider, J., Shi, P., Onishi, T., Wenger, D., ... & Murray, V. (2013). Using science for disaster risk reduction. *Report of the UNISDR Scientific and Technical Advisory Group*.
- Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management. *Natural Hazards*, 103(3), 2631-2689.
- Suner, S. (2015). History of disaster medicine. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 15, 1-4.
- Şahin, (2024). Erişim Adresi: <https://kemalsahin.com/docs/sosyal-bilimlerde-arastirma-ve-veri-analizi-yontemleri/bilimsel-arastirma/arastirmayontemleri/> . Erişim Tarihi: 15.12.2024
- Taylor, M.S.; Grossman, G.M.; Helpman, E. Innovation and Growth in the Global Economy. *Economica* 1993, 60, 373.
- Tian, G., Fathollahi-Fard, A. M., Ren, Y., Li, Z., & Jiang, X. (2022). Multi-objective scheduling of priority-based rescue vehicles to extinguish forest fires using a multi-objective discrete gravitational search algorithm. *Information Sciences*, 608, 578-596.
- Trinh, T. (2017). A primer on GDP and economic growth. *International Journal of Economic Research*, 14(5), 13–24.
- TÜBİTAK, (2024). Erişim Adresi: <https://tubitak.gov.tr/tr> Erişim Tarihi:10.12.2024
- TÜBİTAK, 2024. Erişim Adresi: <https://tubitak.gov.tr/tr/haber/2023-yili-ar-ge-harcamasi-377-milyar-542-milyon-tl-olarakgerceklesti#:~:text=2023%20y%C4%B1%C4%B1%20Ara%C5%9F%C4%B1rma%2DGeli%C5%9Ftirme%20Faaliyetleri,542%20milyon%20TL'ye%20y%C3%BCkseldi> Erişim Tarihi: 10.01.2025
- UIS(UNESCO İstatistik Enstitüsü). UIS.Stat Toplu Veri İndirme Hizmeti. Erişim tarihi 30 Eylül 2024. <https://apiportal.uis.unesco.org/bdds>.
- Ulku, H. *R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis*; IMF Working Papers. 04; International Monetary Fund: Washington, DC, USA, 2004.
- UN (United Nations). 2000. *Millennium development goals*. New York: UN
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2015. *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. Geneva: UNISDR.

- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2005. *Hyogo framework for action 2005–2015: Building the resilience of nations and communities to disasters*. Geneva: UNISDR.
- Ünal, T. & Seçilmiş, N. (2013). Ar-Ge göstergeleri açısından Türkiye ve gelişmiş ülkelerle kıyaslaması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 1 (1), 12-25.
- Walliman, N. (2021). *Research methods: The basics*. Routledge.
- Wang, T., Yang, L., Wu, S., Gao, J., & Wei, B. (2020). Quantitative assessment of natural disaster coping capacity: An application for typhoons. *Sustainability*, 12(15), 5949.
- Zerenler, M., Türker, N., & Şahin, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme Ar-Ge ve Yenilik İlişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (17), 653-667.

Beslenme ve Diyetetikte Araştırma-Geliştirme ve İnovasyon 6

Ülkü Özbey¹

Serdal Sabancı²

Özlem Ertekin³

Zeynep Eroğlu⁴

Arife Macit⁵

Neşe Alıç⁶

Nubar Yasan Güneş⁷

Özet

Beslenme ve Diyetetik bilimi, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve inovasyon sayesinde birey ve toplumsal sağlığını iyileştirmede kritik bir role sahiptir. Beslenme bilimindeki Ar-Ge faaliyetleri, tarihsel süreçte vitamin ve minerallerin keşfiyle başlamış, fonksiyonel gıdaların (probiyotikler, prebiyotikler) geliştirilmesi, obezite ve diyabet gibi kronik hastalıklarla mücadele, gıda güvenliği ve kişiselleştirilmiş beslenme gibi yenilikçi alanlar oluşmaktadır. Beslenme araştırmaları, randomize kontrollü çalışmalar, vaka-kontrol, kohort ve kesitsel

- 1 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. ulkuozebey@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-6023-818X>
- 2 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. serdalsabanci@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-1630-0799>
- 3 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. oertekin@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-2548-2478>
- 4 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. zeroglu@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-6817-546X>
- 5 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. arifemacit@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-3717-2725>
- 6 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. nesealic@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-0231-7517>
- 7 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Tunceli, Türkiye. nubaryasan@munzur.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-7508-542X>

çalışmalar ayrıca gözlemsel tasarımlar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Veri toplama sürecinde kullanılan 24 saatlik besin tüketimi, gıda tüketim sıklığı anketleri, antropometrik ölçümler, biyokimyasal analizler giderek artan bir şekilde mobil uygulamalar ve giyilebilir teknolojilerden yararlanır hale gelmektedir. Yapay zeka ve dijital sağlık teknolojileri, diyet takibini ve sağlık parametrelerinin izlenmesini kolaylaştırmakla birlikte daha objektif veriler sunmaktadır. Ayrıca, mikro besin eksikliklerini gidermeye yönelik güçlendirilmiş gıdalar ve beslenme eğitiminde oyunlaştırma gibi yenilikçi eğitim metodolojileri de Ar-Ge faaliyetlerinin önemli kazanımlarındandır. Beslenme ve Diyetetik alanında, Ar-Ge sağlıklı yaşam standartlarının iyileştirilmesi, gıda güvenliğinin sağlanması ve hastalıkların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Günümüzde Ar-Ge yatırımları, beslenme bilimi ve diyetetik alanında yenilikçi çözümler sunmak ve toplum sağlığını iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir ve multidisipliner yaklaşımlarla gelecekte kişiselleştirilmiş beslenme için sürdürülebilir ve erişilebilir beslenme çözümleri sağlayacaktır.

1. GİRİŞ

Araştırma ve Geliştirme (Ar-GE), en genel tanımı ile yeni bilgi üretmek, mevcut bilgiyi iyileştirmek ve pratik uygulamalara dönüştürmek amacıyla yapılan sistematik ve yaratıcı çalışmaların tümü olarak ifade edilmektedir. Bu süreçte bilimsel yöntemler kullanılarak yeni ürünler, süreçler veya hizmetler geliştirilmekte ve bunlar toplumun çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için uygulanmaktadır (Freeman & Soete, 1997). Ünlü ekonomist Christopher Freeman’a göre ise Ar-Ge’yi ekonomik kalkınmanın ve teknolojik yeniliğin temel kaynağı olarak tanımlanmakta ve Ar-Ge’nin toplumların rekabet gücünü artırmada kritik bir rol oynadığını belirtmektedir. Freeman’a göre Ar-Ge, inovasyonu teşvik eden, yeni ürünler ve süreçler geliştiren bir süreçler bütünü olarak ifade etmektedir (Freeman, 1994).

Ar-Ge pek çok temel unsurlarda önemli katkıları bulunmaktadır. Freeman’ın dediği gibi en önemli katkısı ise inovasyona ve buna bağlı olarak rekabet gücüne katkısıdır. Çünkü Ar-Ge, şirketlerin, ülkelerin ve toplumların küresel ölçekte rekabet edebilirliğini artırmakta ve bu sayede yenilikçi ürünler ve hizmetler geliştirmek, var olanları iyileştirmek ve yeni çözümler üretmek için kritik bir kaynak olarak görev yapmaktadır (Porter, 1990). Özellikle küreselleşen dünya da teknolojik gelişmeler, sürekli değişen taleplerle rekabet edebilmek için Ar-Ge’yi vazgeçilmez hale getirmiştir (Schilling, 2010).

Mowery ve Rosenberg’e göre AR-GE; “ekonomik büyümeyi sağlayan bir itici güç” olarak tanımlamakta ve Ar-Ge’nin teknoloji tabanlı yenilikleri teşvik ederek üretim ve verimliliği artırdığını vurgulamaktadır (Mowery & Rosenberg, 1989). Bu sayede Ar-Ge faaliyetleri, ekonomik büyümeye

doğrudan katkı sağlamaktadır. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması hem istihdam yaratmakta hem de verimliliği artırmaktadır. Bu durum, uzun vadede ekonomiye iyi bir ivme kazandırmaktadır (Romer, 1986). Bilim ve teknoloji yatırımları, özellikle yüksek teknoloji gerektiren sektörlerde ekonomik büyümenin temel itici güçlerinden biridir (OECD, 2015).

Ekonomik büyümeyi sağlayan ve onun önünde itici bir güç olan Ar-Ge bununla beraber topluma önemli refahlık kazandırmaktadır. Özellikle Ar-Ge, toplumun yaşam kalitesini artıran sağlık, çevre ve eğitim gibi alanlarda ilerlemelere önemli katkı sağlamaktadır. Daha iyi anlaşılması amacıyla örneklendirecek olursak, yeni tedavi yöntemleri geliştirmek veya çevre dostu teknolojiler üretmek, toplum sağlığı ve çevreyi koruma gibi toplumsal refaha katkı sağlayan önemli sektörlerin gelişmesine ve iyileşmesine katkıda bulunmaktadır (Godin, 2008).

Bu süreçlerde Ar-Ge nin gelişmesini sağlamak amacıyla bilimsel ve Teknolojik Gelişmeler artmaktadır. Bilimsel ve teknolojik ilerlemenin temelinde Ar-Ge bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, akademik bilgi birikimini genişletmekte ve teknolojik çözümler üreterek günlük hayatı kolaylaştırmaktadır. Bu süreç, bilimsel bilginin yeni teknolojilere dönüştürülmesi için büyük bir fırsat sağlamaktadır. (Nelson, 1993). Genel olarak Ar-Ge'nin önemi, ekonomik ve toplumsal açılarından büyük bir öneme sahiptir. İnovasyonun, sürdürülebilirliğin ve yaşam kalitesinin artmasının temel dayanağı olan Ar-Ge çalışmaları, sağlık, sanayi, tarım ve eğitim gibi farklı alanlarda büyük katkılar sağlar. Bu yüzden, Ar-Ge yatırımları hem devletler hem de özel sektör için stratejik önceliklerden biri olmalı ve desteklenmelidir (Mazzucato, 2013).

1.1. AR-Ge'nin Tarihi Gelişimi ve Beslenme ve Diyetetik Uygulamaları

Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) kavramının tarihçesi, sanayi devrimi ile başlayan yenilik ve modernleşme hareketleriyle ilişkilendirilmektedir. Ar-Ge'nin kökenleri, özellikle 19. yüzyılda bilim ve teknoloji alanındaki hızlanan ilerlemelere dayanmaktadır. Bu dönemde, bilimsel araştırmalar daha fazla organize edilmiş ve endüstriyel uygulamalara yönelik çalışmalar artmıştır (Mowery & Rosenberg, 1989). 20. yüzyılın başlarında, Ar-Ge faaliyetleri devlet destekli laboratuvarlarda yürütülmeye başlanmış ve İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde kamu, özel sektör ve akademi arasında iş birlikleri kurularak daha sistematik bir yapıya bürünmüştür (Freeman, 1994).

Beslenme biliminde ise özellikle 20. yüzyılın ortalarında gelişen Ar-Ge faaliyetleri ile hız kazanmıştır. Besin bileşenleri, vitaminler, mineraller

ve diğer mikro besinlerin keşfi, sağlığın iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır (Scrimshaw & Young, 1976). Ar-Ge'nin bu alana katkısı, sağlıklı beslenme modellerinin oluşturulması, gıda güvenliğinin sağlanması ve diyetle ilişkili hastalıkların önlenmesi açısından oldukça önemli görülmüştür. Bu gelişmelerin başında Fonksiyonel besinlerin gelişimi gelmektedir. Ar-Ge çalışmaları sayesinde, probiyotikler, prebiyotikler ve diğer fonksiyonel besinler geliştirilmiştir. Bu tür besinlerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri, beslenme biliminin bir alt dalı olarak ortaya çıkan fonksiyonel beslenme alanını güçlendirmiştir (Saarela et al., 2002). Beslenme üzerine etkili olan kronik hastalıkların önlenmesi olarak dikkat çekmektedir. Diyetle ilişkili kronik hastalıkların önlenmesi konusunda Ar-Ge çalışmaları önemli rol oynar. Özellikle obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklarla mücadelede yapılan araştırmalar, bu hastalıkları önlemek ve yönetmek için yeni besin formülleri ve takviyeleri geliştirmeyi amaçlar (Hu, 2003). İlerleyen süreçlerde ise Gıda Güvenliği ve Sürdürülebilirlik üzerine yoğunlaşmıştır. Beslenme bilimindeki Ar-Ge faaliyetleri, gıda güvenliği ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına da katkıda bulunur. Bu alanda yapılan çalışmalar, tarımsal üretim yöntemlerinden başlayarak gıda işleme ve saklama tekniklerine kadar geniş bir yelpazede yenilikçi çözümler sunmaktadır (Mattila-Sandholm & Saarela, 2003). Son süreçte ise Kişiselleştirilmiş Beslenme üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Beslenme genetiği ve metabolizma gibi alanlardaki Ar-Ge çalışmaları, bireylerin genetik özelliklerine uygun kişiselleştirilmiş beslenme programları geliştirilmesine olanak tanır. Bu gelişme, daha etkili diyet önerileri ve hastalıklara karşı koruyucu beslenme stratejilerinin oluşturulmasını sağlamaktadır (Ordovas, 2006). Beslenme ve Diyetetik alanında, Ar-Ge'nin beslenme bilimindeki rolü, sağlıklı yaşam standartlarının iyileştirilmesi, gıda güvenliğinin sağlanması ve hastalıkların önlenmesi açısından kritik önemde olduğu düşünülmektedir. Günümüzde Ar-Ge yatırımları, beslenme bilimi ve diyetetik alanında yenilikçi çözümler sunmak ve toplum sağlığını iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir ve gelişmektedir.

1.2. Ar-Ge'nin Sektörler Üzerine Katkısı

Ar-Ge (Araştırma ve Geliştirme), çeşitli sektörlerde yenilikçi çözümler üreterek, toplumun refah seviyesini artırma, ekonomik büyümeyi teşvik etme ve yaşam kalitesini yükseltme gibi önemli katkılarda bulunur. Aşağıda, Ar-Ge'nin bazı ana sektörler üzerindeki etkileri ve topluma katkıları açıklanmıştır: Bu sektörlerin başında insan sağlığı üzerine olduğu dikkat çekmektedir. Sağlık sektöründe Ar-Ge, yeni tedavi yöntemleri, ilaçlar, tıbbi cihazlar ve teknolojiler geliştirilmesine olanak tanınmaktadır. Özellikle genetik araştırmalar, kanser tedavileri, nörolojik hastalıklar ve bulaşıcı

hastalıklara karşı yeni ilaçlar geliştirilmesi, Ar-Ge'nin önemli kazanımları arasında yer almaktadır. Bu gelişmeler, hastalıkların daha erken teşhisine ve daha etkili tedavi edilmesine olanak tanıyarak toplum sağlığını doğrudan etkilemektedir (Goddard et al., 2010).

Diğer önemli atılımlar ise tarım ve gıda sektöründe meydana gelmektedir. Ar-Ge çalışmaları, tarım ve gıda sektörlerinde verimliliği artırmak, gıda güvenliğini sağlamak ve sürdürülebilir üretim yöntemleri geliştirmek açısından kritik öneme sahiptir. Biyoteknoloji sayesinde tarımsal ürünlerin genetik özellikleri iyileştirilmektedir; örneğin, kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin geliştirilmesi veya daha besleyici tarım ürünlerinin üretilmesi, gıda güvenliğine katkıda bulunur. Aynı zamanda, gıda teknolojisi alanında yeni işleme ve saklama teknikleri geliştirilerek gıda israfı azaltılmakta ve daha sağlıklı gıda ürünleri sunulmaktadır (Bruinsma, 2003).

Özellikle insan gücünü azaltacak ve sanayileşme için gerekli olan Enerji Sektöründe gelişmeler giderek artmaktadır. Enerji sektöründe Ar-Ge, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve çevre dostu enerji çözümlerinin bulunması açısından büyük bir öneme sahip olduğu bilinmektedir. Rüzgar, güneş ve biyoyakıt gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Ar-Ge çalışmaları ayrıca, önemli bir konu olan enerji tasarruflu teknolojiler ve elektrikli araçlar gibi sürdürülebilir çözümler sunarak toplumun çevresel etkisini azaltmaktadır (Jacobsson & Bergek, 2004).

Gelişen teknoloji ile Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) de önemli Ar-Ge'ye önemli yatırım yapmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde Ar-Ge, internet altyapılarının geliştirilmesi, yapay zeka, büyük veri, bulut bilişim gibi yenilikçi çözümler üretmektedir. Bu çözümler, iş süreçlerini kolaylaştırmanın yanı sıra eğitim, sağlık ve ulaşım gibi kamu hizmetlerinde de daha etkin hizmetler sunulmasına katkı sağladığı bilinmektedir. Aynı zamanda, BİT sektöründeki Ar-Ge çalışmaları dijitalleşme sürecini hızlandırarak toplumun bilgiye erişimini kolaylaştırmakta ve ekonomik verimliliği artırmaktadır (Mazzucato, 2013).

Tabi ki tüm bu gelişmelere bağlı olarak ülkelerin kendilerini savunmak amacıyla Ar-Ge yatırımdan Savunma ve Uzay Sektörleri de yerini almıştır. Savunma sanayii ve uzay araştırmaları, ileri teknoloji Ar-Ge çalışmalarının en yoğun olduğu alanlardan birisi haline gelmiştir. Bu sektörlerdeki Ar-Ge çalışmaları, ülkelerin güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak için yeni savunma sistemleri, insansız araçlar, uydu teknolojileri ve uzay araştırmaları geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Uzay araştırmalarının gelişmesi ile elde

edilen teknolojiler, günlük yaşantıda kullanılan birçok üründe (örneğin, GPS sistemleri, iletişim cihazları) kendine yer bulmuştur, bu da toplumsal yaşamı doğrudan etkilemektedir (Bell, 2006).

Belki de Ar-Ge'den en az yararlanan sektörün başında Eğitim ve Toplumsal Gelişim bölümü gelmektedir. Eğitim alanında Ar-Ge çalışmaları, öğrenme süreçlerini iyileştiren yeni yöntemler, araçlar ve teknolojilerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Eğitimde dijitalleşme, e-öğrenme platformları ve uzaktan eğitim teknolojileri Ar-Ge ile mümkün kılınmıştır. Bu yenilikler, eğitime erişimi kolaylaştırmakta ve öğrenim kalitesini artırmaktadır. Ayrıca, toplumsal gelişime yönelik Ar-Ge çalışmaları, halk sağlığı, şehir planlama, altyapı geliştirme gibi alanlarda toplumun yaşam kalitesini iyileştiren çözümler sunmaktadır (Schleicher, 2018).

Ar-Ge nin topluma katkılarını özetlemek gerekirse, Ar-Ge faaliyetleri, yeni iş alanları yaratır ve ekonomik büyümeyi destekler. İnovasyon, verimliliği artırarak ülke ekonomisinin güçlenmesine katkıda bulunarak Topluma Katkıları Ekonomik Büyüme ve İstihdam önemli katkı sunmaktadır. (OECD, 2015). Yine Ar-Ge, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için yenilenebilir enerji, çevre dostu teknolojiler ve atık azaltma yöntemleri geliştirilmesine olanak tanmaktadır. Bu gelişmeler, çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltır ve Sürdürülebilirlik ve Çevresel Korumaya olanak sağlamaktadır (Popp, 2011). Ar-Ge'nin sağlık, eğitim, ulaşım ve iletişim gibi alanlarda getirdiği yenilikler, toplumun genel yaşam kalitesini artırmaktadır. Teknolojik ilerlemeler, günlük hayatı kolaylaştırarak bireylerin daha sağlıklı, güvenli ve verimli bir yaşam sürmesine katkı sağlayarak yaşam kalitesinin artmasına olanak sağlamaktadır (Mowery & Nelson, 1999).

1.3 Ar-Ge' nin Temel İlkeleri

Son yıllarda Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve teknoloji üretimi, tüm dünyada giderek daha fazla önem kazanan kavramlar olmuştur. Francis Bacon'un 17. yüzyılda söylediği 'Bilgi, gücün kaynağıdır' sözü, bilimin insanlığın ilerlemesi ve refahı için ne kadar önemli olduğunu en açık şekilde ifade eder. Bu düşünce, günümüz bilgi çağında da geçerlidir ve uluslararası alandaki rekabette bilginin ve ona yapılan yatırımın önemini vurgular. Bu anlamda "Ar-Ge" akla ilk gelen kavram olmaktadır. Ülkelerin bilgi çağını benimsemesi ve teknolojik ilerlemelerin hızlanması, yeni yenilikleri gündeme getirir ve Ar-Ge faaliyetlerinin önemini artırır. Frascati Kılavuzu'na göre Ar-Ge, insanlığın bilgi birikimini artırmayı ve mevcut bilgileri yeni uygulamalarla kullanmayı amaçlayan yaratıcı ve sistematik bir çalışma sürecini ifade eder (OECD 2015).

Ar-Ge temel araştırma, uygulamalı araştırma ve geliştirme faaliyetlerini kapsayan geniş bir kategoridir. Genel olarak, araştırma ve geliştirme, bilgiyi artırmayı ve bu bilginin yeni ürünler, süreçler veya hizmetler geliştirmek için kullanılmasını amaçlayan sistematik faaliyetlerdir. Günümüzde yenilikçilik faaliyetleri, araştırma ve geliştirme kavramı ile yakından ilişkilidir. Araştırma ve geliştirme, bir ürünün araştırılarak geliştirilmesinden başarılı bir şekilde pazarlanmasına kadar birçok faaliyeti kapsamaktadır, aynı şekilde yeni bir ürünün etkili bir şekilde piyasaya sürülmesi de buna dahildir (Kainulainen 2024). Aşağıda alt başlıklarda Ar-Ge faaliyetlerinin temel ilkeleri; yenilikçilik ve teknolojik gelişim, bilimsel araştırma metodolojileri, yaratıcılık ve problem çözme yaklaşımları ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

1.4. Yenilikçilik ve Teknolojik Gelişim

İnsanlık tarihinde özellikle son iki yüzyılda yaşanan büyük ekonomik sıçramaların ortak noktası yenilikçiliktir. Tarihte süreçleri incelediğimizde;

- a) 14. yüzyıldaki Rönesans, eski düşünceleri yıkarak yeni bir düşünme biçimini ortaya koymuştur.
- b) 15. yüzyıldaki keşifler, insanlık medeniyetinin sınırlarını genişleterek büyük bir ilerleme kaydetmiştir.
- c) 16. yüzyılda başlayan Bilimsel Devrim, teknolojik devrimlere zemin hazırlamıştır.
- d) 17. yüzyılda doğan kapitalist piyasa, finansal faaliyetlerin toplumda yaygınlaşmasına yol açmış ve ekonomik yaşamı dönüştürmüştür.
- e) 18. yüzyıldaki Sanayi Devrimi, dünya ekonomilerine büyük bir ivme kazandırmış ve küresel düzeyde ekonomik değişimlere neden olmuştur.

Bütün bu tarihi süreçlerin ve gelişmelerin ortak noktasının yenilik olduğu, bu yeniliğin tarihi olaylar zincirinde önemli bir rol oynadığı ve hatta temel itici güç olduğu söylenebilir (Chen, Viardot et al. 2019). Zhang ve ark. tarafından ampirik analizler sonucunda bilimsel inovasyon ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Zhang, Song et al. 2012). Teknolojik olarak gelişmenin ve yenilikçiliğin temel öğeleri olarak bilenen ileri teknoloji ürün ihracatı, Ar-Ge harcamaları, patent sayısı ve Ar-Ge alanında çalışmak üzere alınan personel sayısındaki artış ile ihracat ve ekonomik düzeyde gelişme performansı arasında uzun vadede pozitif yönlü bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla Türkiye’de AR-GE çalışmaları

için ayrılan fonlar projeler yenilikçilik ve teknolojik gelişimi desteklemektedir (Çelik 2020). Bu kapsamda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler, yaratıcı yetenekleri, yüksek teknolojiye dayalı girişimleri ve sürdürülebilir sanayi dönüşümüne ve ekonomik büyümeye dönüştürülebilecek yeni teknolojileri yetiştirmek için ulusal yenilik sistemlerini kurmaya çalışmaktadır (Chen 2017). Türkiye’ de büyüme performansını arttırmanın bir yolu olarak yenilikçilik kapasitesini arttırmaya yönelik girişimler bulunmaktadır. Özellikle 2000’ li yıllardan sonra; teknolojik yenilik üretmeye yönelik politikalara odaklanması, teknopark; bilim insanı yetiştirme konularının ön plana çıkması, 2007-2010 için Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisinin yayınlanması gibi girişimler Türkiye yenilik politikalarının kırılma noktalarından bir kaçıdır. Ulusal yenilik sisteminin oluşturulması kapsamında geliştirilecek politikaların belirlenmesi ve hayata geçirilmesi, çağın gerekliliklerine uyum sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır (Maden and Kutgi 2019).

OECD’nin Oslo rehberine bakıldığında inovasyon; yeni veya iyi derecede geliştirilmiş bir ürün (mal veya hizmet) veya süreç, yeni bir pazarlama yöntemi ya da yeni bir organizasyonel yöntemin işletme içi uygulamalarda, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde hayata geçirilmesidir. Dört tür yenilik tanımlanmaktadır. Bunlar; ürün yeniliği, süreç yeniliği, pazarlama yeniliği, organizasyonel yeniliktir. Ürün yeniliği, var olan özellikler veya planlanan kullanım yerlerine göre yeni ya da belirgin şekilde geliştirilmiş bir mal veya hizmetin ortaya çıkarılmasıdır. Ürün yeniliği süreci teknik özelliklerde, bileşenlerde, kullanılan malzemelerde, entegre yazılımda, kullanıcı deneyiminde ve diğer fonksiyonel özelliklerde kayda değer iyileştirmeleri kapsamaktadır. Süreç yeniliği, yeni ya da belirgin şekilde geliştirilmiş bir üretim veya teslimat yönteminin hayata geçirilmesidir. Süreç yeniliğinde kullanılan teknikler, ekipman ve/veya yazılımlarda kayda değer iyileştirmeler bulunmaktadır. Pazarlama yeniliğinde, ürün tasarımı veya ambalajı, konumlandırması, tanıtımı ya da ücretlendirilmesinde yapılan değişiklikleri içeren yenilikçi bir pazarlama yaklaşımıdır. Organizasyonel yenilik, bir işletmenin ticari uygulamalarında, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerinde yeni ve etkili organizasyonel yöntemlerin hayata geçirilmesidir. Ürün ve süreç yenilikleri; teknolojik ürün yeniliği ve teknolojik süreç yeniliği kavramları ile yakından ilişkilidir (Ulusal Yenilik Stratejisi-2008-2010).

Ulusal Gıda Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi, Türkiye’ nin yiyecek-içecek sektöründeki Ar-Ge ve inovasyon ekosisteminin geliştirilmesini, bu alanın daha hızlı bir şekilde ilerlemesini hedefleyen adımları kapsamaktadır. Yiyecek- içecek üretim ve tüketim zincirinin tüm aşamaları, Ar-Ge ve yenilik perspektifiyle ele alınarak stratejik bir çerçeve oluşturulmuştur. Türkiye’

de “Hammadde Üretimi”, “Sanayi Ar-Ge ve Yenilik Faaliyetleri”, “Yerel Yetkinlikler ve Yenilikçi Ürünler”, “Gıda Tüketimi ve Sağlık”, “Hedef Odaklı Öncelikli Ar-Ge Faaliyetleri” ve “Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Teknolojiler” bu stratejinin temel aldığı konulardır. Gıda alanı, birincil üretimden nihai tüketime kadar tüm aşamaları kapsar. Bitkisel, hayvansal ve su ürünleri üretiminden, yem ve tohumculuk gibi girdilere, hammaddelerin işlenmesi, taşınması, depolanması ve tüketimin insan sağlığına katkısına kadar uzanan bir süreçtir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) Kararı Gıda Alanı Gerekçesinde (2010/101) “Toplumsal önemli ihtiyaçlarında biri olan gıda alanının, Türkiye’ nin verimli toprakları üzerinde negatif etki oluşturan kentleşme, erozyon ve küresel iklim değişikliği gibi faktörlerin etkisinde olduğu, Ar-Ge ve yenilik aracılığıyla sağlıklı beslenen bir toplumun ve gıda güvenliğinin sağlanması için stratejik bir öneme sahip olduğu” bildirilmiştir. Ulusal Gıda Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi gıda üretim ve tüketim zincirindeki tüm aşamaları kapsamaktadır. Bu aşamalar Şekil 1’ de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ulusal Gıda Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi gıda üretim ve tüketim zinciri (TÜBİTAK 2011)

Teknoloji ve dijitalleşme, beslenme ve sağlık alanındaki yenilikçi girişimlerin küresel dünyada önemli bir parçası haline gelmektedir. Endüstri 4.0 ve Sağlık 4.0 bu kapsamda öne çıkan kavramlardır. Biyomedikal mühendislik ve

sağlık bilişiminin multidisipliner araştırma alanları, endüstriyel devrimlerin sağlıktaki dijital dönüşüme etki ettiğini gösteren önemli örneklerden biridir. Endüstri 4.0'ın literatürde birçok tanımı olmasına karşın dijitalleşme ve yeni teknolojilerin kullanılması yoluyla endüstriyel üretimin dönüştürülmesi olarak da tanımlanabilmektedir. İnsanlar ve makineler arasındaki etkileşimin artırılması ile çalışma koşullarının iyileştirilmesi, verimliliğin artırılması amacıyla yeni bir üretim konsepti olarak açıklanmaktadır. Günümüzde yapay zeka, siber fiziksel sistemler gibi büyük teknolojilerin bir araya gelmesiyle fiziksel ve dijital alanların arasındaki bağlantının güçlenmesi yeni bir sanayi devrimi olarak tanımlanmaktadır (Gedik 2024).

Türkiye 12. Kalkınma Planı 2024-2028' de Covid-19 salgını sürecinde toplumun, kurum ve sektörlerin dijitalleşmeye hızlı bir şekilde uyum sağladığı ve geliştiği, ileri robot teknolojileri, yapay zeka gibi Endüstri 4.0 teknolojilerine olan ihtiyacın arttığı bildirilmiştir. Ayrıca dijitalleşme, yapay zekâ ve veriye dayalı iş modelleriyle akıllı tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, akıllı tarım uygulamalarına yönelik yazılım ve araç-gereçlerin ulusal düzeyde üretiminin artırılması, sağlık teknolojileri kapsamında aşı, ilaç, tıbbi cihaz, tanı kiti gibi teknolojilerin Ar-Ge projeleri ile katma değer yaratabilecek ürünlerin geliştirilmesinin sağlanması 12. Kalkınma Planının hedefleri arasındadır (TC. 12. Kalkınma Planı 2024-2028). Dijitalleşme ve sağlık teknolojileri genel olarak hastalıklarda fizyolojik ve patolojik sinyallerin izlenmesi, bireylerin öz yönetimi sağlıklı yaşamı izleme, ilaç alımının izlenmesi- ilaç etkileşim uyarıları, kişiselleştirilmiş sağlık hizmetleri, bulut tabanlı sağlık bilgi sistemleri, teletıp, rehabilitasyon, hastaya erişim kolaylığı, gibi birçok alanda destek sağlamaktadır. Bu kapsamda dijitalleşme ve sağlık teknolojilerindeki yenilikçi yaklaşımlar sağlık profesyonellerinin yükünü azaltmak, insana dair hataların dijitalleşmeyle birlikte minimuma indirgenmesi açısından oldukça büyük öneme sahiptir (Gedik 2024).

2. Beslenme ve Diyetetikte Bilimsel Araştırma Metodolojileri

Bilimsel araştırmalar, problemlerin sistematik bir şekilde ele alınıp çözülmesini sağlar. Araştırma türleri ve tasarımları, elde edilecek sonuçların güvenilirliğini ve geçerliliğini doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Beslenme ve diyetetik alanındaki araştırmalar, bireylerin sağlık durumlarını iyileştirmek için kullanılan yöntemlerin değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir.

2.1. Araştırma Türleri ve Tasarımları

Beslenme ve diyetetik araştırmaları, bireylerin diyet alışkanlıklarını ve bunların sağlık üzerindeki etkilerini anlamak için farklı araştırma türlerinden

yararlanılır: (Bahishti, 2022; Gavino, Nolasco-Mamani, Quispe-Quezada, & Díaz, 2023; Regnault, Willgoss, Barbic, & Group, 2018; Smajic, Avdic, Pasic, Prcic, & Stancic, 2022)

Nitel Araştırmalar: Beslenme davranışlarını ve motivasyonları anlamak için derinlemesine görüşme ve odak grup çalışmaları kullanılır. Örneğin, obez bireylerin diyet yapma motivasyonlarını incelemek

Nicel Araştırmalar: Diyet ve sağlık ilişkilerini istatistiksel olarak değerlendirmek için kesitsel, kohort, vaka-kontrol ve deneysel çalışmalar yapılır. Örneğin, bir diyet müdahalesinin kilo kaybı üzerindeki etkisi.

Karma Yöntemler: Nitel ve nicel yöntemleri birleştirerek daha kapsamlı analizler sunar. Örneğin, diyet müdahalesinin hem nicel sonuçları hem de bireylerin deneyimleri birlikte değerlendirilir.

Araştırma tasarımları, maruziyet ve sonuç arasındaki ilişkiyi incelemek için deneysel veya gözlemsel olarak sınıflandırılır. Deneysel yöntemlerde, araştırmacılar müdahale ve kontrol gruplarını karşılaştırarak nedensel ilişkiler değerlendirilir. Ancak deneysel yöntemler her zaman uygulanabilir olmadığına, gözlemsel yöntemler tercih edilir. Gözlemsel yöntemler, bireylerin doğal ortamda prospektif, retrospektif veya kesitsel olarak incelenmesini içerir (Chatburn & MHHS, 2017).

2.2. Deneysel ve Gözlemsel Yöntemler

Deneysel Yöntemler Randomize kontrollü çalışmalar (RCT), en yüksek standartlı araştırma tasarımı olarak kabul edilir. Bu tasarımda, katılımcılar rastgele bir şekilde kontrol ve deney gruplarına atanır. Randomizasyon, karıştırıcı faktörleri önler ve seçim yanlılığını en aza indirir, böylece deney ve kontrol grupları arasında benzerlik sağlanır. Deney grubu, hastalığın oluşumu, önlenmesi veya tedavisiyle ilgili bir müdahale/alıcıyı alırken; kontrol grubu, çalışmanın amacına bağlı olarak ya tedavi almaz, bir plasebo alır ya da standart bir tedavi görür. Gruplar, ilgilenilen sonucun gelişimini değerlendirmek için prospektif olarak izlenir. RCT'ler maliyetli olup, randomizasyonun bütünlüğü genellikle reddetme, çalışmadan ayrılma, gruplar arası geçiş ve uyumsuzluk gibi sorunlarla karşılaşabilir (Lilli et al., 2021; Noordzij, Dekker, Zoccali, & Jager, 2009).

Randomize kontrollü çalışmalar, müdahalelerin değerlendirilmesinde altın standart olarak kabul edilir. Ancak, birçok klinik öneme sahip sorular için RCT'ler uygulanabilir olmayabilir ya da etik açıdan uygun olmayabilir. Bu durumlarda, klinisyenler RCT'lerin olmadığı durumlarda mevcut en iyi kanıtı sağlamak için gözlemsel çalışmalara dayanmak zorundadır (Lu, 2009).

Gözlemsel Yöntemler Vaka-kontrol çalışmaları, risk faktörleri ile sonuçlar arasındaki ilişkiyi retrospektif olarak inceleyen bir araştırma tasarımıdır. Vakalar, belirli bir hastalığa sahip bireylerden, kontroller ise bu hastalığı olmayan bireylerden oluşur. Araştırmacılar, geçmişteki olası maruziyetleri değerlendirmek için vakalar ve kontrolleri karşılaştırır. Bu yöntem, özellikle nadir hastalıklar ve uzun latent dönemlere sahip durumlar için uygun, maliyet etkin ve hızlıdır. Ancak, retrospektif doğası nedeniyle geri çağırma yanlılığı riski taşır (Yang et al., 2010).

Kohort çalışmaları, başlangıçta hastaları maruziyet durumlarına göre iki gruba ayırır. Bu gruplar zaman içinde izlenerek maruz kalan ve maruz kalmayan gruplarda kimlerin hastalık geliştirdiği incelenir. Kohort çalışmaları retrospektif veya prospektif olabilir. Kohort çalışmalarında, vaka-kontrol çalışmalarından farklı olarak, başlangıç noktası hastalıklı ve hastaliksız bireyler yerine maruz kalan ve kalmayan bireylerdir. Bu nedenle, insidans doğrudan hesaplanabilir. Kohort çalışmalarında etkilenme ölçütü “göreceli risk” tir. Geri çağırma yanlılığı riski çok düşüktür ve aynı anda birden fazla sonuç incelenebilir. Ancak, kohort çalışmalarında seçim yanlılığı riski daha yüksektir. Nadir hastalıkları veya uzun takip süreleri gerektiren sonuçları incelemek, bu tür çalışmalarla oldukça maliyetli ve zaman alıcı olabilir (DiPietro, 2010).

Kesitsel çalışmalar, gözlemsel nitelikte olup, çalışma grubunun özelliklerini tek bir zaman diliminde değerlendirir. Kohort çalışmalardan farklı olarak takip süresi içermez ve bu nedenle uygulanması nispeten daha basittir. Maruziyet durumu veya ilgi duyulan sonuca ilişkin veriler genellikle anketlerle tek bir anda toplandığından, bu tasarım neden-sonuç ilişkisi sağlayamaz ve gözlemsel tasarımlar arasında en zayıf olanıdır. Genellikle bir popülasyondaki hastalık prevalansını değerlendirmek için kullanılır (Munnangi & Boktor, 2017).

2.3. Veri Toplama Teknikleri

Beslenme ve diyetetik alanında veri toplama, bireylerin beslenme alışkanlıklarını, beslenme durumlarını ve sağlık üzerindeki etkilerini anlamak için farklı yöntemlerle gerçekleştirilir. Bu yöntemler, bireylerin günlük diyet alışkanlıklarını incelemenin yanı sıra, diyet müdahalelerinin etkilerini değerlendirmeye de olanak tanır (Pekcan, 2008).

Besin alımının saptanması, bu süreçte sıkça kullanılan tekniklerdir. Örneğin, 24 saatlik besin tüketim hatırlaması yöntemi, bireylerin son 24 saatte tükettikleri yiyecek ve içecekleri detaylı bir şekilde aktarmalarını sağlar. Hızlı ve pratik bir yöntem olmasına rağmen, hatırlama yanlılığı riski taşır.

Gıda tüketim sıklığı anketleri (FFQ), bireylerin belirli bir zaman aralığında hangi sıklıkta hangi gıdaları tükettiğini anlamaya yönelik bilgi toplar ve uzun vadeli diyet alışkanlıklarının değerlendirilmesine olanak tanır. Diyet günlükleri ise bireylerden, tükettikleri yiyecek ve içecekleri anlık olarak kaydetmelerini talep eder. Bu yöntem, diğerlerine kıyasla daha kesin veriler sunar; ancak katılımcılar için zahmetli olabilir.

Antropometrik ölçümler, bireylerin fiziksel özelliklerini değerlendirerek beslenme durumlarına dair önemli bilgiler sağlar. Bu ölçümler arasında vücut ağırlığı ve boy ölçümleriyle beden kitle indeksi (BKİ) hesaplama, bel ve kalça çevresi ölçümleriyle abdominal yağlanmanın değerlendirilmesi ve biyoelektrik empedans analizi (BIA) veya DEXA gibi tekniklerle vücut kompozisyonunun analiz edilmesi yer alır.

Biyokimyasal analizler, beslenme durumu ile ilgili biyolojik göstergeleri anlamada önemli bir rol oynar. Kan, idrar veya tükürük örneklerinden vitamin, mineral, lipid profili gibi biyobelirteçler değerlendirilir. Bu analizler, besin öğelerinin biyoyararlanımını ve metabolik etkilerini ölçmek için etkili yöntemlerdir (Pekcan, 2008).

Görsel ve dijital teknolojiler de beslenme araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Fotoğraflı besin kayıtları, bireylerin tükettikleri yiyecekleri öncesi ve sonrası fotoğraflayarak porsiyon büyüklüklerinin daha doğru değerlendirilmesini sağlar. Mobil uygulamalar ve giyilebilir cihazlar ise diyet takibi ve fiziksel aktivite ölçümleri için modern ve kolay uygulanabilir araçlardır (Ülker & Çamlı, 2023).

Veri toplama yöntemleri, hatırlama yanlılığı ve bireylerin diyetlerini değiştirmeden doğru bilgi vermekte zorlanması gibi sorunlar barındırabilir. Ancak doğru yöntemlerin seçimi ve teknolojinin etkin kullanımı, bu zorlukların üstesinden gelinmesine katkı sağlar. Bu yöntemler, bireylerin beslenme durumunu anlamanın yanı sıra diyet müdahalelerinin etkilerini değerlendirmek ve bilimsel öneriler geliştirmek için önemli bir temel oluşturur.

2.4. AR-GE Projelerinde Veri Analizi ve Sonuçların Yorumlanması

Beslenme ve diyetetik alanındaki AR-GE projelerinde veri analizi, anlamlı sonuçlar elde etmek ve halk sağlığını iyileştirmek için kritik bir süreçtir. Gözlemsel tasarımlar (kohort ve vaka-kontrol) ile randomize kontrollü çalışmalar farklı istatistiksel yöntemler gerektirir. Bu süreçte değişkenlerin analizi, ortalama ve dağılım ölçüleri, duyarlılık, özgüllük ve öngörü değerleri gibi analizler önemli bir yer tutar. Bağlı risk, olasılık oranı ve tedavi için gereken hasta sayısı gibi metrikler sıkça kullanılırken, SPSS gibi yazılımlar

bu analizleri kolaylaştırır. Doğru yöntemler ve araçlar kullanılarak yapılan veri analizi, yalnızca güvenilir sonuçlar elde etmeyi değil, aynı zamanda gelecekteki çalışmaların yönlendirilmesini ve beslenme politikalarının geliştirilmesini sağlar. Yenilikçi teknikler ve paydaş iş birliği, araştırmaların toplum sağlığı üzerindeki etkisini artırmada önemli bir rol oynar (Kier, 2011; Pinart et al., 2018).

Yaratıcılık ve Problem Çözme Yaklaşımları

Yaratıcılığın Teorik Temelleri: Yaratıcılık, genellikle farklı ve yakınsak düşünme biçimlerinin bir araya gelmesiyle yeni ve faydalı fikirler üretme kapasitesini ifade eder. Farklı düşünme, geniş bir yelpazede çeşitli olasılıkları araştırmayı sağlarken, yakınsak düşünme en uygun seçenekleri seçmeye ve geliştirmeye odaklanır. Rhodes'un 1961'de ortaya koyduğu Dört P çerçevesi (Kişi, Süreç, Ürün ve Çevre) teorileri, yaratıcılığın bireyler, süreçler, sonuçlar ve çevresel etkileşimler arasındaki dinamik ilişkilerden kaynaklandığını vurgular (Rhodes, 1961). Bununla birlikte, Guilford'un Zeka Yapısı modeli, yaratıcılığın tek başına bir beceri olmadığını, akıcılık, esneklik, özgünlük ve detaylandırma gibi çeşitli entelektüel yeteneklerin kombinasyonu olarak tanımlamaktadır (Runco & Jaeger, 2012; Guilford, 1950).

Beslenme alanında yaratıcılık, genel sağlık sonuçlarını iyileştirmek, diyet uygulamalarını geliştirmek ve yetersiz beslenmeyle mücadele etmek için yenilikçi yöntemler geliştirmeyi kapsamaktadır. Beslenmeyle ilgili bu yaratıcılık aynı zamanda, kültürel, sosyal ve ekonomik faktörleri dikkate almayı gerektiren bütüncül bir yaklaşımla ele alınır. Örneğin, kişiselleştirilmiş beslenme yöntemlerinin geliştirilmesi hem teorik olarak özgünlük ilkelerini hem de pratikte kişiye özel çözümler sunmaya odaklanır (de Toro-Martín et al., 2017). Bununla birlikte, diyet değerlendirmelerinde teknolojinin yaratıcı bir şekilde kullanımı, yeniliklerin beslenme araştırmalarının hem doğruluğunu artırdığını hem de daha etkin sonuçlara ulaşmayı mümkün kıldığını göstermektedir (Illner et al., 2012).

Sorun Tanımlama ve Çözüm Süreçleri: Sorun çözme süreçleri, çözümlerin hem etkili hem de sürdürülebilir olmasını sağlamak için sorunun doğru bir şekilde tanımlanıp değerlendirilmesine bağlıdır. Bu noktada, Polya'nın Dört Adımlı Modeli olan sorunu anlama, plan oluşturma, planı uygulama ve sonuçları değerlendirme gibi yapılandırılmış yöntemler sorun çözmeye rehberlik eder. Özellikle karmaşık problemlerde, sorunu net bir şekilde tanımlamak ve anlamak, farklı disiplinlerden gelen bilgileri bir araya getiren çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir (Jonassen, 1997; Polya, 1945).

Beslenmede problem çözme, genellikle yetersiz besin alımı, halk sağlığındaki beslenme sorunları ve beslenme ile ilişkili kronik hastalıkların artan yaygınlığı gibi farklı konuların ele alınmasını içerir. Özellikle, risk altındaki topluluklarda yetersiz beslenmeyi tespit etmek, yalnızca besin eksikliklerini anlamayı değil, aynı zamanda sosyoekonomik sorunları ve kültürel tercihleri de dikkate almayı gerektirir (Baugreet et al., 2017). Son yıllarda, yüksek risk taşıyan grupları ve beslenme yetersizliklerini belirlemek için veri analitiği kullanımı önemli bir gelişme olmuştur. Bu teknolojiler, kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetimi için hedefe yönelik çözümler geliştirilmesinde etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Ray, 2019).

2.5. Beslenme ve Diyetetikte Yenilikçi Çözümler

Beslenme ve diyetetik alanında yenilikçi çözümler, mevcut zorlukları değerlendirmek ve son teknolojik ilerlemeleri kullanarak etkili çözümler geliştirmek için yaratıcılık ve problem çözme yeteneklerini bir arada uygulamayı içerir. Örneğin yeni bir alan olan kişiselleştirilmiş beslenme, bireye özel diyet önerilerini sunmak için nutrigenomik, metabolomik ve mikrobiyota analizi gibi ileri teknolojileri entegre eder. Bu yenilikler, biyoloji, bilgisayar bilimi ve klinik beslenmeden gelen elde edilen bilgilerle disiplinler arası işbirlikçi olarak problem çözmeyi gerektirir (de Toro -Martín et al., 2017).

Yaratıcı çözümler, aynı zamanda obezite ve mikro besin eksiklikleri gibi halk sağlığı sorunlarının çözümüne de katkı sağlamaktadır. Örneğin, A vitamini, demir gibi besin öğeleri eksikliklerini en aza indirmek amacıyla güçlendirilmiş gıdalar ve biyomühendislik ürünü besinler geliştirilmektedir. Bununla birlikte, sağlıklı beslenme alışkanlıklarını teşvik etmek için beslenme eğitiminde etkili bir yöntem olan oyunlaştırma gibi yenilikçi eğitim yöntemleri geliştirilmektedir (Ray, 2019).

Teknolojik gelişmeler, mobil uygulamalar ve giyilebilir sensörler sayesinde besin alımını ve besin tüketimini gerçek zamanlı izlemeyi mümkün kılarak beslenme değerlendirmede önemli bir dönüşüm sağlanmıştır. Bu yenilikler, beslenme anketlerinde hatırlatma gibi sorunları ortadan kaldırırken aynı zamanda sağlık profesyonellerine daha güvenilir veriler sunmaktadır (Illner et al., 2012).

Beslenme ve diyetetik alanındaki ilerleme, yaratıcı düşüncenin, sistematik problem çözmenin ve son teknoloji yeniliklerin bir arada ele alınmasıyla ilerletilir. Bu ilkeleri uygulayarak, beslenme ve diyetetik alanındaki acil sorunların ele alınması ve küresel sağlık sorunlarının iyileştirmesi sağlanmaktadır.

3. Araştırma ve Keşif Süreçleri

Araştırma, bilgi elde etme aracı olarak bilginin üretilmesine ve bilimin oluşmasına yardımcı olmaktadır. Araştırma ve bilim birbiriyle ilişkili olup bilgilerin çoğunluğu araştırma vasıtasıyla elde edilmektedir (Kaptan, 1995; Karasar, 2005; Ekinci, 2018). Bilgiye erişimin çeşitli yolları bulunmaktadır. Bu erişimler doğrudan olabildiği gibi dolaylı yoldan da olabilmektedir. Bu erişim türlerine kütüphane, yazar ve online erişim şeklinde örnekler verilebilir (Sarı, 2019).

3.1. Bilimsel Araştırma Süreci

Bir araştırmada en önemli aşama, araştırma konusunun belirlenmesi ve tanımlanmasıdır. Sonrasında çalışmanın fonksiyonel araştırma amaçları belirlenmeli, hipotezler oluşturulmalı, evren ve örneklem belirlenmelidir. Daha sonra literatür taranmalı, araştırma yöntemi belirlenmeli, veriler toplanmalı, veriler analiz edilmelidir. En sonda ise bulguların elde edilmesi ve raporlaştırılarak çalışmanın yayımlanması aşamaları yer almaktadır (Punch, 2006; Ekinci, 2019).

Hipotez kurmak, doğruluğuna inanılan düşünce ve tecrübelere dayalı test edilebilir ifadeler kurmaktır (Carin, 1993). Hipotezler değişkenler arasındaki ilişkilerin tahminleri olarak ifade edilmektedir. Başka bir deyişle hipotez planlı kurallı bir tahmindir (Abrucato, 2000). Hipotezlerin test edilebilir olması hipotezlerin en önemli özelliklerini oluşturmaktadır. Hipotez, tasarlanacak araştırmaya yol göstermeli ve elde edilecek verilere rehberlik edebilmelidir.

3.2. Bilimsel Kaynakların Kullanımı

Literatür taraması: Literatür tarama daha önceden elde edilen kaynakları inceleyerek veri toplamadır. Çeşitli alanlarda var olan kitap, dergi, makale gibi çalışmaların tamamı literatürü oluşturur (Dışpınar, 2013). Araştırmacı bir araştırma problemini belirlemeden önce bir ön literatür taraması yapmalı ve problemi oluşturduktan sonra bu problemle ilgili literatür araştırmasını ayrıntılandırmalı ve detaylı şekilde inceleme yaparak problem ile ilişkilendirmelidir. Yani araştırmacı, araştırma konusunu belirledikten sonra o konuda yapılmış önceki araştırmaları bilmek durumundadır (Çolak, 2012). Çünkü araştırma, bilginin eklenerek geliştirildiği birikimli bir süreci ifade etmektedir. Literatür taraması; veri toplama, verilerin değerlendirilmesi, verilerin problemle bağlantısının kurulması ve yorumlanmasından oluşan bir süreçtir (Sargın, 2016).

Literatür kaynak türleri ve tarama sistemleri: Bilgi edinmek amacıyla yararlanılan kaynaklara bilgi kaynakları denir. Kaynak taraması

ön kaynak taraması ve detaylı kaynak taraması olarak sınıflandırılabilir. Ön kaynak taraması, bir araştırma konusunun ayrıntılı olarak başlıklarını belirleyebilmek için o konu hakkında fikir sahibi olmayı gerektirir. Detaylı kaynak taraması ise araştırma konusu ile ilgili en önemli kaynakların yerinin ve nasıl ulaşılabileceğinin belirlenmesi ile yapılmaktadır (Çolak, 2012; Sargın, 2016). Kaynaklara ulaşmada anahtar sözcüklerden yararlanılır. Sonra ilgili veri tabanına ulaşmaya çalışılır (Çolak, 2012; Sargın, 2016). İndeksler tarandığında makale adı, yazarı ve yayınlandığı yer bilgilerine ulaşılmış olur (Soyer, 2016).

Kaynaklar kendi arasında birincil ve ikincil kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Birincil kaynaklar orijinal kaynaklardır (Sargın, 2016). Özgün makale dergileri, çeşitli sunumlar (kongre, sempozyum, çalıştay), bilimsel raporlar, patentler, tezler, kitaplar vb. birincil kaynaklardır. İkincil kaynaklar ise kuramsal ve ampirik nitelik özelliği gösteren önceki birincil kaynakların bir sentezi olup, ansiklopedi ve dergilerde yer alan makalelerdir (Çolak, 2012; Sargın, 2016)

Kütüphaneler-kitaplıklar: Kütüphaneler birçok üniversitede bulunmak üzere çoğunlukla bilgiye ulaşma amacıyla kullanılmaktadır. Kütüphaneler sayesinde kitaplara, arşivlere vb. önemli bilgilere erişim sağlanmaktadır. Günümüzde çoğunlukla web üzerinden erişilebilen e- kütüphaneler de bulunmaktadır (Soyer, 2016). Yapılması planlanan araştırmanın daha iyi belirlenmesi ve belirlenen araştırma konusunda daha önce var olan araştırmaların bulunabilmesi için kütüphanede indekslere, veri tabanlarına, dergilere, süreli yayınlara vb. diğer kaynaklara başvurulur (Çolak, 2012; Sargın, 2016).

Arşivler: Arşivler genellikle basılı olmayan raporlar, anılar, kayıtlar gibi belgelerin bulunduğu birimlerdir. Bu belgeler araştırmacılara doğrudan açık olmayıp, özel izin alma gerekliliği bulunmaktadır (Soyer, 2016).

Kitaplar: Kitaplar, daha önceden yapılan araştırmalara ulaşımı sağlayan en önemli kaynaklardan birisidir. Üniversite kütüphaneleri başta olmak üzere milli kütüphane, kuruluşların kütüphaneleri ve diğer kütüphanelerden bu kaynaklara ulaşılabilmektedir (Çolak, 2012).

Dergiler: Dergiler araştırmacılar için önemli başvuru kaynaklarıdır. Dergiler daha önce yapılmış araştırmaları, araştırmada kullanılan yöntemleri, bulguları, araştırma sonuçlarını verirler. Dergiler araştırmacılar için güncel bilgiler sunarlar (Çolak, 2012).

Tezler: Türk üniversitelerinde yapılan yüksek lisans, doktora, tıpta uzmanlık vb. tezler ile ilgili bir veri tabanı bulunmaktadır. Yerli ve yabancı

okuyucuların tezlere ulaşımı sağlanabilmektedir (Çolak, 2012; Sargın, 2016).

Elektronik ortamda literatür tarama: Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojileri kapsamında kullanılan yaygın araçlar bilgisayarlardır. Bir dosyadan diğerine erişim etkin bağlantılar yardımıyla gerçekleşmektedir. Google Chrome, Microsoft Internet Explorer ve Mozilla Firefox gibi tarayıcılar aracılığıyla bu sitelere erişilmektedir. İnternette araştırma yaparken kullanılacak anahtar sözcük önemlidir. Bu durumda olabildiğince yalın sözcükler seçilmesine özen gösterilmelidir (Ekinci, 2019).

Konu katalogları: Konu kataloglarında çoğunlukla alfabetik, kronolojik vb. kriterlere göre bilgiler olabildiğince kataloglara bölünür. Bu tür arama sistemleri, konu başlıklarına ve alt başlıklara ulaşılabilmeyi sağlar (Çolak, 2012; Sargın, 2016).

Arama motoru: Arama motorları ile sorgulamalar yapılarak veriler toplanır. Arama sistemleri web sayfalarını otomatik bir şekilde aramakta ve indeksler oluşturmaktadır. Bu indeksler üzerinden arama, seçilen bazı anahtar kelimeler ile yapılabilmektedir (Çolak, 2012).

Dijital bilgi kaynakları: Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimiyle birlikte bilgi kaynakları basılı ortamla beraber dijital ortamlarda da sunulmaya başlanmıştır. Bundan dolayı dijital kütüphane, sanal kütüphane vb. kavramlar ortaya çıkmıştır. Bunlardan dijital kütüphane, en yaygın olarak kullanılan kavramdır. Elektronik kitap ise geleneksel kitap özellikleri dikkate alınarak, dijital teknolojilerden yararlanılarak hazırlanan ve çeşitli dijital araçlarla görüntülenebilen kitap olarak tanımlanmaktadır (Özel, 2016).

Veri Analizi, Sonuçların Paylaşımı ve Çalışmanın Yayınlanması: Araştırmanın konusuna göre dokümanın seçimi yapılmalı, seçilen dokümanın sınırlaması yapılmalı ve incelenecek olan kısımları belirlenmelidir. Sonrasında dokümanın orijinalliği kontrol edilmelidir. Dökümanın analizi için kategoriler oluşturulmalıdır. Son olarak da veriler analiz edildikten sonra elde edilen bulguların raporda kullanılması, yorumlamaların yapılması ve çalışmanın yayınlanması süreci gelmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2016).

4. SONUÇ

Toplum sağlığının korunması, hastalıkların önlenmesi ve beslenme kalitesinin artırılması açısından Beslenme ve diyetetik alanında araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri kritik bir rol oynamaktadır. Bireylerin beslenme gereksinimlerini günümüzde bilimsel ve teknolojik ilerlemeler sayesinde daha iyi anlamak ve bu doğrultuda kişiselleştirilmiş çözümler

sunabilmektedir. Beslenme biliminde Ar-Ge faaliyetleri, diyetle ilişkili hastalıkların önlenmesine yönelik bireyselleştirilmiş beslenme stratejilerinin geliştirilmesinden fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine, gıda güvenliğinin arttırılmasına, beslenmeye dayalı sağlık teknolojilerinin ilerletilmesi gibi alanlarda genişçe yer almaktadır. Fonksiyonel gıdalar, prebiyotik ve probiyotik destekler gibi beslenme alanındaki Ar-Ge faaliyetleri, sağlık üzerindeki olumlu etkileriyle dikkat çekmektedir.

Beslenme ve diyetetikte Ar-Ge çalışmaları multidisipliner yaklaşımlarla bireylerin sağlıklı yaşam sürmelerine destek olarak toplum sağlığını destekler. Günümüzde yaygınlaşan yapay zeka uygulamaları ve dijital sağlık teknolojileri ile birlikte beslenme ve diyetetikte Ar-Ge çalışmaları ve yatırımları gelecekte daha ileri seviyelere taşınması beklenmektedir. Bilimsel çalışmaların desteklendiği Ar-Ge faaliyetleri beraberinde toplumsal bilgi aktarımı projeleri ile desteklendiğinde toplum sağlığı ve sürdürülebilir beslenme alışkanlıkları için kalıcı çözümler sunacaktır.

5. Kaynaklar

- Abruscato, J., (2000). Teaching Children Science, Allyn and Bacon, Needham Heights, M:A. 37-52.
- Bahishti, A. A. (2022). The Vital Role of Research Methodology in Addressing the Research Questions. *International Journal of Methodology*, 1(1), 1-1.
- Baugreet, S., Hamill, R., Kerry, J., & McCarthy, S. (2017). Mitigating Nutrition and Health Deficiencies in Older Adults: A Role for Food Innovation? *Journal of Food Science*, 82(4), 848-855.
- Bell, D. (2006). The Next Space Race: The Push to Develop Space for Space Tourism and Industrial Applications. *Space Policy*, 22(2), 88-90.
- Bruinsma, J. (2003). World agriculture: Towards 2015/2030: An FAO perspective. Earthscan.
- Carin, A. A., (1993). Teaching Science Through Discovery. Toronto: Macmillan Publishing Company 3-17.
- Chatburn, R. L., & MHHS, R. (2017). Basics of study design: Practical considerations. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 84(9 suppl 2), e10-e19.
- Chen, J. (2017). Theory of firm innovation system, Science Publisher.
- Chen, J., et al. (2019). Innovation and innovation management. The Routledge companion to innovation management, Routledge: 3-16.
- Çelik, A. (2020). “Türkiye’de Teknoloji Yatırımların Ekonomik Büyüme Ve İhracat Üzerindeki Etkisi: Sanayi 4.0 Bağlamında Bir Uygulama.” *Sakarya İktisat Dergisi* 9(1): 1-22.
- Çolak, R., (2012). Literatür Taraması Nasıl Yapılır?, Samsun.
- Dışpınar, D., (2013). Akademik Yazım ve Sunum Teknikleri. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- DiPietro, N. A. (2010). Methods in epidemiology: observational study designs. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 30(10), 973-984.
- Ekinci, C.E., (2018). Fen ve Mühendislik Bilimleri için Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Elazığ: Fırat Akademi Yayıncılık.
- Ekinci, C.E., (2019). Fen ve Mühendislik Bilimleri için Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Data Yayınları, Ankara.
- Freeman, C. (1994). The Economics of Technical Change. Cambridge University Press.
- Gavino, G. F. O., Nolasco-Mamani, M. A., Quispe-Quezada, U. R., & Díaz, R. R. F. (2023). Improving The Scientific Research Methodology’s Component Parts for Language Teaching. *World*, 13(6).
- Gedik, Ö. (2024). “Sağlık ve Endüstri 4.0.” *Sağlık Yönetiminde Teknolojik Yaklaşımlar-I*: 95.

- Goddard, M., Smith, P. C., & Jacobs, R. (2010). *Performance Measurement in Health Care: Concepts and Applications*. Cambridge University Press.
- Godin, B. (2008). *Innovation: The History of a Category*. Project on the Intellectual History of Innovation.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444-454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Hu, F. B. (2003). Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: an overview. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 544S-551S.
- Illner, A., Freisling, H., Boeing, H., Huybrechts, I., Crispim, S., & Slimani, N. (2012). Review and Evaluation of Innovative Technologies for Measuring Diet in Nutritional Epidemiology. *International Journal of Epidemiology*, 41(4), 1187-1203.
- Jacobsson, S., & Bergek, A. (2004). Transforming the Energy Sector: The Evolution of Technological Systems in Renewable Energy Technology. *Industrial and Corporate Change*, 13(5), 815-849.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional Design Models for Well-Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-94.
- Kainulainen, S. (2024). Research and Development (R&D). *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, Springer: 5957-5959.
- Kaptan, S., (1995). *Bilimsel Araştırma ve İstatistik Teknikleri*, Ankara: Rehber Yayınevi.
- Karasar, N., (2005). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kier, K. L. (2011). Biostatistical applications in epidemiology. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 31(1), 9-22.
- Lilli, C., Biggeri, A., Zingaretti, C., Vertogen, B., Frassinetti, V., Vespignani, R., . . . Pazzi, C. (2021). Is it possible to conduct clinical trials during a pandemic? The example of a trial of hydroxychloroquine. *Epidemiologia e Prevenzione*, 45(1-2), 28-36.
- Lu, C. Y. (2009). Observational studies: a review of study designs, challenges and strategies to reduce confounding. *International journal of clinical practice*, 63(5), 691-697.
- Maden, S. I. and D. Kutgi (2019). “Yenilik Politikalarında Yaşanan Küresel Dönüşümler ve Türkiye’de Paradigma Değişimleri.” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi* 1(47): 165-180.
- Mattila-Sandholm, T., & Saarela, M. (2003). *Functional dairy products*. Woodhead Publishing.
- Mazzucato, M. (2013). *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press.

- Mowery, D. C., & Nelson, R. R. (1999). *Sources of Industrial Leadership: Studies of Seven Industries*. Cambridge University Press.
- Munnangi, S., & Boktor, S. W. (2017). Epidemiology of study design.
- Nelson, R. R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press.
- Noordzij, M., Dekker, F. W., Zoccali, C., & Jager, K. J. (2009). Study designs in clinical research. *Nephron Clinical Practice*, 113(3), c218-c221.
- OECD (2015). "Frascati Manual 2015." from https://www.oecd.org/ko/publications/frascati-manual-2015_9789264268111-ko.html.
- OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*.
- Ordovas, J. M. (2006). Nutrigenetics, nutrigenomics, and personalized nutrition. *Personalized Medicine*, 3(3), 231-235.
- Özel, N., (2016). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Etkisiyle Değişen Bilgi Kaynakları, Hizmetleri ve Öğrenme Ortamları. *Milli Eğitim Dergisi*, Sayı: 209, ss:270-294.
- Pavitt, K. (2005). *Innovation Processes*. In *Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.
- Pekcan, G. (2008). Beslenme durumunun saptanması. *Diyet El Kitabı*, 726, 67-141.
- Pinart, M., Nimptsch, K., Bouwman, J., Dragsted, L. O., Yang, C., De Cock, N., . . . Lombardo, R. (2018). Joint data analysis in nutritional epidemiology: identification of observational studies and minimal requirements. *The Journal of nutrition*, 148(2), 285-297.
- Polya, G. (1945). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.
- Popp, D. (2011). Innovation and Climate Policy. *Annual Review of Resource Economics*, 3, 419-434.
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press.
- Punch, K. F., (2006). *Developing effective research proposals*. London: Sage.
- Ray, S. (2019). The NNEdPro Global Centre for Nutrition and Health: A Consolidated Review of Global Efforts Towards Medical and Healthcare-Related Nutrition Education. *Nestlé Nutrition Institute Workshop Series*, 92, 143-150.
- Regnault, A., Willgoss, T., Barbic, S., & Group, I. S. f. Q. o. L. R. M. M. S. I. (2018). Towards the use of mixed methods inquiry as best practice in health outcomes research. *Journal of patient-reported outcomes*, 2(1), 19.
- Rhodes, M. (1961). An Analysis of Creativity. *The Phi Delta Kappan*, 42(7), 305-310.

- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92-96.
- Saarela, M., Mogensen, G., Fondén, R., Mättö, J., & Mattila-Sandholm, T. (2002). Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. *Journal of Biotechnology*, 84(3), 197-215.
- Sargın, S.A., (2016). Fen Bilgisinde Literatür Araştırma Teknikleri-Ders Notları.
- Sarı, S.E., (2019). Araştırma ile İlgili Bilgi Toplama Yolları: Bilgi Kaynakları ve Erişim.
- Schilling, M. A. (2010). *Strategic Management of Technological Innovation*. McGraw-Hill.
- Schleicher, A. (2018). *World Class: How to Build a 21st-Century School System*. OECD Publishing.
- Scrimshaw, N. S., & Young, V. R. (1976). *Nutrition and Agricultural Development: Significance and Potential for the Tropics*. Plenum Press.
- Smajic, E., Avdic, D., Pasic, A., Prcic, A., & Stancic, M. (2022). Mixed methodology of scientific research in healthcare. *Acta Informatica Medica*, 30(1), 57.
- Soyer, T., (2016). Araştırmalarda Kaynak Kullanımı, Ölçme ve Değerlendirme, Akademik Yükselme ve Atanma Ölçütleri. *Çocuk Cerrahisi Dergisi* 30 (1):21-26.
- TC 12. KALKINMA PLANI : https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_17112023.pdf
- Toro-Martín de, J., Arsenault, B., Després, J., & Vohl, M. (2017). Precision Nutrition: A Review of Personalized Nutritional Approaches for the Prevention and Management of Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 9(8), 913.
- TÜBİTAK (2011). “Ulusal Gıda Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi.” from https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/202310/Ek3_Ulusal_Gida_ArGe_Yenilik_Stratejisi.pdf
- “Ulusal Yenilik Stratejileri 2008-2010.” from https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/ulusal_yenilik_stratejisi_2008_2010.pdf.
- Ülker, İ., & Çamli, A. (2023). Beslenme ve Diyetetik Uygulamalarında Yapay Zeka. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 51(2), 76-84.
- Yang, W., Zilov, A., Soewondo, P., Bech, O. M., Sekkal, F., & Home, P. D. (2010). Observational studies: going beyond the boundaries of randomized controlled trials. *Diabetes research and clinical practice*, 88, S3-S9.
- Yıldırım, A.,& Şimşek, H., (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin.

Zhang, L., et al. (2012). “Empirical research on the relationship between scientific innovation and economic growth in Beijing.”

Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Ar-Ge ve İnovasyon

Kübra Ataş¹

Ceyhun Topcuoğlu²

Erhan Kızmaz³

Özet

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon (FTR), hareket ve fonksiyon kayıplarının giderilmesi, fiziksel kapasitenin artırılması ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesine yönelik kanıta dayalı müdahaleler sunan kapsamlı bir sağlık bilim dalıdır. FTR alanındaki araştırma-geliştirme (Ar-Ge) ve inovasyon faaliyetleri, yeni değerlendirme ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi, mevcut yöntemlerin klinik etkinliğinin sistematik olarak araştırılması ve teknolojik yeniliklerin entegrasyonunu kapsamaktadır. FTR’de yürütülen Ar-Ge çalışmaları, robotik rehabilitasyon, yapay zekâ destekli uygulamalar, sanal gerçeklik ve tele-rehabilitasyon gibi modern teknolojilerin klinik uygulamalara adaptasyonunu sağlayarak tedavi etkinliğini, hasta güvenliğini ve erişilebilirliği artırmaktadır. Türkiye’de gerçekleştirilen Ar-Ge ve inovasyon projeleri, afet sonrası rehabilitasyon, ampute bakımı ve farklı hasta gruplarına yönelik özelleştirilmiş müdahaleler gibi uygulamalarla hem sağlık hizmetlerinin kalitesine hem de ekonomik büyümeye katkı sunmaktadır. Tarihsel süreçte, 19. yüzyıldan günümüze FTR’de bilimsel temelli tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi, mesleki dernekler ve akademik kurumların kurulması, disiplinler arası eğitim programları ve teknolojik yeniliklerin entegrasyonu ile meslek ulusal ve uluslararası düzeyde standartlara taşınmıştır. Günümüzde FTR’de Ar-Ge ve inovasyon, kronik hastalıkların önlenmesi, ergonomik düzenlemeler, tele-rehabilitasyon ve teknoloji temelli rehabilitasyon uygulamaları ile sağlık,

- 1 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü. Tunceli, Türkiye. kbrsgr46@gmail.com ORCID: 0000-0003-4165-5129
- 2 Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü. ceyhuntoptcuoglu1@gmail.com ORCID: 0000-0001-5823-0851
- 3 Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü erhankizmaz@hotmail.com ORCID: 0000-0003-1973-4146

eğitim, spor ve topluma çok boyutlu katkılar sağlamaktadır. Ayrıca bu süreçler, ulusal ve uluslararası rekabet gücünün artırılmasında ve mesleğin sürdürülebilir gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır.

1. GİRİŞ

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon (FTR), çeşitli fonksiyonel kayıp ve fiziksel yetersizliğe neden olan hastalıklarda hareket ve fiziksel fonksiyon bozukluklarının ortadan kaldırılması veya iyileştirilmesi, hareketin ya da günlük yaşamda kişinin tekrar bağımsız olması için, hastalık durumları dışında ise kişilerin fiziksel aktivitelerini düzenlemek ve hareket kabiliyetlerini arttırmak ve bireylerin yaşam kalitesinin artırılması için kanıta dayalı tedavi yöntemlerini uygulayan bir sağlık bilim dalıdır. Diğer bir deyişle hasta, engelli veya sağlıklı her yaş grubunda azalan veya kaybolan hareketliliğin tekrar kazandırılması, fonksiyonun iyileştirilmesi, aktivite eğitimleri ve yardımcı teknolojilerin kullanımını kapsamaktadır (Algun, 2013). Bilimsel bilginin gelişimi, yeni ve güncel yaklaşımların ortaya çıkması ile FTR uygulamaları da sürekli güncellenmektedir. FTR yardımcı cihazlar, elektroterapi yöntemleri, robotik teknolojiler, sanal gerçeklik vb. birçok teknolojiyi uygulamalarında kullanan bir alandır. Dolayısıyla bu teknolojilerin geliştirilmesi, geliştirilen yöntemlerin hastalarda kullanımının araştırılması ve etkili yöntemlerin kliniklerde kullanımının artırılması amacıyla pek çok araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) çalışması ve proje multidisipliner ekipler ve araştırmacılar aracılığıyla yürütülmektedir.

1.1. FTR’de Ar-Ge’nin Tanımı ve Önemi

Ar-Ge “insanlık, kültür ve toplum bilgisi dahil olmak üzere bilgi stoğunu artırmak ve mevcut bilginin yeni uygulamalarını geliştirmek amacıyla yaratıcı ve sistematik olarak yürütülen çalışmalar” şeklinde tanımlanmaktadır (OECD, 2015). Bu tanım teknoloji, bilim ve sanayi alanlarında öne çıkan Ar-Ge’nin toplumsal ve kültürel katkıları da içerdiğini vurgulamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) sağlık alanında Ar-Ge’yi şöyle tanımlamıştır: “Sağlık araştırma ve geliştirme, insan sağlığını koruma, teşhis, tedavi etme ve iyileştirme amacıyla gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların tümünü kapsar. Bu çalışmalar, ilaçlar, biyoteknolojik ürünler, tıbbi cihazlar ve sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmayı hedefleyen stratejilerle ilgilidir (World Health Organization, 2020).” Sağlık bilimlerinin önemli bir paydaşı olan FTR alanında da Ar-Ge alana özgü problemlere yönelik hedeflerle bilimsel temelli yenilikçi çözümler geliştirmeyi ve bu çözümleri uygulamalı olarak hayata geçirmeyi amaçlar. Dünya Fizyoterapi Konfederasyonu (World Confederation for Physical Therapy- WCPT), fizyoterapi alanında Ar-Ge’yi

şu şekilde tanımlamıştır: “Fizyoterapi araştırma ve geliştirme çalışmaları, insan fonksiyonlarının iyileştirilmesi ve korunmasına yönelik bilimsel bilginin üretilmesi, değerlendirilmesi ve uygulamaya konulması süreçlerini içerir. Bu çalışmalar, kanıta dayalı tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi, klinik uygulamaların optimize edilmesi ve hastaların yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen yeni yöntemlerin keşfini kapsar (World Confederation for Physical Therapy, 2017).” Türkiye Fizyoterapistler Derneği ise “FTR alanında Ar-Ge, hastalık, yaralanma veya yaşlanma sonucu oluşan hareket ve fonksiyon kayıplarını gidermeye yönelik yeni değerlendirme, tedavi ve rehabilitasyon yöntemlerinin geliştirilmesi, kanıta dayalı uygulamaların yaygınlaştırılması ve bu yöntemlerin klinik etkilerinin araştırılmasını içerir (Türkiye Fizyoterapistler Derneği, 2020)” şeklinde bir tanımlama yapmıştır.

FTR alanında Ar-Ge, bu disiplinin gelişmesine, kanıta dayalı uygulamaların yaygınlaşmasına, tedavi yaklaşımlarının etkinliğinin artırılmasına ve teknolojik yeniliklerin entegrasyonuna olanak tanınması açısından önemli yer tutmaktadır. Bu alanda yapılan Ar-Ge çalışmaları, yeni tedavi tekniklerinin geliştirilmesi, bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının benimsenmesiyle fizyoterapistlerin hastalarına daha etkili tedaviler sunabilmesini ve rehabilitasyon hizmetlerinin kalitesinin artırılmasını sağlar. Rehabilitasyon süreçlerine yeni teknolojilerin (robotik rehabilitasyon, sanal gerçeklik, yapay zeka destekli tedaviler gibi) entegre edilmesi, alanda teknolojinin etkin kullanımını ve tedavi süreçlerinin daha verimli olmasını sağlar (Dursun & Torlak, 2024; Kızmaz, 2024). Benzer şekilde teknolojinin ürünü olan tele-rehabilitasyon ve dijital sağlık uygulamaları, hastaların uzaktan tedaviye katılması, maliyetin azaltılması, çeşitli nedenlerle sağlık hizmetine erişim sağlayamayan hastalara ulaşılması açısından büyük bir avantajdır (Zengin Alpozgen et al., 2022). FTR sadece hastalıkların tedavisinde değil, aynı zamanda önleyici sağlık hizmetlerinin geliştirilmesinde de yer almakta, ergonomi, spor yaralanmalarını önleme ve yaşlı bireylerde düşme riskinin azaltılması gibi alanlarda yapılan Ar-Ge çalışmaları ile toplum genelinde daha sağlıklı bir yaşam tarzının teşvik edilmesini sağlamaktadır (Çalikuşu et al., 2023). Ayrıca uluslararası iş birliklerinin ve ortak projelerin geliştirilmesi ve bu sayede uluslararası standartlar oluşturularak dünya genelinde fizyoterapi hizmetlerinin kalitesi artırılması da Ar-Ge çalışmaları ile mümkündür.

FTR’de Ar-Ge’nin İnovasyon ve Rekabet Gücü Açısından Önemi

FTR Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları kurumlara ve ülkemize rekabet gücü oluşturma açısından katkı sağlamaktadır. Yenilikçi tedavi yöntemlerinin geliştirilmesiyle klinik uygulamaların daha etkili ve hastaya özel olması sağlanır. İnovatif yaklaşımlar, sektördeki fizyoterapistlerin ve sağlık

kuruluşlarının rekabet gücünü artırır. Özellikle teknolojinin fizyoterapi alanında kullanılması, robotik rehabilitasyon cihazları veya giyilebilir teknoloji, yapay zeka destekli tedaviler (Kızmaz, 2024; Ravali et al., 2022), dijital sağlık uygulamaları gibi, sektördeki rekabet gücünü artırmada önemli bir faktördür. Ar-Ge sayesinde geliştirilen teknolojik cihazlar ve dijital sağlık uygulamaları, tedavi süreçlerinin verimliliğini artırır ve sağlık hizmetleri sunan kuruluşların rekabetçi kalmasına olanak tanır (Turchetti et al., 2009). FTR alanında her hastanın farklı ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş tedavi yöntemlerinin oluşturulması, hastaların tedavi süreçlerine daha etkin katılımını sağlar ve klinik sonuçları iyileştirir. Kişiselleştirilmiş tedavi sunan kuruluşlar, bu alandaki rakiplerine göre öne çıkma fırsatına sahip olurlar. Fizyoterapi hizmetlerindeki kalite artışı ise kurumların rekabet gücünü artırırken uluslararası alanda ülkemizin sağlık turizmi açısından pazara alanını da genişletmektedir. Özellikle ileri teknolojiye sahip merkezler, alanında uzman ve iyi eğitilmiş fizyoterapistler ve görece ucuz hizmet sağlamasıyla ülkemiz uluslararası hastaları çekerek bu pazarda rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. FTR'nin rekabet gücünü artırmadaki bu potansiyel gücüne rağmen literatür incelendiğinde rekabet gücü oluşturma açısından FTR'nin ele alındığı spesifik çalışmalara rastlanamamaktadır.

FTR'de rekabet gücü oluşturan faktörlerden biri de kaliteli, uluslararası eğitim veren üniversitelerin varlığıdır (Algun, 2013). Ülkemizde FTR eğitimi veren üniversitelerin sayısı yıllar içinde artış göstermiş olup 2023 yılında ülkemizde FTR eğitimi veren 100 fakülte ve 6 yüksekokul olduğu belirlenmiştir. Bunlardan 53 tanesi devlet üniversitesi, 44 vakıf ve 9 KKTC üniversitesidir. Devlet üniversitelerinde 46 sağlık bilimleri fakültesi, 4 fizyoterapi/fizik tedavi ve rehabilitasyon fakültesi ve 3 de yüksekokul olduğu bulunmuştur. 2022 yılı kontenjan toplamı 3926'dır. Üniversitelerin yerleşen öğrencilerin puan ortalamalarına göre sıralaması; 2022 temel yeterlilik testine göre ilk 5 sırasıyla Hacettepe, Gazi, İstanbul, Ege, Marmara ve alan yeterlilik testine göre ise Hacettepe, Gazi, Ege, İstanbul ve Marmara Üniversitesi şeklindedir (Candiri, 2023). Ülkemizde İngilizce dilinde eğitim veren ondan fazla vakıf üniversitesi bulunmaktadır. Bu bölümlerin öğrencilerinin büyük bir kısmını çeşitli ülkelerden gelen yabancı uyruklu öğrenciler oluşturmaktadır. Burada sağlanan İngilizce dilinde ve kaliteli eğitim ülkemizin uluslararası alanda rekabet yeteneğine önemli bir katkı sağlamaktadır.

Ülkemizde FTR alanında lisans ve lisansüstü eğitimin kalitesinin ve standardizasyonunun sağlanması ve sürdürülmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeyde eğitim programlarının standardizasyonu için Yükseköğretim Kurulu tarafından FTR Ulusal Çekirdek Eğitim Programı (2016) geliştirilmiştir (Yükseköğretim Kurulu,

2016). Ayrıca eğitim programlarının Avrupa Kredi Transfer ve Biriktirme Sistemi ile uyumlu olması gerekmektedir. Ulusal ve uluslararası akreditasyon kuruluşları kalitenin sağlanmasında önemli yer tutar. Sağlık Bilimleri Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (SABAK) sağlık bilimleri alanında hizmet veren bu kuruluşlardan biridir. SABAK web sayfasında akredite olan programlar listesinde 26 FTR bölümü yer almakta olup bunların bir kısmının akreditasyon süresi bitmiş olarak görünmektedir (Sağlık Bilimleri Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği, 2024). FTR alanında ise Türkiye’de açılan 100’den fazla lisans programları arasında standardizasyonun optimal düzeyde sağlanabilmesi amacıyla akreditasyon ve kalite güvencesi çalışmalarının yürütülebileceği bağımsız bir dernek, FTR Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (FTRAD) (2023) kurulmuş ve faaliyete devam etmektedir (Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği, 2023). Dünyada ise Dünya Fizyoterapi Konfederasyonu (WCPT) tarafından akreditasyon sağlanmaktadır. Ülkemizde bu kuruluştan akredite olmuş iki bölüm (Hacettepe Üniversitesi ve Yeditepe Üniversitesi) bulunmaktadır (World Confederation of Physical Therapy, 2024).

FTR’de Ar-Ge Harcamaları, Ekonomik Büyüme ve Kalkınmadaki Rolü

Sağlık ve Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkileyen faktörler olduğu, bu alanlara gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde daha büyük bir bütçeler ayrıldığı görülmektedir (Demir, 2021). Ülkemizde teknoloji ve inovasyon uzun süre gelişmiş ülkelerden ithal edilmiştir. Zamanla Ar-Ge ve inovasyonun rekabetteki öneminin anlaşılması ve ithalde bazı sorunlar yaşanması nedeniyle özel kuruluşlar ve devlet Ar-Ge yatırımlarına önem vermiş ve teşvikleri artırmıştır. Vergi muafiyetleri, bürokratik işlemlerin azaltılmasının yanı sıra TÜBİTAK, KOSGEB, TTGV gibi kurumlar aracılığıyla finansal destek, eğitim ve danışmanlık da sağlanmaktadır. Ülkelerin Ar-Ge faaliyetlerine verdikleri önem gelişmişlik düzeyiyle ilişkili görülmekte, Ar-Ge harcamalarının gayrisafi yurt içi harcama (GSYİH) %2’den fazla olan ülkeler gelişmiş ülke grubunda yer almaktadır (Kaya, 2019). Ülkemizde Ar-Ge harcamaları yıllar içinde artmış, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2016 yılında Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki oranı %0,94’e çıkarken aynı yıl AB ülkeleri ortalaması %1,93 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2016). Bu oran 2022 yılında %1,32 iken, 2023 yılında %1,42 olmuştur. 2023 yılında 26 trilyon 545 milyar 722 milyon TL’lik GSYİH içinde 377 milyar 542 milyon TL Ar-Ge harcamaları gerçekleştirilmiştir. Ar-Ge harcamalarında en yüksek pay mali ve mali olmayan şirketler (%65,1) ve yükseköğretim kurumlarında (%30,0) görülmüştür.

Kâr amacı olmayan kuruluşlar ve genel devlet Ar-Ge harcamalarının payı ise %4,9 olmuştur. Ar-Ge harcamaları içerisinde personel harcamaları %52,5 ile en büyük harcama kalemini oluşturmaktadır (TÜİK, 2023). Sağlık alanında yapılan Ar-Ge harcamalarını araştıran çalışmalara bakıldığında güncel çalışmaların az olup 2014- 2017 yıllarının verilerine rastlanmaktadır. Yukarıda da 2016 yılının verisi verilmiş olup yıllar içinde bu verinin hızla değiştiği ve güncelliğini kaybettiği görülmektedir. Türkiye'deki sağlık harcamalarının ekonomik büyümeye olan etkisini inceleyen bir çalışmada kişi başına düşen sağlık harcamaları ile ekonomik büyüme arasında istatistiki olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğunu, uzun dönemde kişi başı sağlık harcamalarında meydana gelecek %1'lik artışın, kişi başı GSYİH'yi %0,412 oranında artıracığı bulunmuştur (Kızıl & Ceylan, 2018). Bir diğer çalışmada ülkemizde sağlık harcamalarında meydana gelecek %100'lük bir artışın GSYİH'da %8,9'luk ve Ar-Ge harcamalarında meydana gelecek %100'lük bir artışın ise GSYİH'da %1,3'lük bir artış yaratacağı belirlenmiştir (Demir, 2021). Sağlık alanında ve ayrıca FTR alanında Ar-Ge harcamalarını araştıran güncel çalışmalara ve gelecekteki süreci öngören çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sağlık Turizmi ve FTR

Dünya Ekonomi Forumu tarafından rekabet edebilirlik bir ülkenin üretkenlik seviyesini gösteren kurumların, politikaların ve faktörlerin bir bileşimi olarak tanımlanmaktadır. Sağlık hizmetlerinde ve turizmde rekabet edebilme gücü bir ülkede yakalanan sağlık hizmeti standardının seviyesi ile ilişkilidir. Sağlık sektörü serbest piyasa ekonomisinde getirisi yüksek bir hizmet olarak uluslararası pazarda yerini almış ve gelir kaynağı olarak ülkeler arası bir rekabet alanı olmuştur. Sağlık turizmde rekabet edebilirliğin temel dayanağı ülkenin sağlık sistemi ve sağlık koşullarıdır. Rekabet edebilir olmak firmaların sundukları hizmeti kaliteli, uygun maliyetlerde sağlamaları, rekabet edebilir fiyatlarla yerel ve uluslararası piyasalarda pazarlayabilmeleri demektir. Sağlık sistemi faktörlerinin etkin ve doğru alanlarda kullanılması verimliliğin artmasını sağlayacaktır.

Beş kademeli ülkelerin gelişmişlik düzeyi sınıflandırmasında Türkiye 2. Düzey olan etkinlik çeşikli ülke kategorisinden 3. Düzey olan yenilikçilik çeşikli ülke kategorisine geçiş aşamasındadır. Türkiye aynı seviye ülkelere göre büyük bir iç ve dış pazara sahipken iş gücü piyasası etkinliği, yüksek eğitim ve öğretim alanlarında zayıf kalmaktadır. Ülkemiz inovasyon açısından yetersiz olsa da özel sektörde sağlık tesisi işletmeciliği konusunda yetkindir. Az maliyet, yüksek memnuniyet, bekleme sürelerinin kısılgı ile öne çıkmaktadır. Küresel rekabet edebilirlik indeksinde ülkemizin en yüksek puan (7 üzerinden 6.6) aldığı alan sağlık olmaktadır. Türkiye'nin sağlık

turizminde global rekabet gücü yüksek bir ülke olduğu söylenebilir (Sağlık Turizmi Koordinasyon Kurulu, 2024) .

Sağlık turizminde yapılan harcamaların ABD’de 5,5 milyar dolar, Avrupa’da 3,5 milyar Euro olduğu görülmektedir. Sağlık turizminde destinasyonların Orta Doğu, Kuzey Amerika ve Batı Avrupa bölgelerinde yoğunlaştığı ve ülkemizin Asya ve Orta Doğu ilkelerinden tercih edilen ilk 10 ülke içinde olduğu görülmektedir. (Can, 2019: 35). Uluslararası Sağlık Hizmetleri A.Ş. (USHAŞ) belirttiği rakamlara göre 2022 yılında Türkiye’ye sağlık hizmeti alma amacıyla giriş yapan sağlık turisti sayısı 1,2 milyonu aşmıştır (USHAŞ, 2023). Ülkelerin dünya sağlık turizmi gelir sıralamasında ülkemiz 2019 ve 2020 yıllarında sırasıyla 1.013.000 \$ ve 347.000 \$ gelir ile ikinci ülke olmuştur. COVID 19 pandemisi nedeniyle 2020 yılında gelir miktarında dramatik bir düşüş (%66 gelir kaybı) görülmekle birlikte ülkemiz ikinciliği korumuştur. Yapılan bir çalışma ülkemizin sağlık turizmi sektöründeki rekabet avantajının ne kadar büyük olduğunu istatistiksel yöntemlerle ortaya koymaktadır (Kuşat & Esen, 2022).

Sağlık turizmi bireylerin yaşadıkları yer dışındaki yerlere tıbbi nedenlerle seyahatte bulunmaları olarak tanımlanmaktadır. Modern sağlık turizminin başlangıcı 1930’larda Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’nde olmuştur. 1960’larda yoga ve ayurvedik tedavinin meşhur olmasıyla Hindistan’a kaymıştır. 1997 Asya ekonomik krizi ile paralar değer kaybı yaşarken sağlık turizmine önemli yatırımlar yapılmış ve Tayland plastik cerrahi için tercih edilen bir merkez olmuştur. Tayland, Singapur ve Hindistan’daki kurumlar Junior Chamber International (JCI)’dan akreditasyon alarak gelişmiş ülkeler için meşru bir merkez haline gelmiştir. ABD merkezli bazı sigorta şirketleri farklı ülkelerdeki hizmetleri de karşılamaya başlamıştır. Sağlık turizminin geleceğinde tüm ülke ve sağlık sigortalarının akredite sağlık tesisi olmak koşuluyla sınır ötesi sağlık hizmeti masraflarının kabul edildiği dönemler olacaktır (Sağlık Turizmi Koordinasyon Kurulu, 2024)

Ülkemizde sağlık turizminin koordinasyon ve denetimi Sağlık Bakanlığına bağlı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulan Sağlık Turizmi Daire Başkanlığı tarafından sağlanmaktadır. Sağlık turizmi hizmeti veren kurumlara bakanlık tarafından “Uluslararası Sağlık Turizmi Yetki Belgesi” verilmektedir. Bu kurumlar arasında FTR işletmeleri de yer almaktadır. Bu kapsamda verilen hizmetler ileri yaş ve engelli turizmi, medikal turizm ve, termal turizm- SPA-wellnes şeklinde sınıflandırılmıştır. FTR hizmetleri bu üç kategoride de önemli yer tutmaktadır. İleri yaş ve engelli turizmi kategorisinde yaşlı bakımı hizmetleri (bakım evleri veya rehabilitasyon hizmetleri), klinik otelde rehabilitasyon hizmetleri, engelliler için özel bakım

ve gezi turları, ileri yaş meşguliyet terapileri, medikal turizm kategorisinde FTR, termal turizm ve SPA-wellnes kategorisinde kaplıca tedavileri, hidroterapi, fizyoterapi ve egzersiz hizmetleri verilmektedir (Sağlık Turizmi Koordinasyon Kurulu, 2024) .

Türkiye’de sağlık turizmi alanında yetkilendirilmiş FTR işletmelerince verilen hizmetlerin incelendiği bir çalışmada 2023 yılında 43 FTR işletmesine ve 40’ının web sayfasına ulaşılmıştır. Bu 40 işletmede verilen hizmetlere bakıldığında ortopedik rehabilitasyon (31) ve nörolojik rehabilitasyonun (31) öne çıktığı, pediatrik rehabilitasyon (16), romatolojik rehabilitasyon (14), el rehabilitasyonu (12), geriatric rehabilitasyon (9), ergoterapi (7), konuşma terapisi (6), kardiyopulmoner rehabilitasyon (6), spor rehabilitasyonu (6) ve onkolojik rehabilitasyonun (1) da hizmet verilen diğer alanlar olduğu görülmüştür. İşletmelerin 32’sinde yabancı dil desteği bulunmaktadır (Sarıpek & Sarıpek, 2023). Yetkilendirilmiş 14 konaklamalı fizik tedavi ve rehabilitasyon tesisinin incelendiği bir çalışmada bu merkezlerin otel konseptinde olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda kurumların web sitelerinin zenginleştirilmesi, engelli turistler için erişilebilir hale getirilmesi önerilmiştir (Sertgöz & Uymaz, 2022).

1.2. Ar-Ge’nin Tarihçesi

FTR’de Ar-Ge Faaliyetlerinin Geçmişten Günümüze Gelişimi

FTR’nin tarihi geçmişi 1900’lü ve hatta 1800’lü yıllara kadar dayanmaktadır. FTR ile ilişkili bilinen ilk merkez 1813’de İsveç’te kurulan “Royal Merkez Jimnastik Entitüsü”dür. Buradan yetişen kişiler ise Tıbbi Jimnastikçi olarak adlandırılmıştır. Daha sonra is 1894 yılında İngiltere’de “İngiliz Fizyoterapistler Derneği” kurulmuştur. İlerleyen yıllarda Avrupa’da Hollanda, Finlandiya, Danimarka, Fransa ve Almanya gibi ülkelerde de fizyoterapi dernekleri kurulmuştur. FTR’deki en önemli gelişme 19 yüzyılın başında, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’nde Poliomyelit (çocuk felci) epidemisinin başlaması ve fiziksel yetersizliği olan poliomyelitli çocukların ortopedistlerce tedavi edilmeye başlanması fizyoterapi hizmetlerinin başlangıcı olmuştur. 19. Yüzyılın ilk yarısında fizyoterapi masaj, manuel terapi ve egzersiz gibi daha geleneksel yöntemlerle sınırlı kalmıştır. Bu dönemde Ar-Ge faaliyetleri sınırlı ve kullanılan tedavi yöntemleri deneysel çalışmalar düzeyinde kalmıştır. Bu dönemdeki I. ve II. Dünya Savaşlarında, savaş yaralılarının rehabilitasyonuna duyulan ihtiyaç nedeniyle fizyoterapi önem kazanmıştır. I. Dünya Savaşı sırasında 1914’de, ilk fizyoterapi okulu Walter Reed Ordu Hastanesi’nde kurulmuş ve ardından yeni okullar da açılmaya başlanmıştır. Fizyoterapi uygulayan kişiler “Fiziksel

rekonstrüksiyon görevlisi”, “Rekonstrüksiyon yardımcısı”, uygulanan tedavi ise “Rehabilitasyon tedavisi” olarak kabul görmüştür. Amerika Fizyoterapi Derneği (APTA) 1921 yılında kurulmuş aynı yıl yeni tedavi yöntemlerinin gelişmesiyle ilk bilimsel makale yayınlanmıştır. Savaş sonrası 1930’da APTA fizyoterapiyi “Elektroterapi veya hidroterapi ile masaj ve terapatik egzersizlerin birlikte kullanımı” şeklinde tanımlanmıştır (APTA, 2016). Amerika, Avustralya (1939) ve Kanada (1946) gibi ülkelerde dernekler Avrupaya göre geç kurulmuş olsa da hızlı gelişme sağlamış ve fizyoterapi mesleğine öncülük etmişlerdir (Can, 2016).

Modern fizyoterapinin gelişimi 19. Yüzyılın ikinci yarısında hız kazanmış, fizyoterapi bilimsel bir disiplin olarak gelişmeye başlamıştır. Kas kuvvetini geliştirmeye yönelik tedaviler, ortopedik hastalıklara yönelik manuel terapi yaklaşımları gibi yeni tedavi yaklaşımları geliştirilmiş ve bunların mesleki gelişime önemli katkısı olmuştur. Elektroterapi ve hidroterapi gibi tedavi yöntemleri geliştirilmiş ve alandaki ilk teknolojik yenilikler olarak yer almıştır. Yeni tedavilerin yanı sıra bilimsel çalışmalar, kongreler ve akademisyenlik faaliyetleri de başlamıştır. Fizyoterapistler hastanelerin yanı sıra üniversitelerin sağlık merkezleri, geriatri merkezleri, okullar, rehabilitasyon merkezleri gibi farklı kurumlarda da çalışmaya başlamıştır. Yürütülen kongreler aracılığıyla 1951’de WCPT kurulmuştur. İlk WCPT kongresi 1953’te yapılmış ve sonraki yıllarda da yapılmaya devam edilmiştir. WCPT’ye bağlı “Avrupa Fizyoterapi Konfederasyonu” (1960) kurulmuş, WCPT’nin tüm dünyaya yayılması için 5 kıta üzerinde bölgesel yapılanmasına çalışılmış ve günümüzde 112 ülkeden üyeleri bulunan bir kuruluş olmuştur (Can, 2016).

İngiltere’de 1973’de fizyoterapistlerin mesleki otonomisi kabul edilmiş, fizyoterapi programının içeriği, süresi ve taburculuk kararı fizyoterapistlere verilmiş ve yasal sorumluluk getirilmiştir. Avusturya’da 1976’da fizyoterapistler, hastaların “ilk başvuru mercii olma” (*direct access*) hakkını elde etmiş ve bu uygulama zamanla birçok ülkede kabul görmüştür. 1980’lerden sonra fizyoterapistler FTR’de özelleşme alanlarında uzmanlaşmaya ve ayrıca anatomi, nöroanatomi, biyomekani kinezyoloji, nörofizyoloji, biyomühendislik ve nörobilim gibi konularda da lisansüstü eğitim alarak disiplinler arası çalışmalara başlamışlardır. Fizyoterapi lisans eğitiminin dört yıllık olması, programlarının standardizasyonu ve akreditasyonu için kılavuz çıkarılması ve meslekteki etik ilkelerin belirlenmesi, yüksek lisans ve doktora eğitim programlarının oluşturulması çalışmaları sırayla yürütülmüştür (Can, 2016).

Bu yıllarda geliştirilen tedavi yöntemleri fizyoterapinin temelini oluşturmuştur. Bazı yöntemler günümüzde hala etkin olarak kullanılırken

bazı yöntemler yeni tedavilerin geliştirilmesine ışık tutmuş ve güncellenmiştir. Yeni bilimsel bilgiler ışığında bazı yöntemlerin ise hataları keşfedilmiş ve artık tarihteki yerlerini almışlardır. Nörolojik ve pediatrik rehabilitasyonun en önemli tedavi yaklaşımlarından olan Bobath terapisi 1940'larda Alman Fizyoterapist Berta Bobath ve eşi nörolog Karel Bobath tarafından geliştirilmiştir. Bobath terapisinin (nörogelişimsel tedavi) etkinliği birçok bilimsel çalışmayla gösterilmiş olup günümüzde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Benzer şekilde etkisi bilimsel çalışmalarla gösterilmiş, hala yaygın olarak kullanılan ve araştırılan, nörolojik hastalıklardan sporcu rehabilitasyonuna kadar birçok alanda kullanılan bir teknik olan Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) tekniği 1940-50'lerde Dr. Herman Kabat ve Maggie Knott tarafından geliştirilmiştir. 1940'larda II. Dünya Savaşı'nın sonuçlarından biri olan el yaralanmaları ve savaş sonrası yaralı askerlerin rehabilitasyonunun desteklenmesi ihtiyacıyla protez kullanımı ve rehabilitasyonu, el terapisi gelişmiştir. Solunum fizyoterapisi alanında ilk yöntemler 1940'larda kullanılmaya başlanan postüral drenaj ve göğüs perküsyonu tekniklerine dayanmaktadır. 1950'lerde, Dr. Alvan L. Barach solunum tedavilerinde oksijen tedavisini klinik olarak kullanmaya başlamış ve pulmoner rehabilitasyonun temellerini atmıştır. 1960'larda ise Dr. Hellerstein ve Dr. Bernard Lown'un kalp krizi geçiren hastalarda egzersiz temelli rehabilitasyonu keşfetmeleri günümüz kardiyak rehabilitasyonunun temelini oluşturmuştur. Ortopedik rehabilitasyonun temellerini oluşturan manuel terapi teknikleri de tarihi geçmişe dayanmaktadır. Andrew Taylor Still 1874'te osteopatiji, Daniel David Palmer 1895'te Kayropraktik tedaviyi geliştirmiş ve modern manuel terapinin başlangıcı kabul edilmişlerdir. James Cyriax 1940'larda (Birleşik Krallık) modern ortopedik manuel terapi yöntemlerini (derin friksiyon masajı ve manipülasyon gibi) teknikler geliştirmiş ve yumuşak doku yaralanmalarının teşhisi ve tedavisinde öncü çalışmalar yapmıştır. Ardından 1950'lerde Freddy Kaltenborn tarafından (Norveç) Kaltenborn tekniği, 1960'larda Geoffrey Maitland tarafından (Avustralya) Maitland tekniği, 1980'lerde Brian Mulligan tarafından (Yeni Zelanda) Mulligan mobilizasyon tekniği geliştirilmiştir. Bu tekniklerin her biri de günümüzde kullanılmakta olup birçok eğitim ve bilimsel araştırmaya konu olmaktadır.

Teknolojideki gelişmeler FTR alanına da gereken katkıyı sağlamış, 1980'lerden itibaren elektronik tıbbi cihazların kullanımı yaygınlaşmıştır. Elektroterapi cihazları, ultrason, lazer tedavileri, bilgisayar destekli değerlendirme ve biyomekanik analiz sistemleri alanda yer edinmeye başlamıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde ise kanıta dayalı tıp anlayışının yaygınlaşmasıyla klinik araştırmalar, veri temelli yaklaşımlar, Ar-Ge faaliyetleri

oldukça artmıştır. Uygulanan tedavilerinin etkinliğinin değerlendirilmesi, yeni tedavi ve değerlendirme yöntemlerinin araştırılması, farklı hastalık gruplarına olan ilginin artması bu faaliyetlerdendir. Nörolojik, pediatrik, ortopedik rehabilitasyon gibi temel alanlarda bilimsel çalışmalar yürütülmüş, spor yaralanmaları, hayvan rehabilitasyonu, kanser, metabolik hastalıklar gibi birçok alanda fizyoterapistler çalışmaya başlamıştır. Dijital devrim ile birlikte yeni birçok teknolojik yöntem gelişmiş ve aktif olarak kullanılmaktadır. Robotik rehabilitasyon, sanal gerçeklik uygulamaları, giyilebilir cihazlar, tele-rehabilitasyon ve yapay zeka destekli tedavi yöntemleri gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir (Ravali et al., 2022). İlk geliştirilen robotik cihazlardan biri Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde 1990'larda geliştirilen "MIT-Manus" cihazıdır. İnme hastalarında fonksiyonel hareketin restorasyonunu hedefleyen cihaz hastaların el ve kol hareketlerini tekrar ederek hareket hafızasını yeniden oluşturmalarını sağlamıştır (Krebs et al., 1999). Nörolojik rehabilitasyonda kullanılan İsviçreli Hocoma şirketi tarafından geliştirilen Lokomat ise giyilebilir cihazların ilklerinden olmuştur. İlk tele-rehabilitasyon uygulamaları ise ev egzersiz programları sunmak için geliştirilmiş, video bağlantısı aracılığıyla uzaktan rehberlik sağlamıştır.

Mesleğin ülkemizde gelişimine bakıldığında 1961'de Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'nun kurulması başlangıç olmuştur. Ardından sırasıyla İstanbul Üniversitesi (1986), Dokuz Eylül Üniversitesi (1993), Pamukkale Üniversitesi (1995), Abant İzzet Baysal Üniversitesi (1996), Dumlupınar Üniversitesi (1997) ve Başkent Üniversitesi'nde (1998) FTR bölümleri açılmıştır. 1969'da Türkiye Fizyoterapistler Derneği (TFD) kurulmuş, 1973'te ise Fizyoterapi Rehabilitasyon Dergisi derneğin bilimsel yayın organı olarak yayın hayatına başlamıştır. TFD 1974 yılında WCPT üyeliğine, 1991 yılında da WCPT Avrupa üyeliğine kabul edilmiştir (Can, 2016).

Fizyoterapi derneklerinin kuruluşunun ardından FTR alanında özelleşme alanlarına özgü de birçok kuruluş kurulmuştur. WCPT de özelleşme alanlarında alt dernekler kurmuştur. En temel alt alan olan ortopediye özgü "Uluslararası Ortopedik Manipülatif Fizyoterapistler Federasyonu" olmak üzere "Uluslararası Yaşlılarla Çalışan Fizyoterapistler Derneği", "Uluslararası Spor Fizyoterapistleri Derneği", "Uluslararası Pediatri Fizyoterapistleri Derneği" kurulmuştur. 2011 yılında ise nöroloji, kardiyorespiratuar hastalıklar, hayvan uygulamaları, mental sağlık ve elektrofiziksel ajanlar alanlarında da dernekler WCPT çatısı altında yer almıştır. Benzer şekilde özelleşme alanlarında kuruluşlar ülkemizde de kurulmuş ve ülkemiz uluslararası derneklerin kuruluşunda da aktif rol oynamıştır. "Uluslararası Yaşlılarla Çalışan Fizyoterapistler Derneği"nin kuruluşunda Türkiye, Geriatri

Fizyoterapistleri Derneği diğer 5 ülke ile birlikte yer almıştır. Derneğin 3.dünya kongresi 2006’ da İstanbul’da gerçekleştirilmiş, 2007 yılında dernek başkanlığına Prof. Dr. Filiz Can seçilmiş ve dört yıl başkanlık görevini sürdürmüştür (Can, 2016).

FTR’de Öncü Araştırmalar ve Yenilikler

FTR sağlık alanında teknolojiyi yoğun şekilde kullanan, yeniliklere açık ve ihtiyaç duyan bir alandır. Yeni teknolojik araçlar, yöntemler hızla gelişmekte, hastalar üzerinde kullanımı bilimsel çalışmalarla araştırılmaktadır. Robotik teknolojiler, giyilebilir cihazlar, beyin-bilgisayar arayüzleri, yapay zeka uygulamaları (Kızmaz, 2024), tele-rehabilitasyon (Zengin Alpozgen et al., 2022) ve sanal gerçeklik (Dursun & Torlak, 2024; Kızmaz et al., 2024) uygulamaları bunların birkaç örneğidir. Teknolojik ve robotik yaklaşımları kullanımında inme, parkinson, multiple skleroz gibi nörolojik hastalıklar ön plana çıksa da pediatrik gruplar, sanal gerçeklik ve tele-rehabilitasyon için birçok çeşitli hastalık grubu da araştırmalara dahil edilmektedir. Aşağıdaki tabloda Avrupa Birliği tarafından desteklenen, cordis.europa.eu web sayfasında taranan, güncel projelerden bazı örnekler verilmiştir.

Tablo 1. Avrupa Birliği tarafından desteklenen güncel proje örnekleri

Fon Kaynağı	Proje Başlığı	Yıl
HORIZON 2020	ReHyb Rehabilitation based on Hybrid neuroprosthesis / Hibrit nöroprotez temelli ReHyb Rehabilitasyonu	2020-2024
HORIZON 2020	StrokeCare Mixed reality for upper-limb stroke rehabilitation /StrokeCare üst ekstremité inme rehabilitasyonu için karma gerçeklik	2021-2024
HORIZON 2020	ROSIA Remote Rehabilitation Service for Isolated Areas/ ROSIA İzole Bölgeler için Uzaktan Rehabilitasyon Hizmeti	2021-2025
HORIZON 2020	REMAp Adaptive and personalized neuromotor rehabilitation of persons with Multiple Sclerosis: from characterization to exploitation of residual sensorimotor abilities using a body-machine interface / REMAp Multipl Sklerozlu kişilerin uyarlanabilir ve kişiselleştirilmiş nöromotor rehabilitasyonu: bir vücut-makine arayüzü kullanarak karakterizasyondan kalıntı sensorimotor yeteneklerin kullanımı	2021-2023
HORIZON 2020	MAESTRO Novel machine learning techniques to improve the forecasting of stroke post-interventive outcomes / MAESTRO İnme sonrası önleyici sonuçların tahminini iyileştirmek için yeni makine öğrenimi teknikleri	2022-2025

HORIZON EUROPE	INSPIRE INtegrated Short-term PallIative REhabilitation to improve quality of life and equitable care access in incurable cancer/ INSPIRE Tedavi edilemeyen kanserde yaşam kalitesini ve eşitlikçi bakım erişimini iyileştirmek için Entegre Kısa Süreli Palyatif Rehabilitasyon	2022-2026
HORIZON EUROPE	Prepare Personalized Rehabilitation Via Novel AI Patient Stratification Strategies/ Yeni Yapay Zeka Hasta Tabakalaşma Stratejileri İle Kişiselleştirilmiş Rehabilitasyon Hazırlamak	2023-2027
HORIZON EUROPE	GaitREHub Intelligent Wearable System for Enhanced Personalized Gait Rehabilitation /Gelişmiş Kişiselleştirilmiş Yürüme Rehabilitasyonu için GaitREHub Akıllı Giyilebilir Sistem	2023-2026
HORIZON EUROPE	PHRASE Personalised Health cognitive assistance for RehAbilitation SystEm/ PHRASE- Rehabilitasyon Sistemi için Kişiselleştirilmiş Sağlık Bilişsel Yardımı	2022-2025

Ülkemizde de uluslararası literatürle uyumlu şekilde Ar-Ge projeleri üretilmekte ve yürütülmektedir. TÜBİTAK ARDEB 1001 projeleri kapsamında 2024 yılında desteklenen projeler incelendiğinde, sağlık bilimleri alanında desteklenen 49 projeden 6'sı FTR alanındadır. Bu projeler aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 2. 2024 yılında desteklenen TÜBİTAK 1001 projeleri

Yürütücü	Proje Başlığı	Kurum
Fatih Özden	Parkinsonlu Bireylerde İkili Görev Değerlendirme ve Rehabilitasyon Sisteminin Geliştirilmesi ve Etkinliğinin Araştırılması	Ege Ü.
Gülşah Sütçü Uçmak	ALS Hastalarında Mobilite Risk Analizi ve Mobilitenin Psikososyal Etkilerinin İncelenmesi	Akdeniz Ü.
Arzu Özdiçler	Multipl Sklerozlu Bireylerde Farklı Görsel Uyarılar Eşliğinde Yapılan Denge Egzersizlerinin Etkilerinin Karşılaştırılması	Fenerbahçe Ü.
Filiz Özdemir	Afetlerde Çocukların Psikososyal Sağlık ve Fiziksel Uygunluk Düzeylerine Yönelik Fiziksel Aktivite ve Egzersiz Program Modelinin Geliştirilmesi- Deprem Bölgesinde Bir Konteyner Kent Örneği	İnönü Ü.
Muhammed Kılınç	Teknoloji Tabanlı Proprioseptif Eğitim Modülü Oluşturulması ve İnmeli Hastalarda Etkinliğinin Değerlendirilmesi	Hacettepe Ü.
Murat Emirzeoğlu	Göz İzleme Teknolojisi ve Galvanik Cilt Tepkisiyle Birleştirilmiş Elektroensefalografik Sinyaller Kullanılarak Futbolcuların Fiziksel Performans Düzeylerini Belirleyen Makine Öğrenmesi Temelli Tahmin Modelinin Geliştirilmesi	Karadeniz Teknik Ü.

Ülkemizde 2023 yılında gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında tüm alanlarda olduğu gibi FTR’de de afetlere yönelik çalışmalar artmıştır. Bu konuda pek çok ilde sempozyumlar düzenlenmiş, kitaplar yazılmış, proje ve araştırmalar yürütülmüştür. Deprem nedeniyle pek çok amputasyon vakası oluşmuş, bu hastalara hizmet vermek amacıyla ampute rehabilitasyonu, protez ve ortez uygulamaları artmıştır. Depremin duygusal ve psikolojik yüküyle mücadele amaçlı teknikler de bölgede uygulanmıştır (Öztürk, 2023). Örneğin Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi’nde planlanmış olan “2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerden Etkilenen Genç Bireylerin Travma Sonrası Stres Bozukluğu, Uyku Kalitesi ve Kas İskelet Sistemi Problemleri Üzerine Egzersiz Müdahalesinin Etkisi: Randomize Kontrollü Bir Çalışma” başlıklı proje TÜBİTAK 1002 projeleri kapsamında desteklenmiştir.

1.3. Ar-Ge’nin Çeşitli Sektörler Üzerine ve Topluma Katkıları

FTR ve Ar-Ge çalışmalarının çeşitli sektörler üzerinde, farklı boyutlarda katkıları vardır. Bunların en başında içinde bulunduğu sağlık sektörüne katkısı yer almaktadır. FTR sağlığın birçok alanında katkı sağlamaktadır. Nörolojik hastalıklar, pediatrik hastalıklar, ortopedik hastalıklar, sporcu sağlığı, protez ve ortez, kardiyopulmoner hastalıklar, kadın ve erkek sağlığı hastalıkları, kanser, diyabet vb birçok hastalık sayılabilir. Diğer yandan hastalık gelişmeden önceki basamak olan koruyucu fizyoterapi sağlığın korunması ve iyileştirilmesi, obezite, kalp damar hastalıkları gibi önlenabilir hastalıklar, fiziksel aktivite, sağlıklı yaşam tarzı değişiklikleri gibi konularda hizmet vermektedir.

Spor sektöründe sporcu yaralanmalarının önlenmesi, tedavisi, spora dönüş, sporcu performansının artırılması konularında hizmet sağlanmaktadır. Fizyoterapistler sporun tüm branşlarında sporcularla birlikte multidisipliner bir anlayışla çalışmaktadır. Ayrıca engelli ve paralimpik sporları da sporcuların fizyoterapistlerle birebir çalıştığı özel alanlardır (Yung et al., 2022).

FTR iş gücü ve endüstri alanında ergoterapi ile birlikte çalışmaktadır. Çalışma ortamlarının ergonomik tasarımı ve çalışanların fiziksel sağlıklarının korunması için önemli bir katkı sağlar. İş yerlerinde kas-iskelet sistemi yaralanmalarını önlemek için iş güvenliği eğitimleri düzenlenir. Bu eğitimler, çalışanların doğru kaldırma teknikleri, duruş pozisyonları ve tekrarlayan hareketlerden kaynaklanan sorunların nasıl önleneceğini öğrenmelerine yardımcı olur. Meslek hastalıklarında hem önleyici hem de tedavi edici bir rol oynar. Özellikle endüstride sık görülen bel ağrısı, boyun ağrısı ve tendinit gibi kas-iskelet sistemi hastalıklarının yönetiminde fizyoterapistler

aktif görev alır. Bu çalışmalar ile çalışanların işe devamlılığı artar ve iş gücü kaybı önlenir. Özellikle tekrarlayan zorlanma yaralanmaları gibi durumların tedavisi, çalışanların iş yerinde daha uzun süre üretken olmasını sağlar. Çalışma ortamında fiziksel hareketliliğin teşvik edilmesi ve düzenli egzersiz programlarının uygulanması, iş gücü kaybını ve sağlık harcamalarını azaltır. Ayrıca iş sağlığına yönelik teknolojinin geliştirilmesi, endüstriyel ortamlarda kullanılan giyilebilir cihazlar, çalışanların fiziksel durumlarını izlemek ve ergonomik iyileştirmeler yapmak için önemli araçlardır (Soares et al., 2020).

FTR'nin katkı sağladığı alanlardan biri de eğitim sektörüdür. Okullarda fizyoterapist istihdam edilmesi ile eğitim ortamlarının ergonomik tasarımı, öğrencilerde postür bozukluklarının önlenmesi, hareket eğitimi ve fiziksel aktivitenin artırılması, öğretmenlerde meslek hastalıklarının önlenmesi sağlanabilir. Okullarda öğrenciler uzun saatler masa başında, ekran karşısında oturarak, yazı yazarak vakit geçirmektedir. Bu durum postüral bozukluklar için bir risk oluşturmaktadır. Fizyoterapist ve ergoterapistler aracılığıyla okul mobilyalarının ergonomik tasarımı ve yerleştirilmesi, doğru oturma pozisyonları ve ergonomik araç gereçlerin kullanımı konusunda eğitimler verilmesi öğrencilerin duruş bozukluklarının önlenmesine katkı sağlar. Uzun süreli inaktivitenin zararlı etkilerini önlemek için ise okullarda fiziksel aktivite programlarının geliştirilmesi, öğrencilerin hem fiziksel sağlığını hem de bilişsel fonksiyonlarını iyileştirmeye katkı sağlar. Diğer yandan öğretmenler de meslekleri gereği uzun süre ayakta durma, tekrarlayan hareketler veya kötü duruş alışkanlıkları nedeniyle kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yatkındır. Benzer şekilde ergonomik eğitimlere, egzersiz programlarına öğretmenlerin de katılması, gerekirse bir tedavi programının sunulması öğretmenlerin çalışma koşullarını iyileştirecek ve verimi artıracaktır (Bandpei et al., 2014).

Eğitimle ilgili bir diğer konu da engelli bireyler için eğitimde erişilebilirlik ve fırsat eşitliğinin sağlanmasıdır. Fizyoterapi hizmetleri ile özel gereksinimli bireylerin eğitim süreçlerine gecikme yaşamadan, aktif bir şekilde katılmaları hedeflenir. Bu amaçla özel oturma sistemleri, bireyin ihtiyacına göre yardımcı cihazlar ve fiziksel aktivite programları kullanılabilir. Bireyin sağlık durumu bir eğitim kurumuna gitmeye elverişli değil ise ev ortamı eğitime uygun hale getirilerek evde eğitim alması sağlanabilir. Özel eğitim kurumlarında eğitim alan hastalık gruplarının rehabilitasyonu, öğrencilerin motor becerilerinin geliştirilmesi, bağımsızlık kazanmaları ve öğrenme süreçlerine daha etkin katılmaları konusunda da fizyoterapistler çalışmaktadır (Pocock & Miyahara, 2018).

Topluma katkı açısından toplum sağlığının geliştirilmesi, toplumdaki sağlık bilincinin artırılması, spor ve fiziksel aktiviteye katılımın teşvik

edilmesi, engelli bireylerin sosyal entegrasyonu, yaşlanan nüfusun desteklenmesi, ruh sağlığı ve psikososyal destek, sürdürülebilirlik ve sağlık harcamalarının azaltılması FTR'nin önemli katkılarından. Birinci basamak sağlık kuruluşlarında fizyoterapistlerin istihdamı ile korucu sağlık hizmeti ve koruyucu rehabilitasyon sağlanmış olur. Sağlıklı yaşam alışkanlıkları, fiziksel aktivite ve egzersiz eğitimi, kronik hastalıkların önlenabilir risk faktörlerinin yönetimi, erken teşhis konularında eğitimler verilir. Kişiye özgü fiziksel aktivite ve egzersiz programları oluşturularak bilinçsizce yapılan egzersizler ve sekonder yaralanmalar önlenir (Sallis, 2015). Fiziksel sorunlara bağlı olarak ortaya çıkan stres, kaygı ve depresyon gibi psikolojik problemlerin önlenmesine ve yönetilmesine yardımcı olunur. Kronik ağrı ve çeşitli kronik hastalıklar ile yaşayan bireylerin, geriatric bireylerin yaşam kalitesini artırmak, engelliliği azaltmak, fiziksel bağımsızlıklarını korumak için çeşitli yaklaşımlar sunulur (Kızmaz et al., 2024). Engelli bireylerin fiziksel bağımsızlıkları artırılarak sosyal hayata, eğitime, iş gücüne aktif katılımı sağlanır. Bu bireylerin kişisel ihtiyaçların göre ergonomik düzenlemeler, yardımcı cihaz kullanımının sağlanması, düşme riskinin azaltılmasına yönelik stratejiler, uzaktan sağlık hizmetine erişim ve gözetim sağlayan sistemler kullanılabilecek yaklaşımlardan bazılarıdır (Zengin Alpozgen et al., 2022). Tüm bu stratejilerle daha sağlıklı bir toplum ve sürdürülebilir bir sağlık hizmeti hedeflenir.

FTR'nin çeşitli sektörlerle ve topluma sağladığı katkı dolaylı olarak ekonomiye de katkı sağlamaktadır. Kronik hastalıkların önlenmesi, erken müdahale, düzenli rehabilitasyon tedavi süreçlerini kısaltır, komplikasyonları önler ve sağlık sistemi üzerindeki yükün azaltılmasına katkı sağlar (Çalıküşu et al., 2023). Konservatif fizyoterapi yöntemleri ile cerrahi ihtiyacı azaltılır. Geriatric bireylerde fiziksel aktivitenin ve bağımsız yaşamın desteklenmesiyle yaşlı bakım maliyetleri azaltılır (Calik-Kutukcu et al., 2024). Fiziksel kısıtlılıklar, iş kazaları, engellilik gibi durumlarda bireylerin iş gücüne kazandırılması ve adaptasyonu sağlanır. İş yerlerinde ise yapılan ergonomik düzenleme ve eğitimlerle iş gücü kaybı azalır ve verim artar. Sağlık yükünü azaltmaya ilave olarak yukarıda da açıklandığı gibi sağlık turizmi aracılığıyla bir gelir sektörü oluşturmuş durumdadır. Ar-Ge çalışmaları ile üretilen yeni teknolojik cihazlar ve geliştirilen tedavi yöntemleri de ekonomiye katkı sağlarken yerli üretimlerle de teknolojiye dışa bağımlılık azalmaktadır.

FTR alanında yapılan Ar-Ge çalışmaları ülkemizde akademik ve bilimsel gelişmelere de önemli katkı sağlamaktadır. Bilimsel literatüre yeni bilgiler kazandırılmakta, geliştirilen proje ve yenilikçi uygulamalar akademik çalışmalarda kullanılmakta ve kliniklerde hastaların hizmetine sunulmaktadır. Bilimsel üretimin sonucu olarak kurumlar arası iş birlikleri sağlanmakta,

bilimsel sempozyum ve çalıştaylar düzenlenmekte, akademisyen, öğrenci ve klinisyenlerin bilgi paylaşımına olanak sağlanmaktadır. Birçok üniversitenin bünyesinde yer alan ulusal ve uluslararası yayın yapan bilimsel FTR dergileri bulunmaktadır. Üniversiteler Ar-Ge hedeflerini, stratejilerini, yürütülen proje ve kurulan laboratuvarlarını web sayfalarında duyurmaktadır. Bilgi stoğunun yenilenmesi ile eğitim programları güncellenmekte, eğitimin kalitesi artırılmakta, lisansüstü düzeyde yeni alt uzmanlık alanları oluşmaktadır. Dolayısıyla eğitim kurumlarının uluslararası tanınırlığı artmakta, akreditasyon süreçleri kolaylaşmaktadır.

FTR’de Ar-Ge çalışmalarının bölgesel farklılıklar ve dezavantajlı bölgeler üzerine de katkıları vardır. Büyük şehirlerden uzak yerleşim yerlerinde, kırsalda yaşayan bireylerin tele-rehabilitasyon uygulamaları ile fizyoterapi hizmetlerine ulaşımı sağlanabilmektedir. Evde sağlık hizmeti ekiplerine fizyoterapistlerin eklenmesi kırsal bölgelerde yaşayan geriatrik ve engelli bireylere fizyoterapi hizmetinin ulaştırılmasını sağlar. Rehabilitasyon hizmetlerinin çeşitli bölgelerdeki bireylere ulaştırılmasıyla sağlık hizmetlerinde eşitsizlik önlenmiş olur. Bölgesel olarak sık görülen hastalıklar, mesleki etkilenimler farklılık gösterebilmekte olup bölgenin sorunlarına özel çözümler üretilmelidir. Benzer şekilde bölge halkına hitap edecek şekilde eğitim programlarının düzenlenmesi toplumsal bilincin artması, sağlıkta yanlış uygulamaların ve komplikasyonların önlenmesini sağlamaktadır. Bölgesel farklılıklardan etkilenen veya bölgeye spesifik hastalıkların bilimsel olarak araştırılması ve incelenmesi de araştırmacılara yeni olanaklar sağlayacaktır. Küçük şehirlerde sağlık hizmeti sunan devlet veya özel kuruluşlar, üniversiteler bölgede bir istihdam alanı oluşturmakta, genç nüfus için istihdam olanağı sağlamaktadır.

2. AR-GE’NİN TEMEL İLKELERİ

2.1. Yenilikçilik ve Teknolojik Gelişim

Yenilikçilik Kavramı ve Türleri

Yenilikçilik; toplumsal, bireysel ve kurumsal açıdan üretmeyi, değiştirmeyi, iletirmeyi ve geliştirmeyi hedefleyen kapsamlı bir kavramdır. Mevcut hizmet, süreç veya ürünün iyileştirilmesi ve en baştan üretilmesi aşaması olarak ifade edilir. FTR özelinde yenilikçilik ise hastaların tedavi ve sağlık hizmeti süreçlerinin etkinliğinin artırılması, günlük yaşam aktivitelerindeki katılımın iyileştirilmesi, etkin rehabilitasyon protokollerinin üretilmesi olarak görülmektedir. Yenilikçilik, günlük yaşamda hastalar ve fizyoterapistler için tedavi sürecinde etkiliyken; devlet planlamasında ise sağlık politikalarında değişim yaratabilecek bakış açısı sunmaktadır (Turchetti et al., 2009). FTR alanında yenilikçilik bakış açısı toplumsal sağlık sorunlarının çözülmesinde,

sağlık sektöründeki eşitsizliğin giderilmesinde, FTR'ye katılımı önemli bir vizyon sağlamaktadır. Yenilikçilik kavramını hastalıkların yönetiminde göz önünde bulundurmak tedavi planlarını ve sağlık hizmetlerini iyileştirmek için önemlidir. Günümüzde gelişen teknoloji sağlık sektöründe üretilen hizmet ve cihazların yenilenmesine yardımcı olarak rekabeti arttırmaktadır. Artan rekabet daha kaliteli FTR hizmeti ortamı oluşmasını sağlamaktadır. FTR alanında çalışan profesyonellerin yenilikçilik yaklaşımlarını geliştirmesiyle morbidite ve mortaliteyi azaltarak sağlık hizmeti maliyetlerin düşmesine yardımcı olacaktır (Amatya & Khan, 2022).

Yenilikçilik, hizmet yenilikçiliği, ürün yenilikçiliği ve süreç yenilikçiliği alt başlıklarına ayrılmaktadır. FTR açısından farklı uygulama modellerinin oluşturulması hizmet yenilikçiliğinin temelini oluşturmaktadır. Günümüzde multidisipliner ve interdisipliner tedavi yaklaşımlarının benimsenmesi ve teknolojik tabanlı rehabilitasyonun (tele-rehabilitasyon) kullanımının artırılması hastaların katılımını artırarak rehabilitasyon hizmetinin erişilebilirliğine katkıda bulunur. Ürün yenilikçiliği, FTR alanında değerlendirme ve tedavi amacıyla yeni cihazların geliştirilmesine olanak sağlar. Süreç yenilikçiliği ise etkin, verimli ve ekonomik açıdan destek olarak rehabilitasyon hizmetlerinin iyileştirilmesine yardımcı olur (Winstein & Requejo, 2015a).

Teknoloji Temelli Rehabilitasyon Uygulamaları

FTR hizmetlerinde ulaşım, artan ekonomik maliyetler ve yetersiz klinik sayısı bireylerin tedaviye katılımını azaltmaktadır. Günümüzde gelişen teknoloji, başta FTR alanı olmak üzere sağlık hizmetlerinde büyük değişikliklere yol açmıştır. Teknoloji temelli rehabilitasyon (tele-rehabilitasyon) hastaların tedaviye katılımını artırarak sağlık sistemine binen yükü azaltmaktadır. Tele-rehabilitasyon, özellikle son yıllarda önemli sağlık problemlerine yol açan COVID-19 pandemisi döneminde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Repetto et al., 2021). Tele-rehabilitasyon kognitif, fiziksel ve mental açıdan hastaları iyileştiren; yenilikçi ve klasik tedavi modalitelerinin etkin bir şekilde kullanımını sağlayan uygulama modalitesidir. Tele-rehabilitasyon alanındaki gelişmeler hastaların tedavi verimliliğini iyileştirerek bireyselleştirilmiş rehabilitasyon planlarının oluşturulmasında etkili olmaktadır. Tele-rehabilitasyon uygulama modalitesinin yaygınlaştırılması mevcut sağlık sistemi ve sağlık profesyonelleri üzerindeki yükü de hafifletmektedir. Tele-rehabilitasyon uygulanan hastalarda hasta ve tedavi etkinliğinin takibi ve geri bildirimin sağlanması sonuçların iyileştirilmesi ve verimliliğin artırılmasında önemlidir. Gelişen teknoloji bu takibin sağlanması için birçok cihaz ortaya koymuştur. Mobil uygulamalar, uzaktan takip sistemleri ve video-

konferanslar tele-rehabilitasyon çerçevesinde en çok kullanılan tekniklerdir (Ge et al., 2018).

Dijitalleşme ve Sağlık Teknolojileri

Dijitalleşme, sağlık sektöründe önemli pay sahibi olan FTR alanını önemli ölçüde etkileyen, sağlık politikaları ve sağlık hizmetlerinin daha etkin, verimli, ekonomik ve bireyselleştirilmiş olarak uygulanmasını sağlayan son yıllarda kullanımı artan bir kavramdır. Günümüzde gelişen teknoloji her sektörde olduğu gibi sağlık sektöründe de dijitalleşmeyi arttırmıştır. Dijital sağlık teknolojileri, hastaların değerlendirilmesi, sağlık verilerinin toplanması, takibin ve izlemin yapılması, tedavi programlarının planlanması ve uygulanması gibi birçok bileşeni içerisinde barındırmaktadır. Dijitalleşme ve gelişen sağlık teknolojileri, sağlık hizmetlerinin verimini arttırarak hastalığın yönetimi sürecinde zaman tasarrufu sağlar. Bu teknolojiler rehabilitasyon hizmetlerinde köklü değişikliklere yol açarak; daha hızlı, etkili ve erişilebilir hale getirmektedir. İlerleyen süreçte artan dijitalleşme ve teknolojik gelişmeler rehabilitasyon hizmetlerine katılımın arttırılmasını sağlayarak sürdürülebilir rehabilitasyon hizmetlerinin önünü açacaktır (Herrera-Ligero et al., 2022).

FTR açısından dijitalleşme ve sağlık teknolojileri; mobil sağlık uygulamaları, giyilebilir cihazlar, robotik sistemler ve tele-rehabilitasyon modalitelerini içermektedir. Mobil sağlık uygulamaları ve giyilebilir cihazlar hastanın mevcut sağlık statüsünün belirlenmesi, bireyselleştirilmiş tedavi programlarının planlanması ve takibin kolaylaştırılmasını sağlar. Rehabilitasyon hizmeti alan hastalar uzun süreli programlara dahil olmaktadır. Bu nedenle, mobil sağlık uygulamalarının bireylerin katılımını arttırması ve rehabilitasyon hizmetinin devamlılığının sağlanması açısından önemi büyüktür. Robotik rehabilitasyon ise fiziksel, bilişsel ve mental açıdan kaybolan işlevlerin yerine konması amacıyla son yıllarda kullanımı artmıştır. Özellikle nörolojik, pediatrik ve ortopedik rehabilitasyon grubu hastalarında kaybolan yetilerin yerine konması amacıyla kullanımı sağlanabilir (Pape, 2021).

Fizyoterapi Uygulamalarında Robotik ve Yapay Zeka

Robotik rehabilitasyon ve yapay zeka teknolojisindeki ilerlemeler rehabilitasyon aşamalarında yeniliklere yol açar. Bu teknolojiler hastaların rehabilitasyon sürecini kolaylaştırarak; FTR alanında çalışan profesyonellerin iş yükünü hafifletmektedir (Sumner et al., 2023). Robotik rehabilitasyon sağlık statüsü azalmış ve fonksiyonlarını yitirmiş FTR hastalarında kaybolan işlevlerin, motor görevlerin ve fiziksel fonksiyonların tekrar kazandırılmasında rol oynar. Klasik rehabilitasyon yaklaşımlarından farklı

olarak robotik rehabilitasyon hastaların katılımının teşvik edilmesinde etkilidir. Robotik ve yapay zeka teknolojileri, rehabilitasyon süreçlerini daha planlı ve sistematik hale getirerek oluşabilecek eksiklerin tamamlanmasını sağlamaktadır (Luxton & Riek, 2019). Ayrıca; hastaların bireysel egzersiz programlarının yanı sıra toplum temelli ve hibrit rehabilitasyon programlarına katılım motivasyonunu yükselterek; uygulamalı grup aktivitelerinin oluşturulmasına katkı sunacaktır. Birlikte kullanılacak olan robotik rehabilitasyon ve yapay zekanın yakın gelecekte rehabilitasyon hizmetlerinin yapı taşlarını oluşturacaktır. Bu teknolojiler bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programlarının oluşturulmasında, rehabilitasyona katılımın arttırılmasında, zaman ve verimliliğinin yükseltilmesinde etkili olacaktır (Laut et al., 2016; Ravali et al., 2022).

Ar-Ge'de Teknoloji Transferi ve Patent Süreçleri

Ar-Ge, mevcut teknolojilerin ilerletilmesi ve yeni teknolojinin üretilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. FTR özelinde ise AR-GE süreci, değerlendirme ve tedavi metotlarının, cihazların ve teknolojik ekipmanların üretilmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Ar-Ge sürecinin eksiksiz olarak gerçekleştirilebilmesi için teknoloji transferi ve patent süreçleri etkin bir şekilde kullanılmalıdır (Chau et al., 2013). Teknoloji transferi klinik deneyim ve araştırma çalışması bulgularının pazar ve üretim sürecine dönüştürülmesini ifade eder ve Ar-Ge sürecinin ticari ilerlemesini sağlar. Akademik ve ticari faaliyetler arasındaki bu ilişki bilgi ve becerilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasının önünü açmaktadır. Üniversiteler, eğitim ve araştırma hastaneleri, rehabilitasyon klinikleri, özel sektör gibi unsurlar FTR alanındaki yenilikçi fikirlerin ortaya konmasında teknoloji transferinden destek almaktadır. Teknoloji transfer ofisleri; üretim ve araştırma ile endüstri arasında bağlantı oluşturarak oluşturulan bilgi havuzunun yaygınlaştırılmasını sağlar. Bu bağlantının temellerini akademisyenler, sanayiciler, yatırımcılar ve girişimciler oluşturmaktadır. Bilimsel gelişmeler ve endüstriyel faaliyetlerin birlikte geliştirilmesi daha fazla FTR hastaları ve profesyonellerine ulaşarak rehabilitasyona ulaşan birey sayısının arttırılmasına ve rehabilitasyon hizmetlerinin gelişmesine yardımcı olur (Gilsing et al., 2011). Patent ise yenilikçi gelişmeler ve buluşların ortaya çıkarılması, kontrol altına alınması ve endüstrileşmesini sağlamakla birlikte; sınırlı bir süre boyunca yalnızca fikir sahibine ait olmasını da sağlar. FTR özelinde ise yeni sistemler, cihazlar, programlar ve uygulamaların farklı bireyler arasında izinsiz kullanımının önüne geçer. Bununla birlikte, patentler fikir sahiplerine maddi fırsatlar sunarak, üretime yönlendirmede destekleyici rol oynamaktadır. FTR alanı açısından Ar-Ge faaliyetlerinin patentle korunması rehabilitasyon hizmeti

ve teknolojilerin yönlendirilmesine yardımcı olmaktadır (Hall & Helmers, 2010).

2.2. Bilimsel Araştırma Metodolojileri

Araştırma Türleri ve Tasarımları

Sağlık alanında araştırmalar eski yıllarda daha çok laboratuvar temelli olmaktayken; günümüzde ise hasta merkezli ve klinik temelli araştırmalar olarak değişmiştir. Temel sağlık araştırmaları teorik bilimlerdeki gelişmeler sonucunda ortaya çıkmaktadır. FTR temelinde yapılan araştırmalar, hastalıkla ilişkili etkilenimin ve rehabilitasyonun etkinliğini ortaya koymaktadır. Bilimsel araştırmalar, rehabilitasyon hizmetlerinin verimliliğini yükseltmek, klinik etkileri geliştirmek ve literatüre katkıda bulunmak amacıyla yapılmaktadır. Araştırma türleri ve tasarımları çalışmanın amacına ve hedeflerine, hipotezlere, çalışma tasarımına ve kullanılan istatistiksel yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Araştırma tasarımları temel olarak gözlemsel ve deneysel olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır (Thiese, 2014).

Gözlemsel ve Deneysel Yöntemler

Gözlemsel Yöntemler

FTR profesyonelleri tarafından çalışma kapsamında tedavi veya rehabilitasyon uygulanmadan, bireylerin normal şartlar altındaki verilerinin toplandığı araştırma yöntemleridir. Gözlemsel yöntem kullanan çalışmalar, değişkenler arasında ilişkilerini, etkilerini ve risk faktörlerini ortaya koyar. Gözlemsel yöntemler temel olarak iki kategoride incelenmektedir (Ramji, 2022).

- a) Tanımlayıcı (deskriptif) araştırmalar: Hastaların sağlık statülerini ve mevcut durumlarını belirleyerek yer, kişi ve zaman açısından incelenmesini sağlar. Rehabilitasyon hastalarının veya sağlıklı bireylerin yaş, boy, vücut ağırlığı, hastalık şiddeti, semptomlar gibi özelliklerin tanımlanmasını içerir.
- b) Analitik araştırmalar: Hastalık ve etken arasındaki ilişkinin ortaya konulmasını amaçlayan araştırmalardır.
 - Vaka-kontrol araştırmaları: Belirli bir hastalık veya durumu olan rehabilitasyon hastaları ile olmayan bireylerin karşılaştırıldığı ve risk faktörlerinin ortaya konduğu araştırmalardır. Nadir hastalıklar üzerine yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılır.
 - Kohort (prospektif/retrospektif) araştırmalar: Başlangıçta sağlıklı bireyler üzerinden seçilen veya retrospektif kohort düzeninde

kayıtlardan geriye dönülerek hastalık etkeni ile karşılaşan ve karşılaşmayanlarda rehabilitasyonla ilişkili hastalığı geliştirme oranlarını izlemeye yönelik araştırmalardır.

- Kesitsel araştırmalar: Bir zaman kesitinde rehabilitasyon hastaları içerisinde herhangi bir durumun prevalansını belirlemeye çalışan araştırmalardır. Neden-sonuç ilişkisi konulamaz. Kısa süreli ve düşük maliyetlidir.

Deneyisel Yöntemler

Rehabilitasyon programları ve tedavi protokollerinin etkisini ortaya koyan ve neden-sonuç ilişkisini ortaya koyan araştırma yöntemleridir. Bu müdahalelerin hastalarda uygulanması sonucu sakıncalı bir durum ortaya çıkmaması halinde daha geniş popülasyonlara da uygulanabilmektedir (Bellini, 2017).

Veri Toplama Teknikleri

FTR alanında değerlendirme ve tedavi için kullanılan veri toplama teknikleri, araştırmaların doğruluğu ve güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Rehabilitasyon özelinde veri toplama teknikleri; anketler, gözlemler, fiziksel ölçümler, görüntüleme yöntemleri, teknolojik cihazlar ve mülakatlar gibi başlıca yöntemlerden oluşmaktadır. Anketler, yaşam kalitesi ve ağrı seviyeleri gibi subjektif veriler için kullanılırken; fiziksel ölçümler, kas kuvveti ve denge gibi objektif parametreleri değerlendirir. Görüntüleme yöntemleri ayrıntılı anatomik ve fonksiyonel bilgiler sağlarken, teknolojik cihazlar ve sensörler sürekli ve objektif veri sunar. Mülakatlar ise katılımcıların duygusal ve sosyal deneyimlerini anlamaya olanak tanır. Bu tekniklerin doğru seçimi, tedavi süreçlerinin etkinliğini değerlendirmek ve klinik uygulamaları iyileştirmek için önemlidir (Jette & Haley, 2005).

FTR Alanında Klinik Araştırmalar

FTR alanındaki klinik araştırmalar, değerlendirme ve tedavi protokollerinin etkinliğini ve güvenliğini değerlendirerek, kanıta dayalı uygulamaların temelini oluşturur. Bu araştırmalar, yeni rehabilitasyon protokolleri ve tedavi tekniklerinin geliştirilmesi, mevcut protokollerin iyileştirilmesi ve rehabilitasyon uygulamalarının hastaların yaşam kalitesi, fonksiyonel kapasite ve psikosozal durumları üzerindeki etkilerinin anlaşılmasını hedefler (Hart & Bagiella, 2012). Sistematik deneysel ve gözlemsel yöntemlere dayanan bu çalışmalar, FTR alanında çalışan profesyonellere rehberlik ederek, bilimsel temelli uygulamalarla hastaların tedavi süreçlerini optimize eder ve rehabilitasyon hizmetlerinde yenilikçi çözümlerin uygulanmasını destekler (D. T. Wade et al., 2010).

Ar-Ge Projelerinde Veri Analizi ve Sonuçların Yorumlanması

Ar-Ge projelerinde veri analizi FTR özelinde; rehabilitasyon süreçlerinin iyileştirilmesi, yenilikçi yaklaşımların üretilmesi ve klinik uygulamaların bilimsel temellere dayanması açısından kritik bir rol oynar. Bu süreç, verilerin doğru şekilde işlenmesi, uygun istatistiksel tekniklerle analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların hem istatistiksel hem de klinik açıdan değerlendirilmesini kapsar. Betimleyici ve çıkarımsal istatistiklerin yanı sıra çoklu değişken analizleri, tedavi etkinliğini ve bu süreçte etkili olan faktörleri anlamak için değerli bilgiler sağlar. Ancak, veri eksikliği, bireysel değişkenlikler ve sonuçların genellenebilirliği gibi sorunlar titizlikle ele alınmalıdır. Etkili veri analizi ve doğru sonuç yorumları, hem klinik karar alma süreçlerini destekler hem de hastalar için daha verimli rehabilitasyon yaklaşımlarının geliştirilmesine olanak tanır (Carter & Lubinsky, 2015).

2.3. Yaratıcılık ve Problem Çözme Yaklaşımları

Yaratıcılığın Teorik Temelleri

Yaratıcılık, özgün fikirlerin, çözümlerin ve hizmetlerin ortaya çıkmasını sağlayan bir süreç olarak, FTR alanında yenilikçi rehabilitasyon ve tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi, dijitalleşmenin rehabilitasyon ve tedaviye entegrasyonu ve hasta bakımını iyileştiren stratejilerin tasarlanmasında önemli bir yere sahiptir (Cullen, 2012). Bilişsel, psikolojik, sosyal ve nörobilimsel bakış açıları, yaratıcılığın farklı boyutlarını açıklayarak rehabilitasyon protokollerinin bireyselleştirilmesine, teknolojik yeniliklerin uygulanmasına ve interdisipliner ekiplerin iş birliğiyle etkili çözümler üretilmesine rehberlik eder. Rehabilitasyon klinik ortamlarında yaratıcı düşünce, hasta motivasyonunu artırmakla birlikte, bireysel gereksinimlere uygun, yenilikçi ve etkili rehabilitasyon protokollerinin hayata geçirilmesine katkı sağlar (Palmiero et al., 2019).

Problem Tanımlama ve Çözüm Süreçleri

FTR özelinde yararlı ve ölçülü rehabilitasyon temelinde, doğru problem tanımlaması ve buna uygun çözümlerin planlanması yer almaktadır. Bu süreç, hastanın şikayetlerinin ve semptomlarının belirlenmesi, fiziksel, mental ve bilişsel değerlendirmeler, klinik inceleme ve verilerin detaylı analizini içeren kapsamlı bir bakış açısıyla eksiksiz hasta yönetimi sağlar. Rehabilitasyonun yakın ve uzak dönem hedeflerinin belirlenmesi, bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programlarının oluşturulması, bu programların uygulanması ve rehabilitasyon sonuçlarının düzenli olarak takibi çözüm süreçlerinin ana bileşenleridir (D. Wade, 2015). Multidisipliner veya interdisipliner yaklaşımlar ve dijital sistemlerin kombinasyonu, bu süreçlere değer katarken,

yenilikçi ve hasta odaklı tedavi protokollerinin geliştirilmesine katkıda bulunur ve rehabilitasyonun etkinliğini artırır (Steiner et al., 2002).

FTR’de İnovatif Çözümler

FTR alanında inovasyon, rehabilitasyon süreçlerini daha verimli ve bireyselleştirilmiş hale getiren önemli bir değişimi beraberinde getirmektedir (Godin, 2015). Teknolojik gelişmeler, sanal gerçeklik, yapay zeka ve mobil sağlık uygulamaları gibi araçlar, rehabilitasyon protokollerini yeniden şekillendirerek hasta katılımını arttırmakta, kişiye özel programlar sunmakta ve uzaktan izleme imkânı sağlamaktadır (Winstein & Requejo, 2015b). Bireysel sağlık statüsü ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş rehabilitasyon protokolleri geliştirilirken, FTR profesyonelleri de bu yenilikleri benimseyerek daha etkili uygulamalar yapabilmektedir. İnovatif çözümler, sadece rehabilitasyon süreçlerini değil, aynı zamanda rehabilitasyon hizmetlerinin kalitesini de arttırmaktadır (Amatya & Khan, 2022).

Ar-Ge’de Yaratıcı Düşünce Teknikleri

FTR özelinde Ar-Ge süreçleri, yaratıcı düşünme tekniklerinin birleştirilmesi ile yenilikçi çözümler ortaya koyar. Bu süreç, rehabilitasyon hizmetini iyileştirmek ve daha etkili rehabilitasyon metotları oluşturmak için önemli bir işlev görür. Yaratıcı düşünme, klasik rehabilitasyon yaklaşımlarını aşarak, yeni ve daha etkin yöntemlerin geliştirilmesine olanak sağlar. Gelecekteki araştırmalar; Ar-Ge süreçlerinde sıklıkla kullanılan SCAMPER, beyin fırtınası, zihin haritalama, tersine düşünme ve 5N1K gibi yaratıcı düşünme tekniklerinin FTR uygulamalarına nasıl entegre edilebileceği ile ilgili çalışmalara odaklanmalıdır (Gafour & Gafour, 2020). Bu alanda yapılacak çalışmalar rehabilitasyon protokollerini daha etkin ve verimli hale getirerek bireyselleştirilmiş rehabilitasyon modellerinin oluşturulmasına olanak sağlayacaktır (Isouard et al., 2015).

3. FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ALANINDA AR-GE SÜREÇLERİ VE AŞAMALARI

3.1. Araştırma ve Keşif Süreçleri

Literatür Taraması

Her alanda olduğu gibi, FTR alanında da Ar-Ge faaliyetlerinde bulunurken literatür taraması yapmak, halihazırda yapılmış yenilikçi çalışmalara ve verilere ulaşmak; bu veriler ışığında çalışmanın sorusunu ve hipotezini belirlemek ve dayanağını oluşturmak için kritik bir öneme sahiptir.

Literatür taraması yapılırken öncelikle araştırma ile ilgili araştırma sorusu ve anahtar kelimelerin belirlenmesi hedefe yönelik taramayı olumlu yönde daraltacaktır. Örneğin, “KOAH ve sanal gerçeklik” gibi kelimeler seçilebilir. Anahtar kelimeler belirlendikten sonra güvenilir ve akademik kaynaklar kullanmak önemlidir. Bu kaynaklarda belirlenen anahtar kelimeler taranarak araştırmayla ilişkili verilere rahatlıkla ulaşılabilir. Aşağıda FTR alanında sıkça kullanılan kaynaklar listelenmiştir:

PubMed: Tıp ve biyomedikal alanında en geniş çaplı veri tabanlarından biridir. FTR çalışmalarında geniş çaplı kaynak sunar. (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)

PEDro (Physiotherapy Evidence Database): Fizyoterapi müdahalelerinin etkinliğine dair kanıta dayalı araştırmalar sunar. (<https://www.pedro.org.au/>)

Cochrane Library: Sağlık bilimleri ve tedavi yöntemleri üzerine meta-analizler ve sistematik incelemeler içerir. (<https://www.cochranelibrary.com/>)

CINAHL (Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature): FTR dahil olmak üzere, hemşirelik ve diğer sağlık profesyonelleri için önemli bir veri tabanıdır.

Scopus ve Web of Science: Geniş yelpazede akademik makaleler ve atıf analizleri sağlayan veri tabanlarıdır. FTR alanında yapılan çalışmaları takip etmek için kullanılabilir.

Google Scholar: Özellikle akademik makaleler, tezler ve raporları bulmak için geniş çaplı bir arama motorudur. (<https://scholar.google.com/>)

Listelenen veri tabanlarında anahtar kelimeler taranırken tırnak içinde kullanmak daha kesin sonuçlara ulaşmada yardımcı olur (“KOAH”). Aramanızı genişletmek veya daraltmak için Boolean operatörleri kullanılabilir (AND, OR, NOT).

Örneğin: “KOAH” AND “virtual reality” AND “exacerbation”

“Yaralanma riski” OR “yaralanma önleme”.

Hipotez Geliştirme

Hipotez, araştırmaların temelini oluşturur ve yapılan deney ya da analizlerle hipotez test edilerek bilimsel sonuçlara ulaşılır, böylece literatüre yeni veriler sunulur. Hipotez geliştirirken ilk olarak araştırma sorusunun belirlenmesi gerekir. Örneğin, “Üst ekstremitte asimetrisinin varlığı sporcularda yaralanma riskini artırır mı?” gibi bir soru ile başlanabilir. Bu soruya yanıt ararken literatür taraması yapılır ve mevcut veriler incelenir.

Literatürün eksik veya yetersiz kaldığı noktalar tespit edilerek araştırma bu alanlara yönlendirilebilir.

Hipotez aynı zamanda test edilebilir ve ölçülebilir olmalıdır. Örneğin, “Üst ekstremitte asimetrisi olan sporcuların yaralanma riski, olmayanlara göre daha yüksektir” şeklinde net bir önerme sunulabilir. Araştırma sonucunda bu hipotez ya kanıtlanır ya da reddedilir; bu da bilimsel bilgiye katkı sağlar.

Araştırma Tasarımı

Bir araştırma tasarımı öncelikle çalışmanın amacına ve sorusuna uygun olacak şekilde planlanmalıdır. Belirlenen hipotezler doğrultusunda araştırmanın türü (örneğin kesitsel, deneysel, uzunlamasına) ve katılımcı profili (yaş, cinsiyet, tanı grubu) net bir şekilde tanımlanmalıdır. Uygun bir örneklem büyüklüğü hesaplandıktan sonra etik onay süreçleri tamamlanmalı ve veri toplama yöntemleri detaylandırılmalıdır. Son olarak analiz yöntemleri planlanmalı ve elde edilecek verilerin klinik uygulanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Veri Toplama

FTR alanında Ar-Ge çalışmaları için veri toplama süreci, araştırmanın amacına ve kapsamına uygun, sistematik bir yaklaşımla planlanmalıdır. Belirlenen veri toplama ve ölçüm araçları (örneğin, anketler, performans testleri, görüntüleme teknikleri, biyomekanik analiz cihazları veya biyokimyasal ölçümler) belirlenmelidir. Bu ölçüm araçlarının objektif veriler sunması ve uluslararası standartlara uyması elde edilen verinin kalitesini artıracaktır.

Katılımcıların demografik bilgileri, fiziksel özellikleri, sağlık durumu ve ilgili geçmiş öyküleri detaylı bir şekilde kaydedilmelidir. Ayrıca, çalışma için uygun bir izleme süresi belirlenmeli ve veriler periyodik olarak toplanarak değişiklikler değerlendirilmeli; özellikle objektif (ör. hareket analizi, kuvvet ölçümleri) ve subjektif (ör. ağrı skalaları, yaşam kalitesi anketleri) veriler birlikte analiz edilmelidir. Tüm süreç boyunca etik prensiplere ve gizlilik kurallarına uyulması, katılımcılardan bilgilendirilmiş onam alınması ve verilerin güvenli bir şekilde saklanması sağlanmalıdır.

Analiz ve sonuçların paylaşımı

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin şeffaf ve bilimsel etiğe uygun şekilde paylaşılması gereklidir. Bu veriler istatistiksel analiz yöntemleriyle yorumlanmalı ve klinik anlamlılıkları vurgulanmalıdır. Bulgular, tablo, resim, grafik ve şekillerle çeşitlendirilerek ilgili okuyucuların anlayacağı şekilde sunulmalıdır. Sonuçlar, daha önce oluşturulan

hipotezlerle ilişkilendirilerek tartışılmalı ve literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılmalıdır. Paylaşım, ulusal ve uluslararası dergilerde veya bilimsel toplantılarda sunularak gerçekleştirilebilir. Ayrıca sonuçların klinik katkısı, FTR alanında uygulanabilirliğini vurgulamak akandaki gelişimlere katkı sunacaktır.

3.2. Geliştirme ve İnovasyon Yönetimi

FTR alanında Ar-Ge çalışmaları yürütürken, geliştirme ve inovasyon yönetimi süreci stratejik bir yaklaşımla planlanmalıdır. Stratejik planlama aşamasında, çalışmanın kısa ve uzun vadeli hedefleri belirlenir, mevcut ihtiyaçlar ve potansiyel fırsatlar değerlendirilir. Bu süreçte literatür taraması yapılarak araştırma sorusu netleştirilir ve hedef kitleye uygun çözümler oluşturulması hedeflenir.

Ar-Ge projesinin yönetimi, kaynakların etkin bir şekilde planlanması, ekip üyeleri arasında görev dağılımının yapılması ve zaman çizelgelerine uyulması ile gerçekleştirilir. Ayrıca, risk yönetimi planı oluşturularak olası zorlukların önüne geçmek için esnek bir yaklaşım benimsenir (Aziz et al., 2023).

Projedeki fikirlerin geliştirme süreci ise, inovatif fikirlerin somut ürünlere veya hizmetlere dönüştürülmesini kapsar. Bu aşamada, prototipler hazırlanır, pilot uygulamalar yapılır ve elde edilen ilk sonuçlar doğrultusunda süreç optimize edilir. Yeni teknolojilerin ve yöntemlerin entegre edilmesi bu aşamanın önemli bir parçasıdır. İç ve dış paydaşlarla iş birliği yapılması süreci kaliteli ve daha verimli hale getirecektir.

Veri analizi ve iyileştirme, çalışmanın başarısını belirleyen temel aşamalardan biridir. Elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilir, sonuçların güvenilirliği test edilir ve elde edilen bilgiler doğrultusunda iyileştirme çalışmaları yapılır. Bu süreç hem bilimsel katkı sağlamak hem de geliştirilen ürün veya hizmetin etkisini artırmak için kritik öneme sahiptir (Aziz et al., 2023; Tomé & Coelho, 2023).

Ticarileştirme süreci, geliştirilen ürün veya hizmetin piyasaya sunulmasını içerir. Bu aşamada, pazar araştırmaları yapılır, hedef kitlenin ihtiyaçları analiz edilir ve uygun fiyatlandırma, pazarlama ve dağıtım stratejileri geliştirilir. Geliştirilen ürünün klinik uygulamalarda benimsenmesini sağlamak için etkili iletişim stratejileri oluşturulur (Aziz et al., 2023).

Son olarak, iletişim ve iş birliği, multidisipliner ekiplerin uyum içinde çalışmasını ve sektördeki diğer paydaşlarla güçlü ilişkiler kurulmasını sağlar. Üniversiteler, sağlık kurumları, teknoloji firmaları ve kamu kuruluşları ile iş birlikleri, inovasyon sürecini hızlandırır ve çalışma sonuçlarının geniş bir

etkiye ulaşmasını sağlar. Tüm bu adımlar, Ar-Ge çalışmalarının başarısını ve sürdürülebilirliğini artırarak hem bireylerin hem de toplumun faydasına katkı sağlar (Tomé & Coelho, 2023).

3.3. Proje Yönetimi ve Ar-Ge Stratejileri

Projenin genel amacı, kapsamı ve çözüm sunmayı hedeflediği problemler belirlendikten sonra projenin spesifik, ölçülebilir, ulaşılabilir, ilgili ve zaman odaklı (SMART) hedeflerinin tanımlanması gerekir. Örneğin, nörolojik rehabilitasyon alanında tedavi sürelerinin iki yıl içinde minimum %25 hızlandıracak bir ürün geliştirme (Tomé & Coelho, 2023).

Projeyi hayata geçirirken farklı alanlarda uzman olan kişilerin (fizyoterapistler, mühendisler, Ar-Ge uzmanları, klinisyenler) katılımıyla ekip oluşturulur. Ekip içinde rollerin ve ödevlerin net bir şekilde belirlenmesi çalışmadaki uyumu artırır. Farklı disiplinler arası işbirliği çözüm üretmek ve riskleri aşmak adına kritik önem taşır (Aziz et al., 2023).

Proje süresi boyunca gerekli aşamaların zaman çizelgesi hazırlanarak ekip içinde hedefler oluşturmak işleyiş açısından önemlidir. İnsan gücü, finansal kaynaklar, ekipman ve teknolojik ihtiyaçların etkin şekilde yönetilmesi gerekir.

Projede karşılaşılabilecek olası bütün risklerin önceden tahmin edilerek olası çözüm stratejileri belirlenmesi risk yönetimini kolaylaştıracaktır. Öngörülen riskler meydana geldiğinde uygulanacak çözümler çalışmanın önündeki engelleri kolayca kaldırarak zaman çizelgesine olan uyumu artıracaktır. Bu süreci yönetirken ekip içi düzenli toplantılar planlamak ve geri bildirimler alarak projenin eksik yönlerinin belirlenip geliştirilmesi sağlanabilir.

Projenin hedeflediği hasta grupları, kurumlar ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının ihtiyaçları belirlenerek analiz edilmesi projenin hedefe yönelik nokta atışını destekler. Pazarın büyüklüğü, rekabet analizi, projenin ekonomik ve klinik faydaları değerlendirilmelidir. Pazar ihtiyacı, hedef kitlenin beklentisi ve olası risklere karşılık geliştirilecek yaratıcı çözümler, yeni teknolojilerin kullanılması ve yenilikçi fikirlerin ön plana çıkarılması projenin başarısını artıracaktır. Literatürün düzenli aralıklarla incelenmesi ile eksikliklerin belirlenmesiyle de projeye katkı sağlanabilir (Pegorari et al., 2020; Raywood et al., 2020).

Nihai sonuca ulaşmak için prototiplerin veya geliştirilen ürünlerin klinik ortamlarda sürekli denenmesi gerek fizyoterapist gerekse hastalardan geri bildirim alınması ve bu doğrultuda sürecin optimize edilmesi gereklidir.

Ayrıca geliştirilen ürünün güvenliği, etkinliği ve farklı zamanlarda tutarlı sonuçlar çıkarması ile mümkündür.

Üniversiteler, araştırma merkezleri, teknoloji şirketleri, sağlık kurumları gibi çeşitli paydaşlarla iş birliklerinin geliştirilmesi bilgi ve kaynak paylaşımı sağlar. Bu sayede klinik ortamlarda uygulanabilirlik artarken ticarileştirme süreci hızlanabilir. Bu stratejiler projelerin başarıyla hayata geçirilmesi ve hedeflediği klinik etkilere ulaşması için temel bir rehber sunar (Ravali et al., 2022).

3.4. Ar-Ge Çalışmalarına Finansal Destek

Araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılabilmesi için gerekli unsurlardan bir tanesi de yapılan deneyler için gerekli finansal destektir. Bu destek Ar-Ge çalışmaları için ulusal ve uluslararası olmak üzere çeşitli kuruluşlar tarafından sağlanmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. FTR Alanında Ar-Ge Destekleyen Kuruluşlar

Kuruluş Adı	Açıklama	İnternet Sitesi
TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu)	Türkiye’de bilimsel araştırmaları ve Ar-Ge projelerini destekleyen en büyük devlet kurumu.	www.tubitak.gov.tr
Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB)	Sağlık bilimleri alanında araştırmaları teşvik eden ve destek sağlayan kamu kurumu.	www.tuseb.gov.tr
Sağlık Bakanlığı – Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü	FTR araştırmalarına yönelik düzenlemeler ve destekler sunar.	https://shgm.saglik.gov.tr
Üniversitelerin Sağlık Bilimleri ve Teknoloji Merkezleri	Türkiye’deki üniversitelerin (Hacettepe, İstanbul, Gazi vb.) fizyoterapi alanında yürüttüğü bilimsel araştırmalar.	Üniversitelerin resmi siteleri
TİSK Mikrocerrahi ve Rekonstrüksiyon Vakfı	Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik araştırmaları destekleyen bir vakıf.	www.tiskmcv.org.tr
World Confederation for Physical Therapy (WCPT) / World Physiotherapy	Fizik tedavi ve rehabilitasyon alanında dünya çapında bilimsel çalışmaları destekleyen en büyük organizasyon.	https://world.physio
National Institutes of Health (NIH) – National Center for Medical Rehabilitation Research (NCMRR) (ABD)	Rehabilitasyon bilimleri ve teknolojileri üzerine Ar-Ge projelerini destekleyen ABD merkezli kuruluş.	www.nichd.nih.gov/ncmrr

European Federation of National Associations of Orthopaedics and Traumatology (EFORT)	Ortopedi, travmatoloji ve rehabilitasyon alanında fizyoterapiyi kapsayan araştırmalara destek verir.	www.efort.org
International Society of Physical and Rehabilitation Medicine (ISPRM)	Rehabilitasyon tıbbı ve fizyoterapi araştırmalarına küresel ölçekte katkı sağlayan uluslararası kuruluş.	www.isprm.org
Cochrane Rehabilitation	Rehabilitasyon alanında kanıta dayalı araştırmaları destekleyen uluslararası bir platform.	https://rehabilitation.cochrane.org

SONUÇ

Sağlık bilimlerinin çeşitli hastalıklar ve sağlıklı bireylerle çalışan temel alanlarından biri olan FTR bilimsel bilginin değişkenliği ve teknoloji ihtiyacı nedeniyle Ar-Ge çalışmalarının yoğun şekilde yürütüldüğü ve güncel uygulamalara Ar-Ge'nin yön verdiği bir alandır. FTR alanında Ar-Ge çalışmaları sağlık hizmetleri, dijitalleşme ve teknolojik yenilikler, kaliteli eğitim, sağlık turizmi gibi alanlarda kurumlara ve ülkemize rekabet gücü kazandırmaktadır. Sağlık bilimleri ve Ar-Ge harcamaları ve sağlık turizmi ekonomik büyüme ve kalkınma için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ülkemizde 1960'lardan başlayarak günümüze gelen FTR Ar-Ge çalışmaları günümüzde robotik teknolojiler, sanal gerçeklik, tele-rehabilitasyon uygulamaları, yapay zeka uygulamaları gibi teknolojik yaklaşımlar ve afetlerde fizyoterapi gibi güncel konularda sürdürülmeye devam etmektedir. FTR Ar-Ge çalışmaları başta sağlık sektörü olmak üzere, eğitim, bilimsel gelişim, spor, endüstri, bölgesel dezavantajların iyileştirilmesi gibi birçok alana katkı sunmaktadır.

Son yıllarda, FTR alanındaki teknolojik ilerlemeler, Ar-Ge süreçleri ve yenilikçi yaklaşımların rolü giderek artmaktadır. Sağlık hizmetlerinde inovasyon, rehabilitasyon ekipmanlarından, FTR hizmetine kadar geniş bir kapsamı içerir. Özellikle tele-rehabilitasyon gibi teknoloji destekli uygulamalar, rehabilitasyona erişimi kolaylaştırarak hastanın katılımını arttırmakta; dolayısıyla sağlık bakım maliyetlerini azaltmakta ve hasta takibini daha etkin hale getirmektedir. Dijital uygulamalar ve gelişmeler, robotik sistemler, giyilebilir sensörler ve mobil uygulamalar ile rehabilitasyon süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Yapay zeka destekli rehabilitasyon uygulamaları ise bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programlarının oluşturulmasına yeni bir bakış açısı sağlamaktadır. Ar-Ge faaliyetleri kapsamında, teknoloji transferi ve patent süreçleri, yenilikçi çözümlerin ticarileştirilmesine ve sağlık sektörüne entegre edilmesine katkı sağlamaktadır. Bilimsel araştırma faaliyetlerindeki

gelişmeler sonucunda oluşturulan veri analizleri kanıta dayalı rehabilitasyon yaklaşımlarının oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

FTR alanında Ar-Ge süreçleri, sistematik literatür taraması, hipotez geliştirme, veri toplama ve analiz aşamalarını içeren titiz bir yaklaşım gerektirir. Geliştirme ve inovasyon yönetimi sürecinde, stratejik planlama, multidisipliner iş birlikleri ve teknolojik yeniliklerin entegrasyonu büyük önem taşır. Proje yönetimi kapsamında SMART hedeflerinin belirlenmesi, risk analizi yapılması ve kaynakların verimli kullanılması, projelerin başarısını artırır. Sonuç olarak, bilimsel ve klinik uygulanabilirliği yüksek çözümler üretmek için disiplinler arası iş birliği, sürekli iyileştirme ve etkili ticarileştirme stratejileri kritik rol oynar.

Kaynaklar

- Algun, C. (2013). Fizyoterapi eğitiminde bilinmeyenler. *Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Dergisi*, 27 (1), 22–25.
- Amatya, B., & Khan, F. (2022). Implementation of rehabilitation innovations: a global priority for a healthier society. *Journal of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*, 5(2), 51–60.
- Aziz, R., Sundus, H., Jawed, F., & Chhabra, C. (2023). Embracing technological innovations: the integration of AI in physiotherapy. *Recent Trends in Multidisciplinary Research*, 275–288.
- Bandpei, M. A. M., Ehsani, F., Behtash, H., & Ghanipour, M. (2014). Occupational low back pain in primary and high school teachers: prevalence and associated factors. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 37(9), 702–708.
- Bellini, J. L. (2017). *Research in rehabilitation counseling: A guide to design, methodology, and utilization*. Charles C Thomas Publisher.
- Calik-Kutukcu, E., Topcuoglu, C., Ar, U., & Saglam, M. (2024). Cardiac Rehabilitation in Geriatric Individuals: An Update Review. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 40(3), 215–225.
- Çalıkuşu, H. R., Usluer, İ. N., & Tanrıverdi, M. (2023). Kronik hastalıklarda koruyucu rehabilitasyon yaklaşımları ve fiziksel aktivite. *Anatolian Clinic the Journal of Medical Sciences*, 28(2), 225–234.
- Can, F. (2016). Fizyoterapi ve rehabilitasyonun mesleki gelişim tarihçesi. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 1(3), 1–6.
- Candiri, B. (2023). Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm Profiline Yıllara Göre İncelenmesi. *International Journal of Social Humanities Sciences Research (JSHSR)*. <https://doi.org/10.26450/jshsr.3467>
- Carter, R., & Lubinsky, J. (2015). *Rehabilitation research: principles and applications*. Elsevier Health Sciences.
- Chau, T., Moghimi, S., & Popovic, M. R. (2013). Knowledge translation in rehabilitation engineering research and development: a knowledge ecosystem framework. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(1), S9–S19.
- Cullen, F. T. (2012). Taking rehabilitation seriously: Creativity, science, and the challenge of offender change. *Punishment & Society*, 14(1), 94–114.
- Demir, Y. (2021). Eğitim, sağlık ve Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ARDL sınır testi ile belirlenmesi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(3), 1758–1770.
- Dursun, B., & Torlak, M. S. (2024). Sanal Gerçekliğin Rehabilitasyon Alanında Kullanımı. *KTO Karatay Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(3), 265–275.

- Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği. (2023). *Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği* . <https://ftrad.org/>
- Gafour, O. W. A., & Gafour, W. A. S. (2020). Creative thinking skills—A review article. *Journal of Education and E-Learning*, 4(1), 44–58.
- Ge, S., Zhu, Z., Wu, B., & McConnell, E. S. (2018). Technology-based cognitive training and rehabilitation interventions for individuals with mild cognitive impairment: a systematic review. *BMC Geriatrics*, 18, 1–19.
- Gilsing, V., Bekkers, R., Freitas, I. M. B., & Van der Steen, M. (2011). Differences in technology transfer between science-based and development-based industries: Transfer mechanisms and barriers. *Technovation*, 31(12), 638–647.
- Godin, B. (2015). Innovation: A Study in the Rehabilitation of a Concept. *Contributions to the History of Concepts*, 10(1), 45–68.
- Hall, B. H., & Helmers, C. (2010). *The role of patent protection in (clean/green) technology transfer*. National Bureau of Economic Research.
- Hart, T., & Bagiella, E. (2012). Design and implementation of clinical trials in rehabilitation research. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(8), S117–S126.
- Herrera-Ligero, C., Chaler, J., & Bermejo-Bosch, I. (2022). Strengthening education in rehabilitation: Assessment technology and digitalization. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 3, 883270.
- Isouard, G., Martins, J. M., & Friedman, L. H. (2015). Competency in innovation, creative and innovative thinking: challenges within the Health Management course curriculum. *Journal of Health Administration Education*, 32(3), 257–269.
- Jette, A. M., & Haley, S. M. (2005). Contemporary measurement techniques for rehabilitation outcomes assessment. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 37(6), 339–345.
- Kaya, D. G. (2019). Ar-Ge Harcamalarının Gelişimi: Tr-Ab Üzerine Bir Değerlendirme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(3), 791–812.
- Kızmaz, E., Atalay, O. T., Çetin, N., & Uğurlu, E. (2024). Virtual reality for COPD exacerbation: A randomized controlled trial. *Respiratory Medicine*, 230, 107696.
- Kızıl, B. C., & Ceylan, R. (2018). Sağlık harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: Türkiye örneği. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 13(50), 197–209.
- Kızmaz, E. (2024). Artificial Intelligence in Management of Respiratory Disease. *Sağlık Bilimleri ve Klinik Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 69–75.

- Krebs, H. I., Hogan, N., Volpe, B. T., Aisen, M. L., Edelman, L., & Diels, C. (1999). Overview of clinical trials with MIT-MANUS: a robot-aided neuro-rehabilitation facility. *Technology and Health Care*, 7(6), 419–423.
- Kuşat, N., & Esen, E. (2022). Sağlık turizmi perspektifinden Türk sağlık sektörü rekabet gücü. *Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 37–50.
- Laut, J., Porfiri, M., & Raghavan, P. (2016). The present and future of robotic technology in rehabilitation. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 4, 312–319.
- Luxton, D. D., & Riek, L. D. (2019). *Artificial intelligence and robotics in rehabilitation*.
- OECD. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. . Paris: OECD Publishing.
- Öztürk, Ç. P. (2023). Kahramanmaraş merkezli depremler sonrası için akademik öneriler. In M. Öztürk & M. Kırca (Eds.), *Özgür Yayınları* (Issue s 56).
- Palmiero, M., Piccardi, L., Nori, R., Palermo, L., Salvi, C., & Guariglia, C. (2019). Creativity: Education and rehabilitation. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 10, p. 1500). Frontiers Media SA.
- Pape, P. (2021). Digitalization in rehabilitation. *Digitalization in Healthcare: Implementing Innovation and Artificial Intelligence*, 51–64.
- Pegorari, M. S., Ohara, D. G., Matos, A. P., CR Iosimuta, N., TK Ferreira, V., & Carolina PN Pinto, A. (2020). Barriers and challenges faced by Brazilian physiotherapists during the COVID-19 pandemic and innovative solutions: lessons learned and to be shared with other countries. *Physiotherapy Theory and Practice*, 36(10), 1069–1076.
- Pocock, T., & Miyahara, M. (2018). Inclusion of students with disability in physical education: a qualitative meta-analysis. *International Journal of Inclusive Education*, 22(7), 751–766. <https://doi.org/10.1080/13603116.2017.1412508>
- Ramji, S. (2022). Study design: observational studies. *Indian Pediatrics*, 59(6), 493–498.
- Ravali, R. S., Vijayakumar, T. M., Lakshmi, K. S., Mavaluru, D., Reddy, L. V., Retnadhas, M., & Thomas, T. (2022). A systematic review of artificial intelligence for pediatric physiotherapy practice: past, present, and future. *Neuroscience Informatics*, 2(4), 100045.
- Raywood, E., Douglas, H., Kapoor, K., Filipow, N., Murray, N., O'Connor, R., Stott, L., Saul, G., Kuzhagaliyev, T., & Davies, G. (2020). Protocol for Project Fizzyo, an analytic longitudinal observational cohort study of physiotherapy for children and young people with cystic fibrosis, with interrupted time-series design. *BMJ Open*, 10(10), e039587.

- Repetto, C., Paolillo, M. P., Tuena, C., Bellinzona, F., & Riva, G. (2021). Innovative technology-based interventions in aphasia rehabilitation: a systematic review. *Aphasiology*, 35(12), 1623–1646.
- Sağlık Bilimleri Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği. (2024). *Akredite olan programların listesi*. <https://www.sabak.org.tr/index.php/tr/akreditasyon/akredite-olan-programlari-listesi>
- Sağlık Turizmi Koordinasyon Kurulu. (2024). <http://www.satürk.gov.tr/tyst.php>. E.T: 01.11.2024.
- Sallis, R. (2015). Exercise is medicine: a call to action for physicians to assess and prescribe exercise. In *The Physician and sportsmedicine* (Vol. 43, Issue 1, pp. 22–26). Taylor & Francis.
- Sarıipek, S., & Sarıipek, A. D. (2023). Fizyoterapi ve Rehabilitasyon İşletmelerinin Sağlık Turizmi İçerisindeki Yeri. *Turizm ve Destinasyon Araştırmaları IV*, 129.
- Sertgöz, Ö. G. B., & Uymaz, A. O. (2022). *Türkiye’deki Sağlık Turizmi Yetki Belgesi Bulunan Konaklamalı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezlerinin Web Sitelerinin Değerlendirilmesi*.
- Soares, C. O., Pereira, B. F., Gomes, M. V. P., Marcondes, L. P., de Campos Gomes, F., & de Melo-Neto, J. S. (2020). Preventive factors against work-related musculoskeletal disorders: narrative review. *Revista Brasileira de Medicina Do Trabalho*, 17(3), 415.
- Steiner, W. A., Ryser, L., Huber, E., Uebelhart, D., Aeschlimann, A., & Stucki, G. (2002). Use of the ICF model as a clinical problem-solving tool in physical therapy and rehabilitation medicine. *Physical Therapy*, 82(11), 1098–1107.
- Sumner, J., Lim, H. W., Chong, L. S., Bundele, A., Mukhopadhyay, A., & Kayambu, G. (2023). Artificial intelligence in physical rehabilitation: A systematic review. *Artificial Intelligence in Medicine*, 102693.
- Thiese, M. S. (2014). Observational and interventional study design types; an overview. *Biochemia Medica*, 24(2), 199–210.
- Tomé, A., & Coelho, J. L. (2023). Physiotherapy Education in the Digital Era: A Roadmap of Educational Technologies for Allied Health Educators. In *Handbook of Research on Instructional Technologies in Health Education and Allied Disciplines* (pp. 26–54). IGI Global.
- TÜİK. (2016). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arastirma-Gelistirme-Faaliyetleri-Arastirmasi-2016-24865>
- TÜİK. (2023). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arastirma-Gelistirme-Faaliyetleri-Arastirmasi-2023-53803>
- Turchetti, G., Labella, B., Bellelli, S., Cannizzo, S., Palla, I., Mazzoleni, S., Petroni, S., Sterzi, S., & Guglielmelli, E. (2009). Innovation in rehabilitation technology: technological opportunities and socioeconomic implica-

- tions—a theoretical model. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 10(4–5), 245–261.
- Türkiye Fizyoterapistler Derneği. (2020). *Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Araştırma ve Geliştirme Çalışmaları*.
- Wade, D. (2015). Rehabilitation—a new approach. Overview and part one: the problems. In *Clinical rehabilitation* (Vol. 29, Issue 11, pp. 1041–1050). SAGE Publications Sage UK: London, England.
- Wade, D. T., Smeets, R. J. E. M., & Verbunt, J. A. (2010). Research in rehabilitation medicine: methodological challenges. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63(7), 699–704.
- Winstein, C., & Requejo, P. (2015a). Innovative technologies for rehabilitation and health promotion: what is the evidence? In *Physical therapy* (Vol. 95, Issue 3, pp. 294–298). Oxford University Press.
- Winstein, C., & Requejo, P. (2015b). Innovative technologies for rehabilitation and health promotion: what is the evidence? In *Physical therapy* (Vol. 95, Issue 3, pp. 294–298). Oxford University Press.
- World Confederation for Physical Therapy. (2017). *Policy Statement: Research*.
- World Confederation of Physical Therapy. (2024). *World Confederation of Physical Therapy=WCPT*. <https://world.physio/what-we-do/education/accreditation/programmes>
- World Health Organization. (2020). *Global Strategy on Health, Environment and Climate Change*. Geneva: World Health Organization.
- Yükseköğretim Kurulu. (2016). *Ulusal Çekirdek Eğitim Programları*. <https://www.yok.gov.tr/kurumsal/idari-birimler/egitim-ogretim-dairesi/ulusal-cekirdek-egitimi-programlari>
- Yung, K. K., Ardern, C. L., Serpiello, F. R., & Robertson, S. (2022). Characteristics of complex systems in sports injury rehabilitation: examples and implications for practice. *Sports Medicine-Open*, 8(1), 24.
- Zengin Alpozgen, A., Kardes, K., Acikbas, E., Demirhan, F., Sagir, K., & Avcil, E. (2022). The effectiveness of synchronous tele-exercise to maintain the physical fitness, quality of life, and mood of older people-a randomized and controlled study. *European Geriatric Medicine*, 13(5), 1177–1185.

Deniz Salyangozlarında Aminoasit Profili 8

Esin Özçiçek¹

Özet

Proteinler, canlı organizmalarda en fazla bulunan ve en önemli organik bileşiklerdir. Proteinler, hayvansal dokuların temel bir bileşeni olup, büyümenin sağlanmasında esansiyel bir besin maddesidir. Aminoasitler, hem proteinlerin yapı taşı olarak hem de metabolizmada ara ürün olarak hayati bir rol oynarlar. Aminoasitler, protein kalitesinin belirteçleridir. Deniz salyangozları, yüksek yem dönüşüm verimliliğine sahip olmaları, çeşitli düşük kaliteli biyolojik kaynakları kullanabilmeleri ve et kalitesinin geleneksel et kaynaklarına benzer olması nedeniyle insanlar için mükemmel bir protein kaynağıdır. Birçok ülkede, salyangozlara protein kaynağı ve lezzetli bir yiyecek olarak ilgi giderek artmaktadır. Salyangozların besin değerleri ve sürdürülebilir özellikleri; pazarların, araştırmacıların ve tüketicilerin ilgisini çeken özelliklerdir. Farklı salyangoz türlerinin beslenme özelliklerinin değerlendirilmesi, gıda ve yem endüstrilerine besin kaynağı sağlamak amacıyla salyangoz sektörünün kurulması ve ticarileştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Salyangoz gibi yeterince değerlendirilmeyen deniz kaynaklarının, insan ve hayvanlar için gıda olarak kullanımı konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Giriş

Dünya şu anda 8 milyardan fazla insana ev sahipliği yapıyor ve Dünya’da yaşayan insan sayısının önümüzdeki 30 yıl içinde 2 milyardan fazla artması beklenmektedir (UN, 2023). 2050 yılına kadar, küresel gıda talebinin %60 oranında artacağı düşünülmektedir (UNEP, 2021). Ayrıca dünya nüfusunun büyük bir kısmı hayvansal gıda tercih etmektedir (Hargreaves vd., 2021). İnsanlar için hayvansal protein kaynaklarının üretimi; kalıcı kuraklıklar, habitat değişiklikleri ve hayvan hastalıkları sonucu ortaya çıkan yüksek yem maliyetleri nedeniyle azalmaktadır. Arz-talep arasındaki dengesizlik, insan

1 Arş. Gör. Dr., Munzur Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü Balıkçılık Temel Bilimleri Anabilim Dalı/ Tunceli, Türkiye. esinbagci@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0001- 5035-725X

popülasyonundaki hızlı artışın yanı sıra hayvansal proteinlere olan talebin artmasıyla daha da kötüleşiyor (Knudsen vd., 2010; IFarm, 2012; Cao ve Li, 2013; Maday, 2013; USDA, 2013). Hayvansal proteinin desteklenmesi için yeni protein kaynaklarının bulunması, dünya gıda endüstrileri için zorlu bir iştir ve büyük çaba gerektirir (Mason vd., 2014).

Kabuklu deniz hayvanları, balıklar ve diğer sucul organizmalar biyolojik açıdan değerli proteinin zengin kaynaklarıdır (Sivasankar, 2011). Deniz ürünleri; yalnızca yüksek kaliteli protein içeriği nedeniyle değil, aynı zamanda n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), mineraller, eser elementler ve vitaminler gibi diğer besin maddeleri nedeniyle de oldukça değerlidir (FAO, 2010). Bu besinler, vücudun düzgün çalışması için gereklidir ve büyüme, beyin ve sinir sistemi için faydalıdır (Hosomi, 2012). Bu nedenle, insan beslenmesinde ve sağlığında önemli rol oynarlar (Inyang vd., 2018).

Yumuşakçalar (Mollusca) yaklaşık 100.000 türe sahiptir ve hayvanlar âleminin ikinci büyük şubesidir (Luo vd., 2017). Yumuşakçalar, kireçli kabuklarla kaplı, yumuşak vücutlu ve segmentsiz omurgasız hayvanlardır (Sivasankar, 2011). Yumuşakçalar arasında salyangoz ve sümüksüklüböcek gibi tek kabuklu organizmalar, midye ve istiridye gibi çift kabuklular ile ahtapot ve kalamar gibi kafadanbacaklılar bulunur (Copperve Knowler, 1991). Yumuşakçaların besin bileşimi; cinsiyet, tür, olgunluk, mevsim koşulları ve beslenme rejimi gibi faktörlere bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir (Periyasamy vd., 2011).

Salyangozlar, yumuşakçalar şubesinin gastropodlar sınıfına aittir. Gastropodlar yumuşakçaların en büyük grubunu oluşturur (Ponder ve Lindberg, 2008). Salyangozlar esas olarak iki bölümden oluşur: gövde ve kabuk. Vücut ayrıca baş, ayak ve iç organ kütlesi olmak üzere üç alt bölüme ayrılır; iç organ kütlesi, hayvanın fonksiyonel sistemlerini içeren kabukta bulunur (Teo, 2004). Salyangozlar, hayvanın iç organ kütlesinin 180° dönmesiyle anüsün başın hemen üzerinde yer aldığı torsiyon adı verilen karakteristik bir olaya maruz kalırlar. Vücut, iç organ tümseğinin üzerindeki deri tarafından salgılanan koruyucu bir yapı olan kireçli bir kabukla kapsüllenir (Page, 2006). Baş kısmında, biri diğerinden uzun iki çift dokunaç bulunur, ayak ise salyangozların hareket organıdır (Teo, 2004). Salyangozların koku alma organları, gözleri, statokistleri ve mekanoreseptörleri gibi duyuşal organları vardır (Barker, 2001). Ayak kısmında bulunan kabuk deliğini kapatan bir plaka olan operkulum, salyangoz kabuk içerisine çekildiği zaman onu dış etkenlerden korur (Cobbinah vd., 2008). Yenilebilir kısım, yakalı ayak ve mantodan oluşurken; sindirim kısmı, iç organ kesesi, orta bağırsak bezi ve diğer iç organlardan oluşur (Hickman vd., 2008).

Salyangoz eti, özellikle protein (kuru madde bazında %21 civarı) ve lösin, lizin, treonin, valin ve izolösin gibi çeşitli esansiyel aminoasitler ile doymamış yağ asitleri (toplam yağın >%45'i) olmak üzere temel besin maddeleri açısından zengindir. Dolayısıyla salyangozların et kalitesinin üstün olduğu ve alternatif gıda veya yem bileşeni olarak değerlendirilmesinde büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca salyangoz eti ve mukusunun, biyoaktif ve sağlıklı bir gıda bileşeni olarak kullanılabileceği belirtilmektedir. Salyangozlar, soya küspesi gibi geleneksel protein kaynaklarının yerine, tam salyangoz unu veya salyangoz eti unu şeklinde yem bileşeni olarak tercih edilebilir (Gupta ve Khanal, 2024). Salyangozlar, yüksek yem dönüşüm verimliliğine sahip olmaları, çeşitli düşük kaliteli biyolojik kaynakları kullanabilmeleri ve salyangoz etinin kalitesinin geleneksel et kaynaklarına benzer olması nedeniyle insanlar için mükemmel bir protein kaynağıdır (Adegoke vd.,2010; Malik vd.,2011; Fayenuwo vd., 2019).

İnsanların tarih öncesi çağlardan beri salyangoz tükettiği bilinmektedir (Lubell, 2004; Hill vd., 2015). Salyangoz havvarı ve salyangozların kaslı ayakları beslenme açısından ilgi çekici bir konudur (Cicero vd., 2015; Adeyeye vd., 2020). Salyangoz üretimi ve tüketimi Fransa, İtalya, İspanya, Yunanistan ve Almanya gibi Avrupa ülkelerinde ve Nijerya, Gana ve Fas gibi Afrika ülkelerinde oldukça popülerdir (Agbogidi ve Okonta, 2011; Monney vd., 2020; Pissia, vd., 2021; Rygała-Galewska vd., 2022). Birçok ülkede, salyangozlara protein kaynağı ve lezzetli bir yiyecek olarak ilgi giderek artmaktadır (Mason vd., 2014).

Farklı salyangoz türlerinin beslenme özelliklerinin değerlendirilmesi, gıda ve yem endüstrilerine besin kaynağı sağlamak amacıyla salyangoz sektörünün kurulması ve ticarileştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Gupta ve Khanal, 2024). Helisikültür olarak da bilinen salyangoz yetiştiriciliği, aşırı tüketimi önlemenin ve sürdürülebilir üretim sağlamanın bir yolu olarak gelişmiştir (Çelik vd., 2019). Salyangozların besin değerleri ve sürdürülebilir özellikleri; pazarların, araştırmacıların ve tüketicilerin ilgisini çeken özelliklerdir (Pissia vd., 2021).

Proteinler ve Aminoasitler

Proteinler, canlı organizmalarda en fazla bulunan ve en önemli organik bileşiklerdir. Proteinlerin %50'si karbon, %7'si hidrojen, %23'ü oksijen, %16'sı azot ve %0-3'ü kükürt içermektedir (Keha ve Küfrevioğlu, 2015). Proteinler, hayvansal dokuların temel bir bileşeni olup, büyümenin sağlanmasında esansiyel bir besin maddesidir. Enerji kaynağı olarak da kullanılır (NRC, 1993).

Aminoasitler, hem proteinlerin yapı taşı olarak hem de metabolizmada ara ürün olarak hayati bir rol oynarlar. Aminoasitler, protein kalitesinin belirteçleridir (Babu vd., 2011). Canlı organizmalarda aminoasitlerin %90'dan fazlası proteinlerin bünyesinde bulunurken, kalan kısım ise vücut sıvılarında ve tüm dokularda serbest aminoasitler olarak bulunur (Kalaycıoğlu vd., 1998). Aminoasitler, amino grubu (-NH₂), karboksil grubu (-COOH) ve kök (R) grubu içerirler. α C olan bir karbon atomu ve R grubuna bağlanırlar. Aminoasit türleri, buraya bağlanan gruplara göre belirlenmiş olur (Hoşsu vd., 2008). Aminoasitlerin birbirlerinden farklı olmasını sağlayan ve boyut, yapı ile elektrik yükleri bakımından değişiklik gösteren R grupları, aminoasidin suda çözünmesini de etkiler (Nelson ve Cox, 2016). Aminoasitlerin proteinleri oluşturabilmeleri için, aralarında peptid bağı oluşturmaları gerekir. Bir aminoasidin amino grubu ile diğer aminoasidin karboksil grubu birleşir ve bir molekül su açığa çıkar. Bu olaya "peptidleşme" adı verilir. Hayvansal ve bitkisel proteinlerde bulunan 20 adet aminoasit birleşerek farklı uzunluklarda ve farklı işlevlerde zincirler oluşturur. Aminoasitler, sınırsız kombinasyonlar halinde görülebilir. Bu sayede, proteinler çok çeşitlidir ve farklı biyolojik görevlerde yer alırlar (Hoşsu vd., 2008).

Besleyici rollerine göre aminoasitler, esansiyel ve esansiyel olmayan olarak ayrıtı edilebilir. Esansiyel aminoasitler insanlar tarafından sentezlenemez ve diyetle sağlanmalıdır (Belitz vd., 2009). Esansiyel aminoasitler, beslenme ve normal büyümenin desteklenmesi için gereklidir; esansiyel olmayan aminoasitler ise genel metabolik reaksiyonlarda yer almaları açısından fizyolojik açıdan önemlidir (Jayaprabha, 2016). Beslenmede herhangi bir esansiyel aminoasit eksikliği, dokunun büyüme, onarılma veya korunma yeteneğini bozar (Hoffman ve Falvo, 2004). Esansiyel aminoasitler; isolösin, lösin, lizin, threonin, valin, fenilalanin, metiyonin, arjinin, histidin ve triptofandır. Esansiyel olmayanlar ise; aspartik asit, alanin, glutamik asit, glisin, prolin, tyrosin, serin, taurindir (Hoşsu vd., 2008).

Deniz Salyangozlarında Aminoasit Profili

Cookia sulcata

Cookie sulcata, Turbinidae familyasına ait olup, Yeni Zelanda'da bol miktarda bulunan bir deniz salyangozu türüdür. Bu tür, deniz yosunu ve algler ile beslenir (Mason vd., 2014).

Mason vd., (2014), *Cookia sulcata*'nın kasındaki başlıca aminoasitleri; glutamik asit (13,9 g/100 g protein), arginin (10,2 g/100 g protein), glisin (9,7 g/100 g protein) ve taurin (9,5 g/100 g protein) olarak belirlemişlerdir.

Salyangozun büyüklüğüne bağlı olarak aminoasit profillerinde bir fark görülmemiştir. *C. sulcata*'daki toplam aminoasit konsantrasyonu, 18,73 g/100 g taze ağırlık veya 95,13 g/100 g protein olarak bulunmuştur. Toplam esansiyel aminoasit konsantrasyonu ise, $30,66 \pm 2,9$ 'dur. *C. sulcata*'nın protein konsantrasyonu, 17,6 g/100 g taze ağırlık olarak önemli miktardadır. Küçük ve büyük salyangoz gruplarında triptofan konsantrasyonu ise sırasıyla $4,2 \pm 0,7$ g/100 g ve $5,3 \pm 1,3$ g/100 g protein olarak bulunmuştur. *C. sulcata* mükemmel bir taurin ve triptofan kaynağıdır ve bu elementlerden yoksun diyetleri zenginleştirmek için bir takviye olarak kullanılabilir (Mason vd., 2014).

Hexaplex trunculus

Hexaplex trunculus, Tunus'un ekonomik açıdan önemli yeni kabuklu deniz ürünleri türüdür. *H. trunculus* (*Murex trunculus*), Muricidae familyasından deniz gastropod yumuşakçası olan orta büyüklükte bir deniz salyangozu türüdür (Zarai vd., 2012). *H. trunculus*, insan tüketimi için kullanılır (Zarai vd., 2011).

Zarai vd., (2011), et ve hepatopankreas arasında aminoasit oranlarında anlamlı farklılıklar ($P < 0,05$) gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Aspartik asidin ette (79 mg g^{-1}) ve hepatopankreasta ($73,8 \text{ mg g}^{-1}$) en bol bulunan aminoasit olduğu görülmüştür. Arginin ve histidin konsantrasyonları, ette hepatopankreasa göre anlamlı derecede ($P < 0,05$) daha yüksektir. Bununla birlikte, hepatopankreas daha yüksek seviyelerde glisin, fenilalanin, valin ve metiyonin içermiştir. Metiyonin, hepatopankreasta ($33,8 \text{ mg g}^{-1}$ protein) ete göre ($19,9 \text{ mg g}^{-1}$ protein) daha fazla miktardadır. Lizin, ette ($83,5 \text{ mg g}^{-1}$ protein) hepatopankreastan ($62,0 \text{ mg g}^{-1}$ protein) daha yoğundur. Salyangoz etinde ve hepatopankreasta esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasitlerin oranları sırasıyla 0,98 ve 1,04'dür (Zarai vd., 2011). Bu değerler, birçok balık türü için bildirilen 0,70 ortalamasından daha yüksektir (Iwasaki ve Harada, 1985). Deniz ürünlerinin aminoasit kompozisyonlarındaki farklılıklar tür, büyüklük, mevsimsel koşullar ve coğrafi konum gibi çeşitli faktörlere bağlı olabilir (Wesselinova, 2000). *H. trunculus*, önemli bir protein ve esansiyel aminoasit kaynağı olup, oldukça değerlidir (Zarai vd., 2011).

Zarai vd., (2012), Tunus deniz salyangozunun etinden 3 gr/100 gr verimle jelatin elde etmişlerdir. Jelatin, geri döndürülemez şekilde termal olarak denatüre edilmiş ve kısmen hidrolize edilmiş bir kolajen formudur (Foegeding vd., 1996). Gıda endüstrisinde jelatin, gıdaların elastikiyetini, kıvamını ve stabilitesini geliştirmek için bir bileşen olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Johnston-Banks, 1990). Taze salyangoz etinin protein içeriği %15,74 olarak bulunmuştur. Salyangoz eti jelatininin yüksek protein (%88,62) içeriğine

sahip olup, fazla miktarda aminoasit içerdiği belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, jelatinin deniz salyangozundan kabul edilebilir kalitede, daha iyi kimyasal bileşime ve fonksiyonel özelliklere sahip olarak başarıyla çıkarılabileceğini göstermiştir. Dolayısıyla deniz salyangozunun jelatin üretmek için potansiyel bir kaynak olduğu varsayılabilir (Zarai vd., 2012).

Tympanotonus fuscatus, Thais coronata

Tympanotonus fuscatus ve *Thais coronata*, Mollusca şubesinin gastropodlarıdır. Bu salyangoz türleri, Nijerya'da ticari açıdan değerli kabuklu deniz ürünleridir (Inyang vd., 2018). *Tympanotonus fuscatus*, Nijerya'nın Nijer Deltası kıyı bölgesinde yaygın olarak bulunan deniz salyangozu türüdür (Dambo, 1993). *Thais coronata* ise deniz salyangozu türü olup, Muricidae familyasındandır. Mangrov alanlarında, kumlu plajlarda ve çamurlu kumlu alt tabaka alanlarında kolaylıkla bulunurlar (Ebong vd., 2014).

Inyang vd., (2018), *Tympanotonus fuscatus* ve *Thais coronata* türlerinin yenilebilir kısımlarını (et) toz haline getirmişlerdir. Bu türlerin protein içeriğinin yüksek olduğu görülmüştür. *T. fuscatus*'un protein içeriği %41,51; *T. coronata*'nın protein içeriği ise %58,45'dir. Toplam aminoasit miktarı *T. fuscatus* için 77,76g/100g protein, *T. coronata* için 83,53g/100g protein; toplam esansiyel aminoasit miktarı ise *T. fuscatus* için 32,97g/100g protein, *T. coronata* için 37,77g/100g proteindir. *T. fuscatus* ve *T. coronata*'da en bol bulunan esansiyel olmayan aminoasitler, glutamik asit (sırasıyla 12,11–13,32 g/100 g protein) ve aspartik asittir (sırasıyla 8,56–8,25 g/100 g protein) ve başlıca esansiyel aminoasit ise lösendir (sırasıyla 7,24–9,22 g/100 g protein). Et tozlarının içeriğindeki yüksek protein ve düşük ham lif oranı, tamamlayıcı gıdalarda kullanılmasını uygun hale getirecektir. Ayrıca, gıda ürünü formülasyonunda ve ürün geliştirmede başarılı bir şekilde uygulanması; bu besleyici, ucuz ve kolay bulunabilen hayvansal protein kaynaklarının kullanımının artmasını sağlayacaktır (Inyang vd., 2018).

Rapana venosa

Önemli bir deniz salyangozu olan *Rapana venosa*'nın besinsel ve ekonomik önemi gün geçtikçe artmaktadır (Luo vd., 2017). *R. venosa*, Muricidae familyasına aittir ve Kuzeybatı Pasifik'e özgü olan büyük yırtıcı bir deniz salyangozudur (Chung vd., 2002). 1940'lı yılların başlarında, yetişkin veya yumurta kapsülleri halinde Karadeniz'e getirilmiş ve tüm dünyaya yayılmıştır (Drapkin, 1953). Besin değerinin yanı sıra, biyoteknolojik uygulamalar için de potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Luo vd., 2017; Merdzhanova vd., 2018). Lezzetli bir tadı olan *R. venosa*, gıda ve ilaç olarak kullanılmaya uygundur. Yumuşak gövde, kabuk ve operkulum da dâhil olmak

üzere farklı vücut kısımlarının kullanımının geleneksel Çin tıbbında uzun bir geçmişi vardır (Luovd., 2017). *R. venosa*, biyomedikal ve farmasötik cilt bakım ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılabilen değerli bir alternatif ve güvenli bir jelatin kaynağı olabilir (Gaspar-Pintilieşcu vd., 2019).

Luo vd., (2017), *Rapana venosa*'nın farklı vücut bölgelerindeki aminoasit profillerini araştırmışlardır. 8 tanesi esansiyel aminoasit olmak üzere toplam 17 farklı aminoasit tanımlanmıştır. Et ve iç organ kütlesi de dâhil olmak üzere yenilebilir dokular, esansiyel aminoasitlerin değerli kaynaklarıdır (Luo vd., 2017). *R.venosa*'nın vücudunun farklı bölgelerinde baskın esansiyel aminoasit olan lösin, iskelet kası metabolizmasının düzenlenmesinde eşsiz bir rol oynayan ve kas erimesinin tedavisinde kullanılan en önemli aminoasitlerden biridir (Ham vd., 2014). Esansiyel olmayan aminoasitler arasında glutamik asidin et ve iç organ kütlesinde en bol bulunan aminoasit olduğu belirlenmiştir. Operkulumda en bol bulunan aminoasitlerin ise glisin, aspartik asit, tyrosin ve arginin olduğu ifade edilmiştir. *R. venosa*'nın iç organ kütlesinin en yüksek esansiyel aminoasitleri ($231,7 \text{ g kg}^{-1}$), operkulumun ise en yüksek toplam aminoasitler ($899,6 \text{ g kg}^{-1}$) ile esansiyel olmayan aminoasitleri ($672,8 \text{ g kg}^{-1}$) içerdiği gözlemlenmiştir. Operkulum, protein ve lezzet aminoasitleri açısından zengindir ve bu da potansiyel olarak bazı proteinler, polipeptitler ve peptit gelişimi için çok ilginç bir kaynak olabilir (Luo vd., 2017). Pek çok çalışma, taurin'in membran stabilizatörü, hücre hacmi düzenlemesi, vücut gelişimi ve antioksidatif savunma gibi çeşitli fizyolojik işlevlerde rol oynadığını göstermiştir (Lambert vd., 2015). *R. venosa* etinde ve iç organ kütlesindeki taurin konsantrasyonları sırasıyla $27,6 \pm 0,8$ ve $17,2 \pm 0,8 \text{ g kg}^{-1}$ DW olarak bulunmuştur (Luo vd., 2017). Vücudun farklı bölgelerindeki aminoasit profillerinin büyük farklılıklar göstermesi, deniz ürünlerinin aminoasit içerikleri üzerinde vücudun farklı bölgelerinin etkisinin araştırılmasının önemini ortaya koymaktadır (Zarai vd., 2011; Khong vd., 2016).

Hemifusus ternatanus

Çin'in doğu ve güney kıyılarından Japonya'ya kadar olan bölgede yaşayan *Hemifusus ternatanus*, yırtıcı bir deniz salyangozudur (Phillips ve Depledge, 1986). *H. ternatanus*, hoş bir tada sahip deniz salyangozu olup, su ürünleri yetiştiriciliği için potansiyel aday bir türdür. Bu türün yetiştiriciliği, yüksek piyasa fiyatı ve doğal stokların tükenmesi nedeniyle artmaktadır (Tang vd., 2016).

Tang vd., (2016), hem kültüre alınmış hem de doğal *Hemifusus ternatanus*'un, yüksek düzeyde lezzet arttırıcı aminoasitler içerdiğini bildirmişlerdir. Kültür ve doğal *H. ternatanus* arasında protein içeriklerinin

önemli ölçüde farklı olmadığı belirlenmiştir. Kültür ve doğal deniz salyangozları arasında genel aminoasit kompozisyonunda istatistiksel bir fark görülmemiştir ($P > 0,05$). Ayak kasında en bol bulunan aminoasit glutamik asittir, bunu arginin, aspartik asit ve lösin izlemektedir. Toplam aminoasit konsantrasyonu, kültür ortamında $68,58 \pm 8,92$; doğal ortamda $67,37 \pm 0,50$ (% , kuru baz) olarak bulunmuştur. Toplam esansiyel aminoasit konsantrasyonu ise, kültür ortamında $20,88 \pm 1,43$; doğal ortamda $19,97 \pm 0,79$ (% , kuru baz) olarak belirlenmiştir. Diyetlerin yüksek maliyeti göz önüne alındığında, ergin salyangozların besin gereksinimlerinin belirlenmesi ve formüle edilmiş yemlerin geliştirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Tang vd., 2016).

Sonuç

Sağlıklı beslenme, insan gelişimi ve günlük vücut gereksinimleri için olmazsa olmazdır. En önemli besin öğelerinden biri olan et; yüksek değerli protein, esansiyel aminoasitler, vitaminler ve önemli mineraller açısından zengindir. Salyangozlar besin değeri açısından ilgi çekici bir besin olup, tüm dünyada nadir bulunan bir lezzet olarak kabul edilirler. Düşük yağ içeriğinden dolayı sıklıkla tercih edilirler (Pissia vd., 2021). Salyangozlar; ahtapot, istiridye ve kalamar gibi Mollusca şubesine ait türlere kıyasla daha yüksek protein içeriğine sahiptirler (KhanveLiu, 2019). Aynı zamanda iyi bir aminoasit kaynağıdır ve lösin ile lizin gibi esansiyel aminoasitler bakımından içerikleri sığır eti ve kuzu etiyle aynı değerdedir (Ahmad vd., 2018).

Deniz salyangozlarının besin değerlerine ilişkin veriler oldukça sınırlıdır (Özden ve Erkan, 2011). Salyangoz gibi yeterince değerlendirilmeyen deniz kaynaklarının, insan ve hayvanlar için gıda olarak kullanımı konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Mason vd., 2014).

Kaynaklar

- Adegoke, A., Bukola, C., Comfort, U., & Amos, O. (2010). Snails as meat source: Epidemiological and nutritional perspectives. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 2, 1–6.
- Adeyeye, S. A. O., Bolaji, O. T., Abegunde, T. A., & Adesina, T. O. (2020). Processing and utilization of snail meat in alleviating protein malnutrition in Africa: A review. *Nutrition & Food Science*, 50, 1085–1097.
- Agbogidi, O. M., & Okonta, B. C. (2011). Reducing poverty through snail farming in Nigeria. *Agricultural and Biological Journal of North America*, 2(1), 169–172.
- Ahmad, R. S., Imran, A., & Hussain, M. B. (2018). Nutritional composition of meat. In M. S. Arshad (Ed.), *Meat science and nutrition*.
- Babu, A., Venkatesan, V., & Rajagopal, S. (2011). Fatty acid and amino acid composition of the gastropods, *Tonna dolium* (Linnaeus, 1758) and *Phalium glaucum* (Linnaeus, 1758) from the Gulf of Mannar, South East Coast of India. *Annals of Food Science and Technology*, 12(1), 159–163.
- Barker, G. (2001). The biology of terrestrial molluscs. In G. Barker (Ed.), *Gastropods: Land phylogeny, diversity, and adaptive morphology* (pp. 1–146).
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th ed.). Springer.
- Chung, E. Y., Kim, S. Y., Park, K. H., & Park, G. M. (2002). Sexual maturation, spawning, and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia*, 44(2), 241–257.
- Cicero, A., Giangrosso, G., Cammilleri, G., Macaluso, A., Currò, V., Galuppo, L., Vargetto, D., Vicari, D., & Ferrantelli, V. (2015). Microbiological and chemical analysis of land snails commercialized in Sicily. *Italian Journal of Food Safety*, 4(2), 66–68.
- Cobbinah, J. R., Adri, V., & Ben, O. (2008). *Snail farming: Production, processing and marketing* (1st ed.). Agromisa Foundation.
- Copper, J. E., & Knower, C. (1991). Snails and snail farming: An introduction for the veterinary profession. *Veterinary Record*, 129, 541–549.
- Çelik, M. Y., Duman, M. B., Sariipek, M., Uzun Gören, G., Kaya Öztürk, D., & Karayücel, S. (2019). Growth and mortality rates of *Cornu aspersum*: Organic snail culture system, Black Sea region. *Journal of Agricultural Science*, 25(2), 189–196.
- Dambo, W. B. (1993). Tolerance of periwinkle *Pachymelania aurita* and *Tympanotonus fuscatus* to refined oil. *Environmental Pollution*, 99, 293–296.
- Drapkin, E. (1953). New mollusc in the Black Sea. *Priroda*, 8, 95.
- Ebong, I. U., Osuchukwu, N. C., & Ebong, E. U. (2014). Liver enzymes and hematological effect of sub-chronic periwinkle (*Pachymelania aurita*) and

- rock snail (*Thais coronata*) consumption in anaemic albino rats. *Journal of Medical Science*, 14(4), 174–178.
- Fayenuwo, J. O., Popoola, Y. A., Omole, A. J., Owosibo, O. A., Harry, B. J., & Olorunbohunmi, T. O. (2019). Growth and reproductive indices of snails fed varying proportions of leaves of *Moringa oleifera* and pawpaw (*Carica papaya*). *Livestock Research for Rural Development*, 31.
- Foegeding, E. A., Lanier, T. C., & Hultin, H. O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. In O. R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (pp. 902–906). Marcel Dekker.
- Food and Agriculture Organization/World Health Organization. (2010). Report on the Joint FAO/WHO expert consultations on the risks and benefits of fish consumption (FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 978).
- Gaspar-Pintilieșcu, A., Stefan, L. M., Anton, E. D., Berger, D., Matei, C., Negreanu-Pirjol, T., & Moldovan, L. (2019). Physicochemical and biological properties of gelatin extracted from marine snail *Rapana venosa*. *Marine Drugs*, 17, 589.
- Ham, D. J., Caldwell, M. K., Lynch, G. S., & Koopman, R. (2014). Leucine as a treatment for muscle wasting: A critical review. *Clinical Nutrition*, 33, 937–945.
- Hargreaves, S. M., Raposo, A., Saraiva, A., & Zandonadi, R. P. (2021). Vegetarian diet: An overview through the perspective of quality of life domains. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4067.
- Hickman, C., Roberta, L. S., Keen, S., Larson, A., L'Anson, H., & Eisenhour, D. J. (2008). Integrated principles of zoology (14th ed.).
- Hill, E. A., Hunt, C. O., Lucarini, G., Mutri, G., Farr, L., & Barker, G. (2015). Land gastropod piercing during the Late Pleistocene and early Holocene in the Haua Fteah, Libya. *Journal of Archaeological Science Reports*, 4, 320–325.
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. (2004). Protein – Which is the best? *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 118–130.
- Hosomi, R., Yoshida, M., & Fukunaga, K. (2012). Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, 4(3), 72–86.
- Hoşsu, B., Korkut, A. Y., & Fırat, A. (2008). Balık besleme ve yem teknolojisi I (Yayın No. 50, 276 s.). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi*.
- Inyang, U. E., Etim, I. G., & Effiong, B. N. (2018). Comparative study on the chemical composition and amino acid profile of periwinkle and rock snail meat powders. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 3(2), 54–59.

- Iwasaki, M., & Harada, R. (1985). Proximate and amino acid composition of the roe and muscle of selected marine species. *Journal of Food Science*, 50, 1585–1587.
- Jayaprabha, D. (2016). Amino acid and fatty acid profile of the marine gastropod *Turbo brunneus* (L., 1758) along the Gulf of Mannar region of Thoothukudi. *International Journal of Recent Innovations and Trends in Computing and Communication*, 4(5), 284–287.
- Johnston-Banks, F. A. (1990). Gelatin. In P. Harris (Ed.), *Food gels* (pp. 233–289). Elsevier.
- Kalaycıoğlu, L., Serpek, B., Nizamlioğlu, M., Başpınar, N., & Tiftik, A. M. (1998). *Biyokimya*. Veteriner Fakültesi Basım Ünitesi.
- Keha, E. E., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2015). *Biyokimya* (11. baskı). Aktif Yayınevi.
- Khan, B. M., & Liu, Y. (2019). Marine mollusks: Food with benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 548–564.
- Khong, N. M. H., Yusoff, F. M., Jamilah, B., Basri, M., Maznah, I., Chan, K. W., & Nishikawa, J. (2016). Nutritional composition and total collagen content of three commercially important edible jellyfish. *Food Chemistry*, 196, 953–960.
- Lambert, I. H., Kristensen, D. M., Holm, J. B., & Mortensen, O. H. (2015). Physiological role of taurine from organism to organelle. *Acta Physiologica*, 213, 191–212.
- Lubell, D. L. (2004). Prehistoric edible land snails in the circum-Mediterranean: The archaeological evidence. In *Petits Animaux et Sociétés Humaines: Du Complément Alimentaire aux Ressources Utilitaires* (pp. 77–98).
- Luo, F., Xing, R., Wang, X., Peng, Q., & Li, P. (2017). Proximate composition, amino acid and fatty acid profiles of marine snail *Rapana venosa* meat, visceral mass and operculum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5361–5368.
- Malik, A., Aremu, A., Bayode, G. B., & Ibrahim, B. A. (2011). A nutritional and organoleptic assessment of the meat of the giant African land snail (*Archachatina marginata* Swainson) compared to the meat of other livestock. *Livestock Research for Rural Development*, 23.
- Mason, S. L., Shi, J., Bekhit, A. E. D., & Gooneratne, R. (2014). Nutritional and toxicological studies of New Zealand *Cookia sulcata*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 36(1–2), 79–84.
- Merdzhanova, A., Panayotova, V., Dobрева, D. A., Stancheva, R., & Peycheva, K. (2018). Lipid composition of raw and cooked *Rapana venosa* from the Black Sea. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 29, 49–55.
- Monney, P., Adeikumah, D., & Mohammed, T. (2020). Snail farming in Ghana: History and current economic development.

- National Research Council. (1993). Nutrient requirements of fish. National Academy Press.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2016). Biyokimyanın ilkeleri (5. baskı). Palme Yayıncılık.
- Özden, Ö., & Erkan, N. (2011). A preliminary study of amino acids and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *British Food Journal*, 113, 457–469.
- Page, L. R. (2006). Modern insights on gastropod development: Reevaluation of the evolution of a novel body plan. *Integrative and Comparative Biology*, 46, 134–143.
- Periyasamy, N., Srinivasan, M., Devanathan, K., & Balakrishnan, S. (2011). Nutritional value of gastropod, *Babylonia spirata* (Linnaeus, 1858) from Thazhanguda, Southeast Coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, (Suppl.), S249–S252.
- Phillips, D. J. H., & Depledge, M. H. (1986). Chemical forms of arsenic in marine organisms, with emphasis on *Hemifusus* species. *Water Science and Technology*, 18(4–5), 213–222.
- Pissia, M. A., Matsakidou, A., & Kiosseoglou, V. (2021). Raw materials from snails for food preparation. *Future Foods*, 3, 100034.
- Ponder, W., & Lindberg, D. R. (2008). Phylogeny and evolution of the Mollusca. University of California Press.
- Rygało-Galewska, A., Zglińska, K., & Niemiec, T. (2022). Edible snail production in Europe. *Animals*, 12.
- Sivasankar, B. (2011). Food processing and preservation (pp. 303–304). PHI Learning Private Limited.
- Tang, B. J., Wei, W., Huang, Y., Zou, X., & Yue, Y. (2016). Growth performance and nutritional composition of *Hemifusus ternatanus* under artificial culturing conditions. *Aquaculture*, 459, 186–190.
- Teo, S. S. (2004). Biology of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), with emphasis on responses to certain environmental conditions in Sabah, Malaysia. *Molluscan Research*, 24, 139–148.
- United Nations. (2023). Global issues: Population. <https://www.un.org/en/global-issues/population>
- United Nations Environment Programme. (2021). Rethinking food systems. <http://www.unep.org/news-and-stories/story/rethinking-food-systems>
- Wesselinova, D. (2000). Amino acid composition of fish meat after different frozen storage periods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 9, 41–48.
- Zarai, Z., Frikha, F., Balti, R., Miled, N., Gargouri, Y., & Mejdoub, H. (2011). Nutrient composition of the marine snail (*Hexaplex trunculus*) from the

Tunisian Mediterranean coasts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1265–1270.

Zarai, Z., Balti, R., Mejdoub, H., Gargouri, Y., & Sayari, A. (2012). Process for extracting gelatin from marine snail (*Hexaplex trunculus*): Chemical composition and functional properties. *Process Biochemistry*, 47, 1779–1784.

Yapay Fotosentez ve Sürdürülebilir Enerji Potansiyeli

Ragıp Adıgüzel¹

Özet

Bu çalışmada 21. Yüzyılın başlıca sorunu olan küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede yapay fotosentez ve uygulamaları ele alınmıştır. Yapay fotosentez gezegenimiz için temiz ve sürdürülebilir enerji konusunda ümit vaat eden önemli bir mihenk taşıdır. Doğal fotosentezden ilham alınarak geliştirilen bu biyokimyasal proseste güneş ışığı veya yapay ışık yardımıyla karbondioksit ve su yakıtlar ve oksijen gibi faydalı kimyasallara dönüştürülebilmektedir. Bu suretle yakıt ve oksijen üretme sürecinde sera gazına neden olan büyük miktarda zararlı karbondioksit atmosferimizden giderilebilecektir. Doğada yeterince su ve karbondioksit bulunması yapay fotosentez üzerinde çalışmayı değerli kılmaktadır. Nitekim birçok araştırmacı bu alana yoğun ilgi göstermekte olup son yıllarda yapılan çalışmalar hızla artış göstermektedir. Bununla birlikte, yüksek performansa sahip etkin fotokatalizörlerin geliştirilmesinin yanı sıra yapay fotosentez sistemlerinin ekonomik ve verimlilik bakımından sürdürülebilir hale gelmesi ve küreselleşmesi için bir dizi çalışmalar ve zaman gerekmektedir.

Giriş

Gezegeneimizin güneş ışınlarının atmosferde su buharı, karbondioksit ve metan gibi sera gazları tarafından tutulması sonucunda ısınması sera etkisi olarak tanımlanmaktadır. Sera etkisi, normal koşullar altında doğal düzenin bir parçası olup dünya sıcaklığının belirli bir seviyede olması ve doğal hayatın sürdürülebilmesi için sera gazlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, artan dünya nüfusu, fosil yakıt kullanımı, ormanların yok olması, kaynakların aşırı ve düzensiz bir şekilde tüketilmesi ve insan faaliyetleri sonucunda atmosferdeki sera etkisi yapan gazlarda doğal olmayan bir artış göstermekte

1 Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Tunceli, Türkiye, radiguzel@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0002-7050-0575

ve bunun sonucunda da küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Küresel ısınma sonucu meydana gelen iklim değişikliği doğal afetlere, su kıtlığı ve buna bağlı olarak tarımda olumsuz etkilere ve biyolojik çeşitliliğin yok olmasına sebep olmaktadır. İklim değişikliği sebep olduğu çevresel felaketlerle birlikte insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple, geleceğimizi tehdit eden küresel ısınma ve iklim değişikliği dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir. Aynı zamanda dünyanın çözüm üretilmesi bakımından öncelikli ve acil bir sorundur. Küresel ısınma, hava kirliliği ve enerji güvenliği konusundaki artan endişelere temel bir çözüm, yenilenebilir ve çevre dostu karbon salmayan veya karbon nötr enerji kaynaklarının kullanılmasıdır (Pirinç ve Beşer, 2024).

İklim değişikliği ile küresel anlamda ortak mücadele edilmesi konusunda 2015 yılında Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Paris Anlaşması'na göre, belirlenen küresel sıcaklık artışının 1,5 °C ile sınırlandırılması hedefine ulaşılabilmesi için 2030 yılına kadar emisyon seviyesinin %45 azaltılmasının sağlanması ve yüzyıl ortasına kadar net sıfır emisyona ulaşılması gerektiği ifade edilmektedir. Türkiye, 11 Kasım 2021 tarihinde Paris Anlaşmasına taraf olmuş ve iklim değişikliği ile mücadelede hem net sıfır emisyon hedefi vererek hem de Paris Anlaşması'na taraf olarak kararlılığını göstermiştir. 12. Kalkınma Planında da (2024-2028) sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğine uyum eylemlerinin güçlendirilmesine ilişkin uzun dönemli bir yol haritası belirlenmiştir (ÇŞİDB-İDB, 2024).

Ayrıca, Dünya Bankası Türkiye Yeşil Sanayi Projesi kapsamında Avrupa yeşil mutabakatı ve iklim değişikliğine uyuma yönelik Ar-Ge ve yenilik konuları ve yeşil büyümeye hizmet eden Ar-Ge ve yenilik konuları öncelikli konular arasında yer almaktadır (ÇŞİDB-İDB, 2023; TÜBİTAK, 2024).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre, 2023 yılında dünya genelinde enerji tüketiminin %27'si yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanırken 2024 yılı itibarıyla bu oran %30'a yükselmiştir. Türkiye'nin toplam enerji üretiminin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanma oranı ise, 2024 yılında da artış göstererek %40'a yükselmiştir (Energy Exporter, 2024).

Bu konuda güneş enerjisi, tüm yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları arasında daima en başta yer almakta ve günümüzde de önemini korumaktadır. Literatürde tüm rezervlerden elde edilebilen toplam enerji miktarının, güneşin dünya yüzeyine sağladığı güneş enerjisinin yaklaşık %1'ine karşılık geldiği belirtilmektedir. Daha anlaşılır bir şekilde ifade etmek gerekirse, güneş enerjisi, güneş sisteminin ömrü boyunca tüm enerji ihtiyaçlarını karşılayacak kadar fazladır. Buna karşın, bu enerjinin

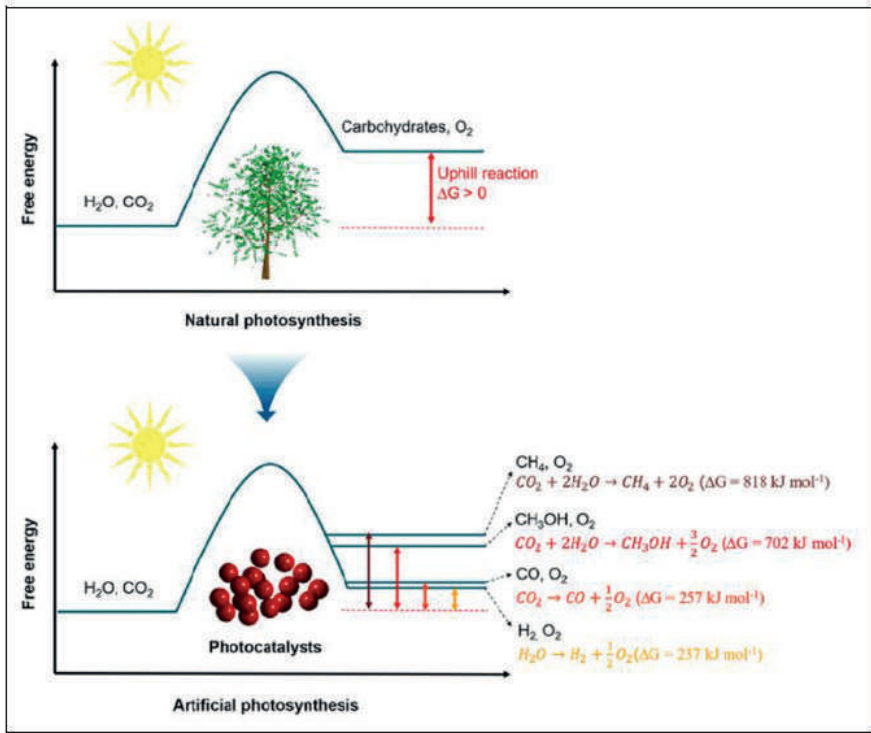
toplanması, depolanması ve kullanılması için ekonomik açıdan uygulanabilir teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir (Kim ve ark., 2019).

Enerji, ekonomik kalkınma ve sosyal büyüme için önemli bir itici güçtür. Dünya nüfusunun artması ve gelişen teknoloji ile paralel olarak enerji talebi de hızla artmaktadır. Bu bağlamda, enerji talebini karşılarken sera gazı emisyonlarını ve karbon ayak izini azaltma üzerine yoğunlaşan araştırmacılar için yenilenebilir enerji kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması başlıca itici güç olmuştur (Azarpour ve ark., 2022).

İşte tam bu noktada küresel ısınma ile mücadele konusunda yapay fotosentez (YF) imdadımıza yetişmektedir. YF sistemleri, doğal fotosentezden ilham almak suretiyle güneş ışığı veya yapay ışık kaynakları yardımıyla karbondioksit ve suyu özellikle yakıtlar ve oksijen gibi yararlı kimyasallara dönüştüren biyokimyasal proseslerdir. Bu süreçte gerçekleşen tepkimeler aşağıda verilmektedir (Saravanana ve ark., 2021).



Tepkime 1’de oksijen ve karbonhidratlar meydana gelirken tepkime 2’de yine ışığı soğuran fotosensitizörler (PTS) vasıtasıyla karbonhidrat ile sudan karbondioksit ve hidrojen molekülü açığa çıkmaktadır. Diğer bir tabirle, fotokatalitik su ayrıştırmasında, karbonhidrat hidrojen moleküllerine dönüştürülür (Saravanana ve ark., 2021). Doğal fotosentezde güneş ışınları klorofiller yardımıyla soğurulurken YF tekniğinde ışık spektrumu fotosensitizörler (PTS) tarafından soğurulmaktadır. Kullanılan fotosensitizörler genellikle rutenyum polipiridin kompleksleri ve türevleridir, zira bu maddeler ışık enerjisini soğurma konusunda verimli ve uzun ömürlüdürler (Deponti ve Natali, 2016). Reaksiyon hızını artırmak için ise, hidrojenazlar gibi enzimler kullanılır (Saravanana ve ark., 2021). **Şekil 1**’de doğal fotosentez ile YF süreçlerinin karşılaştırmasına ait şema görülmektedir. Her iki süreçte de reaksiyon endergonik olup gerekli olan enerji güneş ışığından karşılanmaktadır (Mandad ve ark., 2025). Karbondioksit emisyonu ve sürdürülebilir enerji açısından bakıldığında doğanın karbon döngüsünden esinlenerek yola çıkılan bu süreç, son derece önem arz eden sürdürülebilir enerji üretme potansiyeline sahiptir.



Şekil 1. Doğal fotosentez ve YF süreçlerinin karşılaştırmasına ait reaksiyon şeması (Mandad ve ark., 2025)

YF süreci, fabrikalar ve enerji santrallerinden salınan CO₂'nin kimyasal ürünlere dönüştürülmesi esnasında hammadde olarak kullanılması ve sudan güneş enerjisiyle üretilen temiz hidrojenle gerçekleşen ve aynı zamanda sera gazlarını azaltmaya yönelik umut verici bir yaklaşımdır. Buraya kadar gezegenimizi ve geleceğimizi tehdit eden karbondioksit salınımı ile meydana gelen sera gazlarının etkisiyle ortaya çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede, YF tekniğinin öneminin altı çizilmeye çalışıldı.

Yapay fotosentez (YF) prosesi

Doğal fotosentez sürecinin bir taklidi olarak geliştirilen YF süreci, doğal güneş ışığını toplayarak karşılığında karbondioksiti hidrojen ve karbon bazlı yakıtlara dönüştürür. Bu proses ile iki taraflı kazanç söz konusudur. Bir taraftan CO₂ emisyonu düşürülürken diğer taraftan fotokatalitik yolla H₂O'nun ayrışması ile hidrojen üretilmektedir.

YF ile hidrojen üretimi, mikroorganizmalarla yapılan karanlık ve fotofermantasyon ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir H₂ verimi veya

daha yüksek ışık dönüşüm verimliliği elde etme potansiyeline sahip olabilir. Ancak, bu süreç geliştirilme aşamasında olup, daha verimli teknolojilere ve daha düşük H_2 üretim maliyetine duyulan ihtiyaç nedeniyle ticarileşme aşamasına ulaşmak için uzun bir yol kat edilmesi gerekmektedir (Singh ve ark., 2021).

YF ile güneş hücreleri kullanılarak güneş ışığı kullanılabilir elektriğe dönüştürülmektedir. Reaksiyonun sonunda sadece oksijen salmak yerine, süreç havadaki karbondioksiti ve suyu da sıvı hidrojene dönüştürür. Bu sıvı hidrojen, motorları çalıştırmak veya klima sistemlerini ve su ısıtıcılarını çalıştırmak için yakıt olarak kullanılabilir (Mu, 2021). Bu yüzden YF, üzerinde derinlemesine çalışılmak kaydıyla geleceğimiz için ümit vaat etmektedir.

Bu çalışmada YF uygulamaları ele alınırken CO_2 'nin güneş yakıtlarına indirgenmesi ve bunların diğer endüstrideki uygulamaları ile birlikte fotokatalitik yolla sudan hidrojen üretilmesi üzerinde durulacaktır.

YF yönteminin tarihsel gelişimi

YF kavramı ilk kez 1912 yılında fotokimya ve yeşil kimyanın öncüsü olan İtalyan Kimyager G. L. Ciamician tarafından ortaya atıldı. Bitkilerin enerji üretim yöntemlerini taklit etmeyi amaçlayan fotokimyasal süreçlerle güneş enerjisinden yararlanılması konusunda öneride bulundu (KIZUNA, 2021).

1967 yılında Dr. Akira Fujishima'nın, Dr. Kenichi Honda'nın rehberliğinde güçlü fotokatalitik özelliklere sahip bir materyal olan titanyum dioksitin (TiO_2) fotokatalitik özelliklerini keşfettiğinde önemli bir ilerleme kaydedildi. Bu sayede TiO_2 'yi su altında ultraviyole ışığına maruz bırakmanın bitkilerdeki fotosenteze benzer bir redoks (veya oksidasyon-redüksiyon) reaksiyonuyla su moleküllerinin hidrojen ve oksijene ayırabileceğini buldular. Bunun üzerine Dr. Fujishima'nın Dr. Honda ile yazdığı makalenin 1972'de yayınlanmasının ardından fotokataliz reaksiyonu "Honda-Fujishima Etkisi" olarak literatüre geçti. Bu öncü çabaların, doğal fotosentez süreçlerini taklit ederek sürdürülebilir enerji çözümleri geliştirmeyi amaçlayan YF üzerinde devam eden araştırmaların temelini oluşturduğu söylenebilir. (KIZUNA, 2021).

Fosil yakıtlardan hidrojen gibi yenilenebilir enerjilere geçişle birlikte, karbondan arındırılmış bir topluma ulaşmak için bir diğer önemli önlem şüphesiz karbon geri dönüşümüdür. Diğer bir tabirle, CO_2 'yi kaynak olarak etkili bir şekilde kullanmaktır. Bu bakış açısından yola çıkarak Fujishima, yüksek verimli güneş hücrelerinden üretilen elektriği kullanarak suyun elektrolizi yoluyla üretilen hidrojeni enerji santrallerinden ve fabrikalardan yayılan CO_2 ile birleştirerek enerji kaynağı olarak kullanılabilen metanole

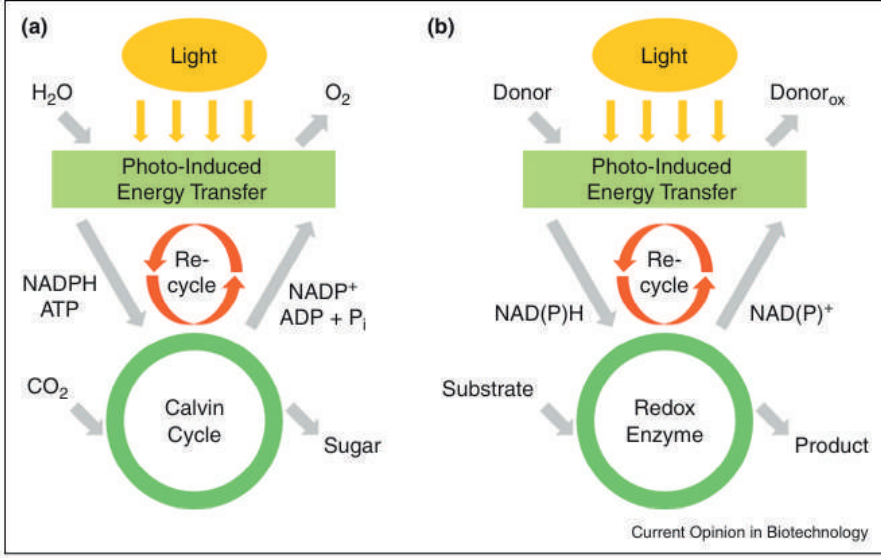
dönüştürmesini önermiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi halinde, CO₂ gibi karbon içeren gazlar artık sera etkisine katkıda bulunamayacaktır. Tam tersine, bu gazlar petrol ve doğal gazın yerini alacak “kaynaklar” haline gelecektir (KIZUNA, 2021). Bu bağlamda 21. Yüzyılın başlarından itibaren özellikle son on yılda yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi ve sürdürülebilirlik adına epey çalışma yapılmış olup bunların her birinde bir sonraki çalışmalara ışık tutacak önemli adımlar atılmıştır. En önemli adımlardan biri de güneş ışığını yakalama ve yönlendirme ile birlikte CO₂ indirgeme performansını iyileştirmeye yönelik etkili olan yeni fotokatalizörlerin geliştirilmesine odaklanılmasıdır (Li ve ark., 2016).

Karbondiyoksitin güneş yakıtlarına indirgenmesi ve endüstrideki uygulamaları

Doğal fotosentezde ışık enerjisinden kimyasal enerji üretirken meydana gelen ışık reaksiyonu, Calvin döngüsüne göre CO₂'yi karbondihidratlara indirgemek için ATP ve NADPH tüketen çeşitli redoks enzimatik reaksiyonlar yoluyla gerçekleşmektedir. Doğal fotosentez sürecinden esinlenen biyokatalitik YF'de ise kuantum noktaları, silikon nanoteller ve organik boyalar gibi yardımcı faktörlerin sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Redoks enzimatik reaksiyonların foto-indüklenen enerji toplama ve elektron transferi ile birleşimi süreci, yakıtları ve diğer kimyasalları görünür ışık altında sentezlemek için kullanılabilir (Azarpour ve ark., 2022). Böylece güneş ışığı enerjisinin yüksek enerjili kimyasal bağlarda depolanmasını sağlayan YF süreci, dünyadaki canlı organizmalara da fayda getirecektir. Doğal fotosentez ve biyokatalitik YF'nin basit döngülerinin şematize edilmiş hali **Şekil 2**'de görülmektedir.

Azarpour ve ark. (2022) tarafından bu süreçte makul dönüşüm verimliliklerinde su moleküllerinin oksijene ve hidrojene ayrışması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bu ayrışmanın, çevre dostu elektrik enerjisi üretimi için kullanılabilen karbon içermeyen bir enerji taşıyıcısı olan hidrojen üretme bakımından avantaj sağladığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte soğurulan en enerji miktarının, su moleküllerini elektrokimyasal oksidasyonla oksijene ayırmak ve proton ve CO₂'nin indirgenmesiyle kimyasal yakıtların sentezi için yeterli olması gerekir. Bu değer bir su molekülünün hidrojen ve oksijene ayrışması için 1,23 V, metan oluşumunda CO₂'nin indirgenmesi için ise 1,4-1,6 V aralığında olduğu belirtilmiştir. Buna ilave olarak, daha geniş bir güneş spektrumundan verimli bir şekilde enerji soğurulması için daha küçük bant aralığına sahip yarı iletken malzemelerin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Bunların yanı sıra, YF tekniğinde suyun oksidasyonu ve yakıt üretimi için kullanılan katalitik işlem üzerinde daha çok çalışmaların

yapılması gerektiği, H_2 'nin güvenli bir şekilde depolanması ve taşınması ile ilgili güçlüklerin olduğu, H_2 katalizörlerinin O_2 'ye duyarlı olduğu ve kullanılan malzemelerin sulu ortamda korozyona uğradığı ifade edilmiştir (Azarpour ve ark., 2022).



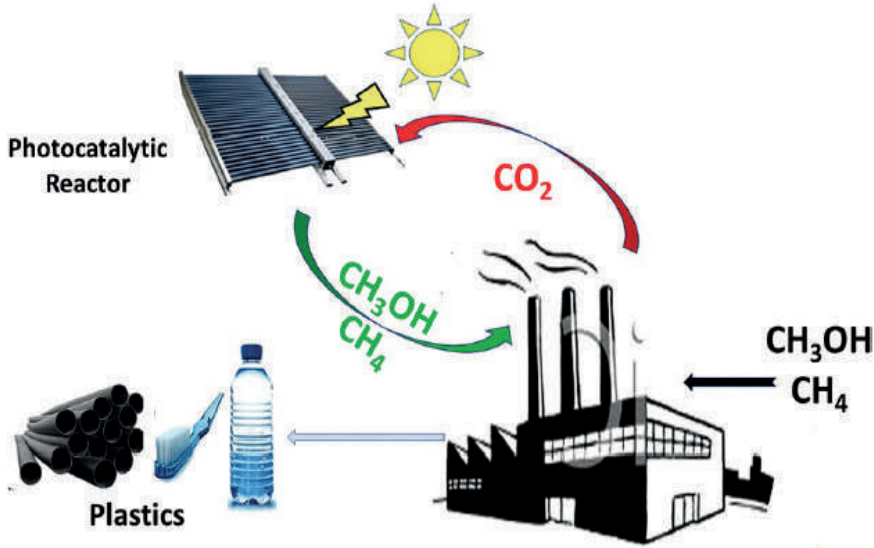
Şekil 2. Doğal fotosentez ve biyokatalitik YF'nin şematik gösterimi a) Doğal fotosentez, b) Biyokatalitik YF (Azarpour ve ark., 2022; Kim ve ark., 2014)

Güneş ışığı altında CO_2 'nin fotokatalitik dönüşümünü gerçekleştirmek için ışıkla harekete geçen bir malzeme olarak fotokatalizör yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Literatürde fotokatalizör kullanarak CO_2 dönüşümünün, çeşitli yöntemlerle elde edildiği rapor edilmektedir. Bu yöntemlerin bazıları içerik olarak süspanse edilmiş TiO_2 içeren CO_2 ile doymuş sulu çözelti, izopropil alkolde süspanse edilmiş TiO_2 tozları içeren yüksek basınçlı CO_2 sistemi ve nemlendirilmiş gaz fazlı CO_2 şeklindedir (Nawaz ve ark., 2019).

Bunlardan gaz fazı dönüşümü, sulu fazdan katalizörün sıfır geri kazanımı ve CO_2 'nin düşük çözünürlüğünün üstesinden gelinmesi avantajından dolayı ticari potansiyeli diğerlerini geride bırakmıştır. YF gibi, bu süreçte, H_2O varlığında foto uyarılmış elektronlar (e^-) aracılığıyla CO_2 'yi indirger ve metan (CH_4), metanol (CH_3OH), formaldehit ($HCHO$), formik asit ($HCOOH$) gibi enerji taşıyan ürünler elde edilir (Nawaz ve ark., 2019).

Bu süreçte aynı zamanda “Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası” hazırlık çalışmaları kapsamında belirlenen 6 pilot sektörden (Demir-

Çelik, Alüminyum, Çimento, Kimyasallar, Plastik ve Gübre) kimyasallar ve plastik sektörlerine de yeşil üretim bakımından katkı sağlanmaktadır (TÜBİTAK, 2024). Elde edilen bu güneş yakıtlarının potansiyel endüstriyel uygulamalarına ilişkin genel bir bakış **Şekil 3**'te verilmektedir (Nawaz ve ark., 2019).

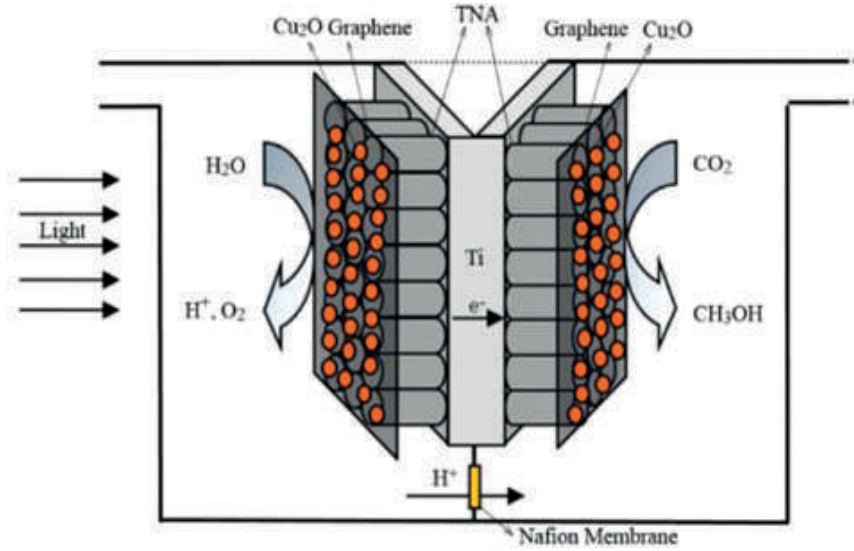


Şekil 3. CO₂'in fotokatalitik indirgenmesi ile güneş yakıtları ve yenilenebilir olefinlere giden karbon sıfır rotasının şematik gösterimi (Nawaz ve ark., 2019)

Bununla birlikte bu sistemin gerçekleşmesindeki en önemli problem, verimli bir şekilde bol miktarda güneş enerjisi toplayabilen aktif ve kararlı çok fonksiyonlu katalizörlerin eksikliğidir. Bu sebeple birçok araştırmacı güneş ışığını verimli bir şekilde yakalayabilen ve yönlendirebilen yeni fotokatalizörlerin geliştirilmesine odaklanmışlardır. Bunun yanı sıra, bu süreci endüstriyel uygulama için gerçekleştirmeye yönelik birçok araştırma yapılmış ve hız kesmeden halen araştırılmaya devam edilmektedir.

Bu alanda yapılan daha ileri bir çalışmada, Li ve ark. (2016) tarafından CO₂'nin verimli fotokatalitik dönüşümünde görünür ışık ($\lambda > 400$ nm) altında metanol elde edilmesi, sırasıyla grafen ve Cu₂O'nun elektrokimyasal depozisyonu ile hazırlanan monolitik iki taraflı Cu₂O/grafen/TiO₂ nanotüp dizisi (TNA) heteroyapısı kullanılarak, ışıkla çalışan çift odacıklı bir reaktörde başarıyla gerçekleştirilmiştir. Proton değişim membranı içeren reaktör sisteminin şematik diyagramı **Şekil 4**'te verilmiştir. Bu süreç, sürdürülebilir

enerji üretimi ve çevresel faydalar sağlaması açısından önemli bir adımdır. Bu fotokatalitik CO_2 dönüşümünde kullanılan heteroyapı katalizörünün (Cu_2O /grafen/TNA) bileşenlerinden Cu_2O , CO_2 'nin indirgenmesi için fotokatalizör olarak kullanılmıştır. Grafen, elektron iletkenliği yüksek olduğu için fotokatalitik süreçte yük taşıma ve transferini kolaylaştırarak fotokatalizörün etkinliğini artırmak amacıyla kullanılmıştır. TiO_2 güçlü fotokatalitik özelliklere sahip bir materyaldir. Bu nedenle TNA (TiO_2 Nanotüp Dizisi), TiO_2 'nin nanotüp yapısında olduğu için ışık emilimini artırması ve fotokatalitik aktiviteyi iyileştirmesi amacıyla kullanılmıştır (Li ve ark. 2016).

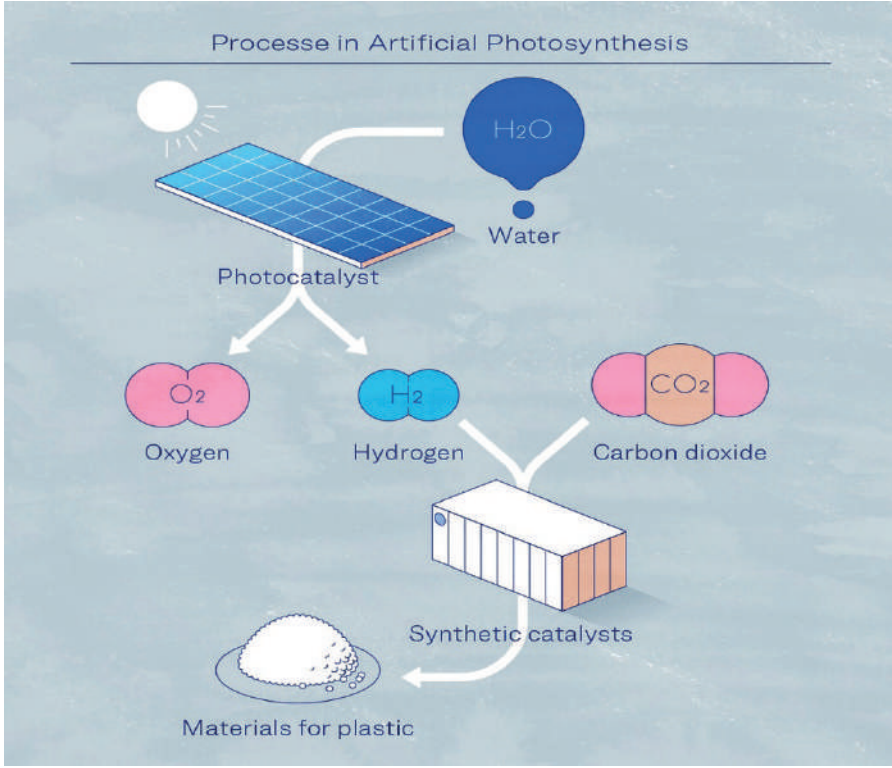


Şekil 4. CO_2 foto-redüksiyon reaksiyon sisteminin şematik diyagramı (Li ve ark., 2016; Nawaz ve ark., 2019)

YF süreci, CO_2 emisyonlarını azaltmanın ve güneş yakıtı üretmenin en doğrudan ve güçlü yolu olarak doğrulanmıştır. Bu sürecin en önemli lokomotifini hiç şüphesiz güneş ışığı ile birlikte CO_2 ve H_2O reaksiyonlarının katalize edilmesidir. Bu bağlamda güneş hücrelerinde, fotovoltaiik cihazlarda ve fotokatalizde mükemmel performansa sahip bir yarı iletken malzeme sınıfını ifade eden kurşun içermeyen perovskit ayarlanabilir bir bant aralığı ve yüksek kuantum verimliliği sergilemektedir. Bu özellikler fotojenlenmiş taşıyıcı kompleks verimliliğini artırarak katalitik reaksiyonları hızlandırmasını sağlamaktadır. Kurşunsuz perovskitin sayılan özellikleri, verimli fototermal katalizörlerin gereksinimine uygunluk göstermektedir. Bununla ilgili olarak Wang ve ark. (2021), CO_2 ve H_2O arasındaki reaksiyonu herhangi bir yardımcı

katalizör eklemeksizin CO ve CH₄ üretmek için başarıyla gerçekleştiren yeni bir kurşunsuz perovskit Cs₃Sb₂I₉ fototermal katalizörü geliştirmişlerdir. Bu katalizör ile 0,1 Wcm⁻² ışık yoğunluğuna sahip tam spektrumlu ışık ışınlamı ile 235 °C'de 95,7 μmolg⁻¹h⁻¹e kadar ulaşan yüksek verim elde etmişlerdir. Bu oranın, saf fotokatalizden 87 kat ve saf termal katalizden 5,2 kat daha yüksek olduğu ayrıca, literatürdeki daha önceki çalışmalara göre daha yüksek olduğu da belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Cs₃Sb₂I₉ ışıqla ışınladığında, I⁻'nin I⁰ye dönüştürülmek üzere elektron kaybettiğini ve böylece oksidasyon reaksiyonu için aktif bölge görevi gördüğünü ortaya koymuşlardır. Ayrıca, Sb³⁺'ün de indirgeme reaksiyonu için aktif bölge olarak davrandığı ve termal etkinleştirme sonucu oluşan I⁻ aktif bölgesi ve ışığa bağlı enerji geçişinin sinerjisi elektron transferini hızlandırmakla birlikte CO₂'nin adsorpsiyon ve aktivasyonunu iyileştirdiği ifade edilmektedir (Wang ve ark., 2021).

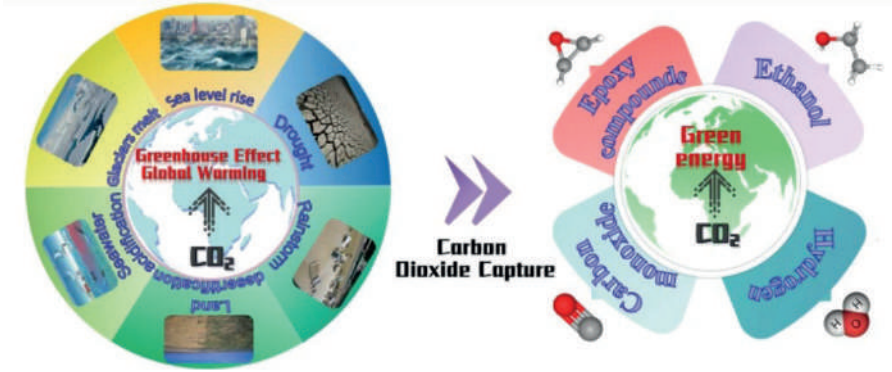
KAITEKI Solution Center' e bağlı Mitsubishi Chemical Corporation (MCC) tarafından YF ile sudan elde edilen hidrojeni fabrikalardan ve enerji santrallerinden yayılan CO₂'yi olefin üretmek için kullanırken CO₂ yayan kimyasal ürün üretim süreçlerinden CO₂ emilim sürecine büyük bir geçiş yapılmış olacağı belirtilmektedir. MCC, üç adımda gerçekleşen bu sürecin tümü için teknolojik geliştirme yapmaktadır. İlk adımda güneş ışığı ve fotokatalizör yardımıyla suyun oksijen ve hidrojene ayrılması söz konusu olup karışık gazdan hidrojeni ayırmak için ayırma membranının kullanılması ikinci adımı oluşturmaktadır. Son adımda ise, yine olefin elde etmek üzere CO₂ ve hidrojen arasındaki reaksiyonun gerçekleşmesi için katalizör kullanılmaktadır. Bu süreçten verim alınması geliştirilecek olan katalizörlerle birlikte kullanılacak olan membrana bağlıdır. Bu bağlamda büyük boyutta üretilen ve maliyetleri düşürmesi beklenen bir fotokatalitik levha kullanılarak 2030 yılına kadar %10 enerji dönüşüm verimliliği sağlanması ve levhanın on binlerce metrekaarelik bir alanda açık havada test edilerek verimlilik oranlarının doğrulanması hedeflenmektedir. Bu ve benzeri çalışmalar karbondioksit kullanan plastik üretim teknolojisinin gelişmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Olefin üretme sürecinin sematize hali **Şekil 5**'te görülmektedir (Oyamada, 2023).



Şekil 5. Olefin üretim sürecine ait şema (Oyamada, 2023)

Net karbondioksit emisyonlarını azaltmak amacıyla, karbon bazlı kaynakların daha sürdürülebilir ve verimli kullanımına yönelik önemli çabalar sarf edilmektedir. CO₂'nin yüksek değerli kimyasal ürünler ve yenilenebilir enerjiye dönüştürülmesine yönelik ileri teknikler sayesinde, çevrenin iyileştirilmesi ve ekonomik büyümenin desteklenmesi yönünde önemli ilerlemeler kaydedilebilir ve nihayetinde karbon nötrlüğüne ulaşılabilir. CO₂'nin yenilenebilir yakıtlara fotokatalitik dönüşümü, aşırı CO₂ birikiminin neden olduğu iklim değişikliklerine karşı koymak için umut verici bir stratejidir ve aynı zamanda yenilenebilir kaynaklardan elde edilen kimyasal enerji depolama için potansiyel bir yol sunmaktadır. Li ve ark. (2024) tarafından yapılan derleme çalışmasında CO₂'nin fotokatalitik dönüşümü, CO, CH₄, CH₃OH, C₂H₅OH ve HCOOH gibi kimya endüstrisi açısından yüksek katma değeri olan ürünlerin üretebileceği ifade edilmektedir. Bunlar arasında etanolün, yüksek enerji yoğunluğu (26,8 MJ/kg) ve kolay taşınması nedeniyle sağlık, tarım, yakıt kimyası ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çok yönlü mükemmel bir aday olduğu rapor edilmektedir. CO₂ emisyonu artışının küresel ısınmaya olan etkilerini gösteren ve CO₂ yakalama

ile yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesine ilişkin şema Şekil 6'da görülmektedir (Li ve ark., 2024).



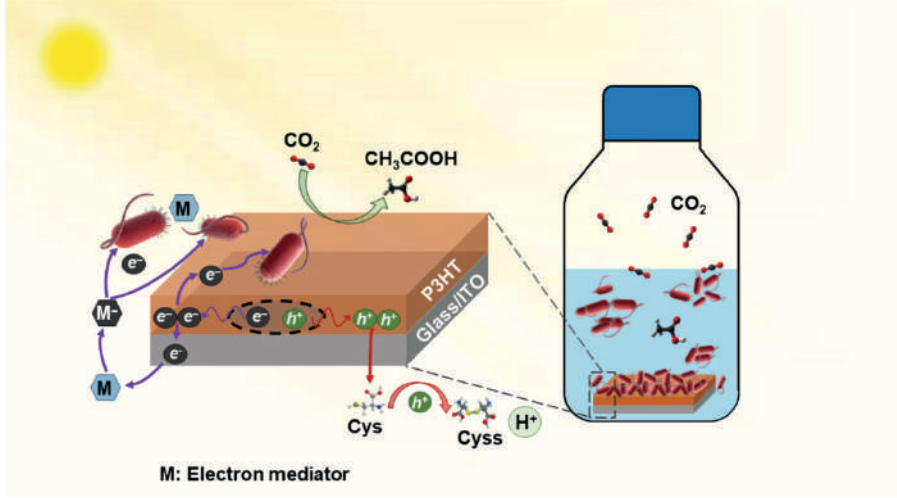
Şekil 6. CO₂ emisyonunun olumsuz etkilerini ve CO₂ yakalama sonucu yeşil enerjiye dönüştürülmesini gösteren şema (Li ve ark., 2024)

Biyo-yapay fotosentetik sistem ve uygulamaları

Kaliforniya Üniversitesi'nden kimyager Peidong Yang, 2015 yılında sentetik bir yaprak gibi davranan ve fotosentez yapmak için silikon yarı iletkenler ve canlı bakteriler kullanan ilk fotosentetik biyohibrit sistemi oluşturmayı başardı. Bu sistem, bakterilerin yarı iletkenlerden elektron alması ve karbondioksiti sıvı yakıtlara dönüştürmesi olaylarının gerçekleşmesi ile çalışmaktadır. Yang, farklı bakteri türleriyle de deneyler yaparak doğal yapraklardaki dönüşüm verimliliğine benzer şekilde, %0,38'e kadar güneşten kimyasala enerji dönüşüm verimliliğine ulaştı. Japonya'dan uluslararası bir ekip de yakın zamanda bakterilerde kızılötesi ışığı emebilen ve YF sürecini önemli ölçüde hızlandırabilen bir klorofil molekülü keşfetti (Mu, 2021).

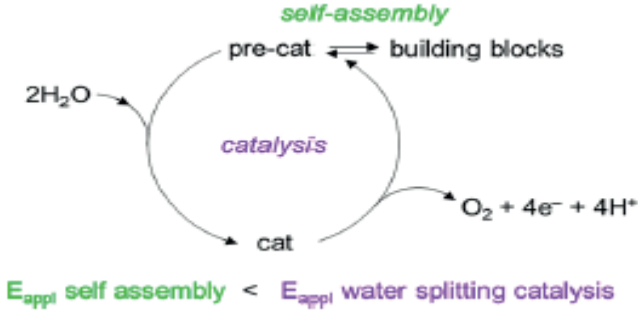
Wen ve ark. (2024), organik fotovoltaiik yapılardan esinlenerek, polimer yarı iletken filmler ve bakterilerin hibridizasyonuna dayanan bir biyo-yapay fotosentetik sistem ile polimer bazlı yarı iletken filmin; fotosentetik olmayan bakterileri CO₂'yi asetata dönüştürmeye verimli bir şekilde yönlendirebileceğini öne sürmüşlerdir. Ölçeklenebilir yüzen yapay biyo-yaparak sistemin, bir haftada gram ölçeğinde asetat üretebildiğini tespit etmişlerdir. Özellikle, yarı iletken filmin geri dönüşümü kolaydır ve istikrarlı performansını korur, bu da sistemin iyi sürdürülebilir üretim kapasitesini gösterir. Doğal yaprakların morfolojisini ve işlevini simüle etmek için agar kullanılarak yarı katı hal yapay biyo-yaparak araştırmacılar tarafından başarıyla

hazırlanmıştır. Biyo-yapay fotosentetik sistem ile asetat üretimine ait şema Şekil 7’de verilmiştir (Wen ve ark., 2024).



Şekil 7. Biyo-yapay fotosentetik sisteme ait elektron transfer prensibinin şematik diyagramı (Wen ve ark., 2024)

Her ne kadar yapay fotosentetik süreçte güneş ışığının yakıtı veya enerjiye dönüştürülmesi doğal fotosentezden daha yüksek olsa da genellikle karbon fiksasyonu için çevrimi tamamlamak üzere hiçbir işlem kurulmadan hidrojenle sonlanmaktadır. Bu sınırlama, güneş ışığı altında su ayrışmasının H_2 oksitleyen mikroorganizmalarla arayüzlenmesiyle aşılabilmektedir. Bu amaçla, karbon fiksasyonunu biokütle ve sıvı yakıtlar biçiminde gerçekleştirmek için tek başlangıç malzemesi olarak güneş ışığını, havayı ve suyu kullanan hibrit biyolojik-inorganik yapılar geliştirilmiştir. Bu yapay fotosentetik döngü, doğal fotosentezin güneş sürecini gerçekleştiren yapay yaprak ile başlamaktadır. Bu şekilde suyun güneş ışığı kullanılarak hidrojen ve oksijene ayrışması gerçekleşmektedir. Geliştirilen yapay yaprak için katalizörün kendi kendini iyileştirme özelliği kritik bir öneme sahiptir. Kendi kendini iyileştiren katalizörler, herhangi bir su kaynağı kullanılarak su ayrıştırılmasına izin vermektedir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, biyonik yapay yaprak adı verilen hibrit biyolojik-inorganik yapı su ayrıştırma katalizinin silikon gibi malzemeler ve biyoorganizmalarla kolayca etkileşimine izin vermektedir. Biyonik Yaprak, doğal fotosentezin en yüksek güneş-biyokütle verimliliklerini büyük ölçüde aşan güneş-biyokütle ve güneş-sıvı yakıt verimliliklerinde çalışmaktadır. Kendi kendini onaran kataliz için tasarım konseptine ait şema Şekil 8’de verilmektedir (Dogutan ve Nocera, 2019).



Şekil 8. Kendi kendini onaran kataliz için tasarım konseptine ait şema (Dogutan ve Nocera, 2019)

Sonuç ve Öneriler

YF, çok sayıda potansiyel uygulama alanına sahiptir.

- Yenilenebilir enerji üretimi açısından güneş enerjisini kullanarak doğrudan kimyasal enerji üretimi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak için umut verici bir yöntemdir.
- Karbon depolama ve dönüşümü açısından bakıldığında YF, atmosferdeki fazla karbondioksiti doğrudan geri dönüştürebilir, bu da iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adım olabilir.
- Yeşil yakıtlar ve kimyasalların üretimi bakımından düşünüldüğünde YF ile metanol, metan gibi yeşil yakıtlar üretmek, sürdürülebilir enerji ve kimyasal üretimi için büyük bir potansiyel taşır.
- Dünya çapında ilginin yeşil enerjiye yönelmesiyle birlikte YF teknolojisi büyüdükçe toplumu daha sürdürülebilir bir geleceğe doğru bir adım daha ileriye taşıyacaktır.
- Fotokataliz üzerine önemli ölçüde araştırmalar yapılmış olsa da düşük kuantum verimliliği hala büyük ölçekli gelişimini ve endüstriyel uygulamalarını sınırlamaktadır. Bu nedenle sentez yöntemlerinin optimize edilmesi, yarı iletkenlerin band aralığı, boya duyarlılığı ve yüzey modifikasyonu konuları üzerinde detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.
- YF teknolojisi, özellikle 2020'lerden sonra büyük bir ivme kazanmış ve çeşitli yenilikçi uygulamalar geliştirilmiştir. Bu gelişmeler hem çevre dostu enerji üretimi hem de karbon salınımını azaltma konusunda önemli adımlar atılmasına imkan sağlamaktadır.

- YF sürecinde gelişmeler kaydedildikçe karbon salımlarını dengelemek ve (net zero) net sifıra ulaşmak daha kolay bir hale gelecektir.
- Bununla birlikte birey, aile, toplum ve millet ekseninde bilinçli ve duyarlı olmak yapay fotosentez yönteminde geline en son teknoloji kadar önem arz etmektedir. Bu konu gelecek nesillere temiz ve sürdürülebilir bir çevre bırakmak için hem Ülkemiz hem de gezegenimizde yaşayan tüm insanlığın öncelikli ve asla ihmal edilmemesi gereken konularının en başında yer almaktadır.
- Yenilenebilir enerji olarak güneş enerjisinde dünyanın en yüksek potansiyeline sahip ülkeleri arasındayız ve rüzgar enerjisi de dahil olmak üzere bu potansiyeli verimli bir şekilde kullanmaktayız. 2035 yılına kadar güneş ve rüzgâr enerjisi toplamında 120 bin MW kurulu güç hedefine ulaşılması beklenmektedir.
- Su kaynakları bakımından su stresi yaşayan ülkeler arasında bulunmaktayız. Yapay fotosentez uygulamaları ile daha az su kullanılarak su verimliliği ve sürdürülebilir tarım mümkün olacaktır.
- Ülkemizin biyoçeşitliliği göz önünde bulundurulacak olursa biokütle enerjisinin temiz ve yaşanabilir çevreye katkısı göz ardı edilemez.
- 2025 yılı sonuna kadar bir bölümünün devreye girmesi planlanan Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nde sıfır emisyon hedefi ile çevreye zararlı sera gazı salımı yapılmadan kesintisiz elektrik üretimi yapılabilecektir. Aynı zamanda elektrik üretimi için doğal gaz ithalatına gerek kalmayacak ve CO₂ emisyonu olmayacaktır.
- Son olarak, YF teknolojisinin CO₂ yakalama ve dönüşümündeki potansiyeli ile birlikte toprağa ve ekosisteme olan etkilerinin de dikkatle ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, geniş çaplı araştırmalar sonucunda besin döngüsüne nasıl entegre edileceği belirlendikten sonra büyük ölçekte ve küresel anlamda uygulanması mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Abas N., Kalair E., Kalair, A., Hasan, Q ul., Khan, N., Nature inspired artificial photosynthesis technologies for hydrogen production: Barriers and challenges. *Int. J. Hydrog. Energy*, 2020, 45, 20787-20799.
- Azarpour A., Mohammadzadeh O., Rezaei N., Sohrab Zendejboudi S., Current status and future prospects of renewable and sustainable energy in North America: Progress and challenges *Energy Conversion and Management*, 2022, 269, 115945.
- Ar-Ge ve Yenilik Konu Başlıkları: https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/21566/db-yesil-ar-ge_ve_yenilik_konu_basliklari-v7.pdf.
- ÇŞİDB-İDB, (2023), İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030), iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/pdf.
- ÇŞİDB-İDB, 2024, 2024-2030 İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Strateji ve Eylem Planları Yayınlandı, <https://iklim.gov.tr/2024-2030-iklim-degisikligi-azaltim-ve-uyum-strateji-ve-eylem-planlari-yayinlandi-haber-4239>.
- Deponti, E., Natali, M., Photocatalytic hydrogen evolution with ruthenium polypyridine sensitizers: unveiling the key factors to improve efficiencies. *Dalton Trans.*, 2016, 45, 9136–9147.
- Dogutan D.K., Nocera D.G., Artificial Photosynthesis at Efficiencies Greatly Exceeding That of Natural Photosynthesis, *Acc. Chem. Res.* 2019, 52, 3143-3148.
- Energy Exporter, 2024, 2024 Yılı ilk yarısı için yenilenebilir enerji raporu, <https://energyexporter.com/blog/162/renewable-energy-report-for-the-first-half-of-2024>.
- <https://www.cnnturk.com/video/turkiye/akkuyudan-ilk-elektrik-geliyor-katkisi-ne-olacak-2279382>.
- <https://www.dunya.com/sektorler/turkiye-res-ve-gesc-80-milyar-dolar-yatirim-yapacak-haberi-776007>.
- KIZUNA, 2021, Artificial Photosynthesis: A Step Toward a Carbon-Free Future, https://www.japan.go.jp/kizuna/2021/03/artificial_photosynthesis.html.
- Kim J.H., Hansora D., Sharma P., Jang Ji-Wook, Lee J.S., Toward practical solar hydrogen production-an artificial photosynthetic leaf-to-farm challenge, *Chem. Soc. Rev.*, 2019, 48, 1908-1971.
- Li F, Zhang L., Tong J., Liu Y, Xu S., Yan Cao Y., Cao S., Photocatalytic CO₂ conversion to methanol by Cu₂O/graphene/TNA heterostructure catalyst in a visible-light-driven dual-chamber reactor, *Nano Energy*, 2016, 27, 320–329.
- Li Y., Zhu F.Y., Liu E., Ouyang H., Lu W., Gu H., Ren J., PengW., Hou H., He Y., Carbon dioxide capture and green conversion to clean energy aga-

- inst global warming, *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 2024, 7(147).
- Mandad T., Chaubey S., Chaubey V., Eco-friendly conversion of carbon dioxide into solar fuels via artificial photosynthetic routes: A review, *Main Group Chemistry*, 2025, 24 (1) 3-16.
- Mu, (2021), <https://www.thecolumbiasciencereview.com/blog/shining-the-light-on-artificial-photosynthesis>.
- Nawaz A., Kuila A., Rani A., Mishra N. S., Sim L. C., Leong K. H., Saravanan P., 2019. Industrial application of light-driven nanomaterial, Chapter 6, *Industrial Applications of Nanomaterials*.
- Pirinç O., Beşer B.H., Küresel ısınmayla mücadelede sera gazı etkisi ve Türkiye'nin Avrupa yeşil mutabakatına uyumuna yönelik bir inceleme, *Journal of Management Theory and Practices Research*, 2024, 5(1), 66-80.
- Saravanan A., Kumarb P.S, Khooc K.S., Showc Pau-Loke, Carolinb C.F, Jackulind C.F, Jeevananthama S., Karishmae S., Showf Kuan-Yeow, Leeg Duu-Jong, Changj Jo-Shu, Biohydrogen from organic wastes as a clean and environment-friendly energy source: Production pathways, feedstock types, and future prospects, *Bioresource Technology*, 2021, 342, 126021.
- Singh, T., Alhazmi, A., Mohammad, A., Srivastava, N., Haque, S., Sharma, S., Singh, R., Yoon, T., Gupta, V.K., Integrated biohydrogen production via lignocellulosic waste: opportunity, challenges & future prospects. *Biore-sour. Technol.* 338, 2021, 125511.
- Oyamada, (2023), Artificial Photosynthesis, https://www.mcgc.com/english/kaiteki_solution_center/oursolution/01.html.
- TÜBİTAK, (2024). Ar-Ge ve Yenilik Konu Başlıkları, https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/21566/db-yesil-ar-ge_ve_yenilik_konu_basliklari-v7.pdf.
- Wang Y., Zhou Q, Zhu Y., Xu D., High efficiency reduction of CO₂ to CO and CH₄ via photothermal synergistic catalysis of lead-free perovskite Cs₃Sb₂I₉, *Applied Catalysis B: Environmental*, 2021, 294 (5), 120236.
- Wen N., Jiang Q., Liu D, Polymer semiconductor films and bacteria hybrid artificial bio-leaves, *Sci Adv.* 2024,10(44): eadp8567.

İnovasyonun Görünmeyen Ekibi: Yapay Zekâ Ajanları ile Akıllı Ar-Ge

Mehmet Tevfik Ağdaş¹

Özet

Dijital dönüşüm, İnovasyon ve Ar-Ge süreçlerinin şekillenmesinde önemli bir güç olmuştur. Büyük veri, bulut bilişim ve endüstri 4.0 ile birlikte önde gelen yapay zeka uygulamaları bu sürecin itici güçleri olmuştur. Bu bağlamda geliştirilen yapay zekanın yeni nesil yöneticileri olan yapay zekâ ajanları ve çoklu ajan sistemleri, inovasyonun görünmeyen fakat giderek önem kazanan aktörleri olmaya başlamıştır. Ajanlar; literatür taramalarından, deneysel model tasarımlarına, model tasarımdan analiz işlemlerine ve sistem eğitimlerine, raporlama ve hatta Pazar araştırmasına kadar önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Bu işlemler sonucunda ajanlar, inovasyon ve Ar-Ge faaliyet döngülerine hız kazandırmaya başlamıştır.

Bu çalışmada öncelikle doğrusal, zincir bağlantılı, sistemik, açık ve kullanıcı inovasyonu gibi klasik inovasyon yaklaşımları özetlenmekte; bu yaklaşımlar ajanik yapay zekâ perspektifinden yeniden yorumlanmaktadır. Ardından yapay zekâ ajanlarının kavramsal çerçevesi çizilmekte, LLM tabanlı otonom ajanların temel bileşenleri ve çoklu ajan sistemleri ele alınmaktadır. Devamında ajanların Ar-Ge döngüsündeki konumları; fikir üretimi, literatür ve patent taraması, tasarım ve simülasyon, test ve validasyon, ticarileştirme ve pazar analizi bağlamlarında tartışılmaktadır. İnsan-ajan işbirliği modelleri, multi-ajan orkestrasyonu, etik ve yönetim boyutları ile birlikte ele alınmakta; üniversite-sanayi işbirliği, KOBİ'ler, sağlık, enerji ve üretim sektörlerinden örnek uygulama senaryoları sunulmaktadır. Son olarak self-driving laboratories yaklaşımı ve ajanik YZ odaklı kurumsal dönüşüm trendleri çerçevesinde geleceğe dönük bir perspektif geliştirilmektedir. Bu çalışmada, yapay zekâ ajanlarının insan aklının yerine geçen otoriteler değil, doğru tasarlandığında inovasyonu hızlandıran “akıllı ortaklar” olduğu hipotezini savunmaktadır.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Munzur Üniversitesi/Çemişgezek Meslek Yüksekokulu/Bilgisayar Teknolojileri Bölümü Sağlık Bilgi Sistemleri Teknikerliği Pr. Çemişgezek, Tunceli, Türkiye. mtagdass@munzur.edu.tr, orcid id: 0000-0002-5608-6240

1. Giriş: Yeni İnovasyon Mimarisinde Yapay Zekâ Ajanları

İnovasyon, 21. yüzyılda artık sadece “yaratıcı fikir bulma” işi olarak görülebilecek bir alan olmaktan çıktı. Günümüzde belirsizliğin yüksek olduğu, verinin çok hızlı ve yoğun aktığı, küresel rekabetin sertleştiği bir ortamda inovasyon; çok sayıda aktörün, teknoloji katmanının ve kurumun bir arada bulunduğu karmaşık bir sosyo-teknik yapı hâline gelmiş durumda. Dijitalleşme, bulut bilişim, büyük veri analitiği ve platform ekonomileri, Ar-Ge’nin hem nasıl organize edildiğini hem de günlük işleyişini ciddi biçimde değiştirdi; özellikle yapay zekâ (YZ) tabanlı sistemler, inovasyon süreçlerinin neredeyse her aşamasına bir şekilde dâhil olmaya başladı (Teece, 2010; Morrar, 2014; Gallouj & Windrum, 2009). Sağlık hizmetlerinde kullanılan yapay zekâ temelli dijital sistemlerde ortaya çıkabilecek bu tür sistemsel hatalar, hasta güvenliği ve yönetsel sorumluluk açısından kritik bir tartışma alanı oluşturmaktadır (Karahüseyinoğlu, 2025).

Bu tablonun içinde, son yıllarda adını daha sık duymaya başladığımız yapılardan biri de yapay zekâ ajanları (AI agents) ve bunların birlikte çalıştığı çoklu ajan sistemleridir (multi-agent systems, MAS). Basit bir ifadeyle ajan; belli bir hedefe doğru hareket eden, içinde bulunduğu çevreyi algılayıp bu algıya göre iç durumunu güncelleyebilen ve amacına uygun eylemler üretebilen otonom bir yazılım ya da donanım birimi olarak tanımlanabilmektedir (Wooldridge, 2009). Büyük dil modellerinin (Large Language Models, LLM) gelişmesiyle beraber “ajanik yapay zekâ” (agentic AI) diye adlandırılan yeni bir yaklaşım ortaya çıktı; plan yapabilen, belli bir görevi hatırlayıp sürdürebilen, dış araçları kullanabilen ve diğer ajanlarla koordinasyon kurabilen bu sistemler, özellikle bilgi yoğun işlerde perde arkasında çalışan ama etkisi giderek artan dijital bir ekip hâline gelmeye başlamıştır (Weng, 2023; Wang ve diğ., 2024; Xi ve diğ., 2025; McKinsey & Company, 2025a).

Bu araştırma çalışmasında, “İnovasyonun Görünmeyen Ekibi” metaforundan hareketle yapay zekâ ajanlarının Ar-Ge ve inovasyon süreçlerinde üstlendikleri roller araştırılıp özetlenmiştir. Çalışmanın temel amacı, ajanları yalnızca rutin işleri devralan otomasyon unsurları olarak değil, Ar-Ge mimarisine gömülü, stratejik karar ve tasarım süreçlerine müdahil olan yapısal bileşenler ve aktif aktörler olarak ele almaktır. Bu doğrultuda önce Ar-Ge ve inovasyonun klasik modelleri ile bunların günümüz koşullarındaki sınırlılıkları özetlenecektir. Ardından yapay zekâ ajanlarının kavramsal çerçevesi çizilecek, Ar-Ge döngüsündeki somut konumları, insan-ajan etkileşim biçimleri, uygulama örnekleri, sundukları fırsatlar ve beraberinde getirdikleri riskler tartışılacak ve son bölümde geleceğe dönük olası gelişim hatlarına ilişkin bir değerlendirme yapılacaktır.

2. Ar-Ge ve İnovasyon: Klasik Yaklaşım ve Sınırları

2.1. Doğrusal inovasyon modeli ve eleştirileri

İnovasyon yazınında uzun yıllar baskın olan doğrusal inovasyon modeli, süreci temelde şu zincir üzerinden tarif etmiştir: temel araştırma → uygulamalı araştırma → geliştirme → üretim → pazarlama. Bu yaklaşımda bilimsel bilgi, yukarıdan aşağıya doğru akarak yeni ürün ve süreçlerin temel girdisi olarak görülür (Kline & Rosenberg, 1986). Doğrusal model, II. Dünya Savaşı sonrası bilim ve teknoloji politikalarının tasarımı, özellikle Vannevar Bush'un ünlü raporu ile etkili olmuştur (Bush, 1945; akt. Kline & Rosenberg, 1986).



Şekil 1. Doğrusal inovasyon modeli.

Şekil 1’de, II. Dünya Savaşı sonrasında baskın yaklaşımı olan doğrusal inovasyon modeli, temel araştırmadan pazarlama aşamasına kadar uzanan tek yönlü bir zincir olarak resmedilmektedir. Bu çerçevede bilgi akışı, laboratuvarlardan pazara doğru yukarıdan aşağıya ilerleyen kesintisiz bir hat gibi tasavvur edilir; inovasyon süreci de birbirini izleyen ve önceden tanımlanmış aşamalardan oluşan düzenli, tek doğrultulu bir süreç olarak varsayılır. Ancak bu şematik anlatıda, kullanıcılar, tedarikçiler ya da düzenleyici otoritelerden gelen geri bildirimler modele dâhil edilmediği için, sürecin gerçekte çok aktörlü, etkileşimli ve geri beslemeye dayalı yapısı görünmez hâle gelmektedir. Dolayısıyla doğrusal model, inovasyonun karmaşık, karşılıklı etkileşimlerle örülü ve öğrenme odaklı doğasını açıklamada belirgin sınırlılıklar taşımaktadır.

1980’lerden itibaren bu sınırlılıkların daha net biçimde fark edilmesiyle birlikte, doğrusal yaklaşım inovasyon literatüründe yoğun biçimde tartışmaya açılmış ve ciddi eleştiriler almıştır (Rothwell, 1994; Gallouj &

Windrum, 2009; Callaghan, 2019). Gerçek hayatta inovasyon; kullanıcı geri bildirimlerinin, tedarikçilerin katkılarının, düzenleyici kurumların yönlendirmelerinin ve farklı bilgi kaynaklarının kesiştiği, çok sayıda döngü içeren dinamik bir süreçtir. Bir ürünün ilk tasarımından sonra sahadan gelen geri bildirimler çoğu kez laboratuvara geri dönüşü zorunlu kılmakta; tasarım, test ve iyileştirme aşamaları defalarca yeniden ele alınmaktadır. Bu nedenle inovasyon sürecini, tek bir çizgi üzerinde ilerleyen doğrusal bir akıştan ziyade, geriye dönüşlerin, paralel etkileşimlerin ve çoklu bağlantıların bulunduğu “karışık bir ağ” olarak düşünmek daha gerçekçi görünmektedir.

Doğrusal modelin bir diğer önemli eksikliği, bilginin tek yönlü ve yalnızca “bilimden piyasaya doğru” aktığı varsayımına dayanmasıdır. Oysa pek çok sektörde yeniliklerin kaynağı, doğrudan kullanıcıların günlük pratiklerde yaşadığı sorunlar, üretim hattındaki ustaların ve teknisyenlerin birikimi ya da tedarik zincirinde ortaya çıkan öneri ve çözümlerdir. Başka bir ifadeyle inovasyon, sadece akademik bilgiyle beslenen bir süreç değil; örtük bilgi, saha deneyimi, kullanıcı tecrübesi ve kurum içi öğrenme ile desteklenen, çok yönlü bir öğrenme sürecidir. Bu yüzden doğrusal model, pratik bilgiyi ve kullanıcı odaklı öğrenmeyi arka plana iten, fazlasıyla “bilim merkezli” (science-push) bir çerçeve sunduğu gerekçesiyle eleştirilmektedir.

Ayrıca doğrusal inovasyon modeli, Ar-Ge faaliyetlerini sanki yalnızca büyük laboratuvarların, yüksek bütçeli projelerin ve seçkin bilimsel ekiplerin tekelindeymiş gibi konumlandırma eğilimindedir. Oysa hizmet sektörlerinde, küçük ve orta ölçekli işletmelerde, yazılım girişimlerinde ya da kamusal kuruluşlarda ortaya çıkan, ölçeği görece sınırlı ama etkisi yüksek yenilikler bu bakış açısında yeterince görünür olamamaktadır. Dijitalleşme, yapay zekâ uygulamaları ve platform temelli iş modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte; hızlı prototipleme, kullanıcıyla birlikte geliştirme (co-creation) ve açık inovasyon gibi yaklaşımlar öne çıkmış, inovasyonun tek bir laboratuvara kapanmış, katı biçimde lineer bir süreç olmadığı çok daha açık biçimde ortaya konmuştur.

Doğrusal modelin bir başka sorunlu yönü ise risk ve belirsizliği yeterince hesaba katmamasıdır. Modelde, temel araştırma yapıldıktan sonra bunun doğal olarak uygulamaya, geliştirmeye ve nihayetinde pazarda başarıya dönüşeceği varsayılır. Oysa inovasyon alanında karşılaşılan tablo, başarısız girişimler, durdurulan projeler, beklenen talebi bulamayan ürünler ve sürecin seyrini değiştiren “yan yollar”la doludur. Bu belirsizlikler, çoğu zaman strateji değişikliklerini, yeni ortaklıkların kurulmasını ve konumlanmanın yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılar. Doğrusal yaklaşım ise bu tür karar noktalarını, yönetim mekanizmalarını ve stratejik kırımları modelin

dışında bırakarak sürecin yönetim ve karar alma boyutunu büyük ölçüde görünmez kılmaktadır.

Son olarak doğrusal inovasyon modeli, aktör çeşitliliğini de sınırlı şekilde kavrar. Üniversiteler, araştırma merkezleri ve firmalar elbette inovasyon ekosisteminin temel bileşenleridir; ancak günümüzde kullanıcı toplulukları, sivil toplum kuruluşları, girişim hızlandırıcıları, teknoparklar, regülasyon yapan kurumlar ve hatta veri sağlayıcı platformlar dahi inovasyon süreçlerinin aktif paydaşı hâline gelmiştir. Bu çok aktörlü yapı, bilgi akışlarını ve karar süreçlerini kaba bir ok dizisiyle ifade etmenin ötesinde, daha zengin ve ağ temelli modellere ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bu nedenle literatürde zincir-bağlantılı inovasyon modeli, ulusal/bölgesel inovasyon sistemleri ve açık inovasyon gibi, etkileşim ve döngüsellliği merkeze alan alternatif çerçeveler geliştirilmiştir.

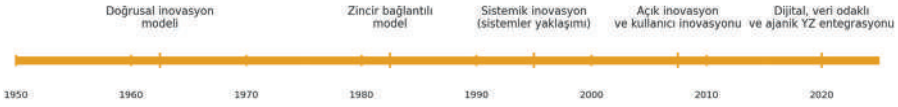
Kısacası doğrusal inovasyon modeli, tarihsel olarak bilim ve teknoloji politikalarını şekillendirmede önemli bir rol oynamış olsa da, günümüzün belirsizlik, hız ve çok aktörlülük içeren Ar-Ge ve inovasyon ortamını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle modern yaklaşımlar, inovasyonu daha çok etkileşimli, geri beslemeli ve öğrenmeye dayalı bir toplumsal süreç olarak ele alma eğilimindedir.

2.2. Zincir Bağlantılı Model ve Sistem Yaklaşımı

Kline ve Rosenberg (1986), inovasyonun karmaşıklığını daha iyi anlatmak için “zincir bağlantılı model”i önermiştir. Bu modelde inovasyon, yalnızca araştırmadan pazara doğru tek yönlü akan bir süreç değil; problem tanımlama, tasarım, geliştirme, test ve pazardan gelen geri bildirimler arasında çoklu geri besleme döngülerinin bulunduğu, çevrimsel ve yinelenen bir süreçtir. Bu model, Ar-Ge ile üretim, kullanıcı ve bilgi kaynakları arasındaki geri besleme halkalarını özellikle vurgular.

Zincir bağlantılı model, daha sonra ulusal, bölgesel ve sektörel inovasyon sistemleri literatürüyle birleşerek inovasyonu “sistemik” bir olgu olarak ele alan geniş bir çerçevenin parçası hâline gelmiştir (Morrar, 2014).

Bu tartışmayı görsel olarak özetlemek için, Ar-Ge ve inovasyonun doğrusal modelden zincir bağlantılı ve sistemik modellere geçişini gösteren basitleştirilmiş bir zaman çizelgesi Şekil 1’de sunulabilir. Şekil, aynı zamanda her bir döneme karşılık gelen baskın politika söylemlerini ve kurumsal Ar-Ge yaklaşımını da işaret edecek biçimde tasarlanabilir.



Şekil 2. Ar-Ge ve inovasyon modellerinin tarihsel evrimi.

Şekil 2’de, doğrusal Ar-Ge modelinden zincir bağlantılı modele, oradan da sistemik ve açık inovasyon yaklaşımlarına uzanan tarihsel evrimi şematik olarak göstermektedir. Zaman ekseninde her bir döneme karşılık gelen baskın inovasyon anlayışı, tipik bilgi akışı ve temel aktörler (devlet, sanayi, üniversite, kullanıcı toplulukları) ayrı renklerle işaretlenmiştir.

2.3. Schumpeterci İnovasyon, Yaratıcı Yıkım ve Girişimci Rolü

Schumpeter (1934/2008), inovasyonu ekonomik gelişmenin asli itici gücü olarak ele almış, girişimciyi de yeni ürün, süreç, pazar ve örgütlenme biçimlerini ekonomiye dâhil eden merkezi aktör olarak tanımlamıştır. Onun yaklaşımında inovasyon, “yeni kombinasyonların” hayata geçirilmesiyle özdeşdir: daha önce üretilmemiş bir malın üretimi, bilinen bir malın farklı bir üretim yöntemiyle üretilmesi, yeni bir pazarın açılması, yeni bir hammadde veya tedarik kaynağına erişim ya da sanayi örgütlenmesinde köklü bir dönüşüm bu kombinasyonlara örnek olarak verilir (Schumpeter, 2008). Bu çerçeveden bakıldığında inovasyon, küçük düzeltmelerden veya marjinal iyileştirmelerden ibaret değildir; ekonomik yapıda sürekliliği bozan niteliksel bir sıçrama anlamına gelir. Dolayısıyla Schumpeterci perspektifte ekonomik gelişme, “yaratıcı yıkım” süreçleri üzerinden, yani yerleşik yapıların yeni kombinasyonlar lehine tasfiye edildiği dalgalar aracılığıyla gerçekleşir. Yaratıcı yıkım, bir taraftan mevcut firma, teknoloji ve iş modellerinin değerini aşındırırken, diğer taraftan yeni girişimlere ve endüstrilere alan açan dinamik bir dönüşüm mekanizmasıdır (Callegari & Nybakk, 2022).

Schumpeter’in çözümlemesinde girişimci, bu dönüşümün tam merkezinde konumlanır. Girişimci, mevcut üretim düzenini verimli biçimde sürdüren “yönetici” tipinden farklı olarak, yerleşik rutinlerin dışına çıkma cesareti gösteren, belirsizlik altında karar alabilen ve yenilikçi kombinasyonları fiilen uygulamaya sokan aktördür. Piyasa da bu girişimsel hamlelere, geçici tekel kârları aracılığıyla yanıt verir; yani yenilikçi girişimci kısa bir süre için olağanüstü kârlılık ve rekabet üstünlüğü elde eder, ardından diğer aktörler bu yeniliği taklit eder ve yeni bir rekabet dengesi oluşur. Böylelikle Schumpeterci döngü, yenilik dalgaları, bu dalgaların tetiklediği kurumsal yeniden yapılanmalar ve bunların birbirini izlemesi üzerinden

işler; uzun dönemli ekonomik büyüme de söz konusu dalgaların bileşkesi olarak yorumlanır.

Dijitalleşmenin derinleştiği günümüz ekonomi ortamında inovasyon, tek bir “kahraman girişimci” figüründen çok, disiplinlerarası ekipler, büyük Ar-Ge laboratuvarları, start-up ekosistemleri ve platform temelli mimariler üzerinden yürütülüyor görünse de, Schumpeter’in çerçevesi hâlâ önemli ölçüde açıklayıcılığını korumaktadır. Özellikle yapay zekâ, bulut bilişim ve veri odaklı iş modelleri, yeni kombinasyon üretmenin ve bunları test etmenin maliyetini aşağı çekmekte; sektör sınırlarını bulanıklaştırarak yaratıcı yıkım süreçlerinin hızını artırmaktadır. Bu bağlamda Schumpeter’in girişimci figürü, günümüz koşullarında giderek daha fazla “insan-makine takımı” şeklinde yeniden düşünülmektedir: Stratejik niyetin belirlenmesi, değer yargılarının tanımlanması ve nihai kararların verilmesi insanda kalırken; çok sayıda alternatif kombinasyonu tarama, senaryo ve simülasyon üretme, hızlı prototip geliştirme gibi işlevler büyük ölçüde dijital sistemler tarafından üstlenilmektedir.

Buradan hareketle, güncel yapay zekâ ajanlarının Schumpeter’in tanımladığı girişimciyi bütünüyle ikame ettiğini söylemek mümkün değildir; ancak yeni kombinasyonların keşfi, denenmesi ve ölçeklenmesinde son derece güçlü dijital yardımcılar hâline geldikleri açıktır. Özellikle self-driving lab yaklaşımları ve ajanik YZ destekli tasarım ortamları, literatür ve patent taramasından hipotez üretimine, deney koşullarının otomatik optimizasyonundan sonuçların analizine uzanan zinciri yüksek oranda otomasyona bağlayarak yaratıcı yıkım süreçlerini hızlandıran yeni araçlar sunmaktadır (Tom et al., 2024; Kim, 2025). Bu tür sistemler, girişimcinin önünde duran olası seçenek uzayını genişletmekte; normalde zaman ve maliyet kısıtları yüzünden test edilmesi güç olan pek çok kombinasyonun simülasyon veya küçük ölçekli deneyler yoluyla sınanmasına imkân vermektedir.

Bununla birlikte Schumpeterci anlamda girişimcilik, yalnızca teknik olarak “daha iyi” kombinasyonları hesaplama meselesine indirgenemez; hangi kombinasyonların toplumsal açıdan arzu edilir olduğu, hangi alanlarda yaratıcı yıkımın teşvik edilmesi ya da yavaşlatılması gerektiği gibi normatif tercihleri de içerir. Yapay zekâ ajanları veri ve algoritmalara dayanarak öneriler üretebilse de, bu öneriler arasından hangilerinin seçileceği, hangi toplumsal sonuçların kabul edilebilir görüleceği ve hangi risklerin göze alınacağı hâlâ insan girişimcilerin, yöneticilerin ve politika yapıcılarının sorumluluk alanındadır. Bu nedenle Schumpeterci inovasyon anlayışı, çağdaş yapay zekâ ajanlarını girişimciyi tamamen ikame eden bağımsız aktörler olarak değil,

onun keşif, deney ve ölçekleme kapasitesini katlayan “bilişsel altyapılar” olarak kavramsallaştırmanın daha isabetli olacağını göstermektedir.

2.4. Açık İnovasyon ve Kullanıcı İnovasyonu

2000’li yılların başından itibaren açık inovasyon yaklaşımı, inovasyonun firma sınırları içindeki “kapalı” süreçlerden, bilgi ve teknolojinin firma içi ve dışı akışlarının bilinçli olarak yönetildiği “açık” süreçlere evrildiğini vurgulanmıştır (Chesbrough, 2003; Chesbrough & Bogers, 2014). Açık inovasyon, şirketlerin üniversiteler, girişimler, kullanıcı toplulukları ve gerekirse rakipleriyle bile bilgi ve teknoloji alışverişi yaparak inovasyon üretebileceğini öne süren bir yaklaşım olmuştur.

Von Hippel (2005) ise kullanıcı inovasyonu kavramıyla, yeniliklerin önemli bir kısmının üretici firmalardan değil, ileri düzey kullanıcılar ve kullanıcı topluluklarından kaynaklandığını göstermiştir. Böylece inovasyonun “demokratikleşmesi”, yani daha geniş aktör kümelerinin inovasyon sürecine katılımı gündeme gelmiştir (von Hippel, 2005).

Klasik inovasyon yaklaşımlarının ajanik yapay zekâ perspektifinden nasıl yeniden yorumlanabileceğini özetleyen karşılaştırmalı çerçeve Tablo 1’de sunulabilir. Bu tabloda doğrusal model, zincir bağlantılı model, sistemik inovasyon yaklaşımı, açık inovasyon ve kullanıcı inovasyonu; bilgi akışı, aktör çeşitliliği, geri besleme yoğunluğu ve ajanik YZ entegrasyon potansiyeli boyutlarında yan yana gösterilmektedir.

Tablo 1. Klasik inovasyon yaklaşımlarının ajanik yapay zekâ perspektifinden karşılaştırılması.

İnovasyon yaklaşımı	Bilgi akışının yönü	Başlıca aktörler	Kullanıcı / topluluk rolü	Ajanik YZ entegrasyon potansiyeli
Doğrusal inovasyon modeli	Temel araştırmadan pazara doğru tek yönlü akış	Devlet, büyük sanayi Ar-Ge birimleri	Pasif tüketici; geri bildirim sınırlı	Düşük – süreç katı ve ardışık olduğu için ajan entegrasyonu genelde son aşamalarda, dokümantasyon ve veri analizi ile sınırlı kalır.
Zincir bağlantılı inovasyon modeli	Ar-Ge, tasarım, üretim ve pazar arasında çoklu geri besleme halkaları	Firma içi Ar-Ge, üretim, pazarlama birimleri; tedarikçiler	Geri bildirim sağlayan kullanıcı; sorun ve ihtiyaçların belirlenmesinde daha görünür	Orta – geri besleme halkalarında literatür/ pazar tarama ve veri analizi ajanları anlamlı katkı sağlar.
Sistemik inovasyon yaklaşımı (ulusal/ bölgesel inovasyon sistemleri)	Çok yönlü, ağ temelli bilgi dolaşımı	Üniversiteler, firmalar, kamu kurumları, ara-yapılar, STK'lar	İnovasyon ekosisteminin parçası; ortak projelerde yer alan paydaş	Orta-yüksek – karmaşık ağ yapısında bilgi akışını koordine eden, harici veri kaynaklarını bağlayan ajan platformları kritik rol oynar.
Açık inovasyon	Firma sınırları içinde ve dışında çift yönlü bilgi ve teknoloji akışı	Firmalar, girişimler, üniversiteler, kullanıcı toplulukları, rakipler	Aktif ortak-yaratıcı; dış bilgi ve çözüm kaynağı	Yüksek – çoklu veri kaynağı, lisans, iş birliği ve platform yönetiminde uzman ajanlar önemli bir çarpan etkisi yaratır.
Kullanıcı inovasyonu	Kullanıcıdan üreticiye doğru güçlü bilgi akışı; topluluk içi paylaşım	İleri düzey kullanıcılar, kullanıcı toplulukları, üretici firmalar	Merkezî rol; çözüm geliştiren ve paylaşan ana aktör	Yüksek – topluluk verisi analizi, eğilim çıkarımı ve ortak tasarım süreçlerini destekleyen ajanlar inovasyonu ölçeklendirebilir.

Tablo 1’de, klasik inovasyon yaklaşımlarını **bilgi akışı, aktör yapısı, kullanıcı/topluluk rolü** ve **ajanik yapay zekâ (YZ) entegrasyon potansiyeli** açısından karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır. Doğrusal inovasyon modelinde bilgi akışı temel araştırmadan pazara doğru **tek yönlü ve ardışık** ilerlemekte,

başlıca aktörler devlet ve büyük sanayi Ar-Ge birimleridir; kullanıcı pasif tüketici konumunda olduğundan, ajanik YZ entegrasyon potansiyeli **düşük** düzeydedir ve daha çok sürecin sonundaki dokümantasyon ve veri analizi gibi işlevlerle sınırlı kalmaktadır. Zincir bağlantılı modelde ise Ar-Ge, tasarım, üretim ve pazar arasında **çoklu geri besleme halkaları** bulunmakta; firma içi birimler ve tedarikçiler arasında daha yoğun etkileşim sağlanmakta, kullanıcının geri bildirim rolü belirginleşmektedir. Bu yapı, literatür ve pazar taraması ile veri analitiği yapan ajanların devreye girebilmesine imkân tanıdığı için ajanik YZ potansiyeli **orta** düzeye yükselmektedir.

Sistemik inovasyon yaklaşımında (ulusal/bölgesel inovasyon sistemleri) bilgi dolaşımı **ağ temelli ve çok yönlü** hâle gelmekte; üniversiteler, firmalar, kamu kurumları, ara-yapılar ve STK'lardan oluşan geniş bir ekosistem söz konusudur. Kullanıcı, doğrudan ya da dolaylı biçimde bu ekosistemin parçası hâline gelirken, karmaşık ağ yapısında bilgi akışını koordine eden ve harici veri kaynaklarını bağlayan ajan platformları sayesinde ajanik YZ entegrasyon potansiyeli **orta-yüksek** olarak değerlendirilmektedir. Açık inovasyon ve kullanıcı inovasyonu yaklaşımlarında ise firma sınırları içinde ve dışında **çift yönlü bilgi ve teknoloji akışı**, kullanıcı topluluklarının ve ileri düzey kullanıcıların **aktif ortak-yaratıcı aktörler** hâline gelmesi ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda çoklu veri kaynağına, lisans ve iş birliği süreçlerine ve büyük hacimli topluluk verisine dayalı platformlarda; ortak tasarım, eğilim analizi ve çözüm önceliklendirme gibi görevleri üstlenen ajanik YZ ajanları inovasyonu ölçeklendirebildiğinden, bu iki yaklaşımda entegrasyon potansiyeli **yüksek** olarak ortaya çıkmaktadır. Böylece tablo, inovasyon modelleri daha açık, ağsı ve kullanıcı merkezli hâle geldikçe ajanik YZ'den sağlanabilecek faydanın da sistematik biçimde arttığını göstermektedir.

2.5. Dijitalleşme, İş Modelleri ve Ar-Ge Baskıları

Dijital dönüşüm, iş modellerini ve inovasyon stratejilerini derinden etkilemiştir. Teece (2010), iş modelini işletmenin nasıl değer yarattığı, bunu müşteriye nasıl sunduğu ve bu değeri nasıl gelir ve kâra dönüştürdüğünü açıklayan bir çerçeve olarak tanımlar. Dijitalleşen ekonomide iş modelleri, veri odaklılık, platform mantığı ve ekosistem temelli değer yaratma gibi unsurlarla yeniden şekillenmektedir (Teece, 2010; Morrar, 2014).

Bu bağlamda Ar-Ge birimleri, yalnızca teknoloji geliştirmekle değil, veri odaklı, platform tabanlı ve ekosistemle uyumlu inovasyon üretmekle yükümlüdür. Artan veri hacmi, hız baskısı ve belirsizlik, insan odaklı Ar-Ge süreçlerini zorlamakta; literatür tarama, patent inceleme, pazar verilerinin analizi, deney tasarımı ve sonuç yorumlama gibi yoğun bilişsel görevler

ciddi bir yük oluşturmaktadır. Yapay zekâ ajanları, tam da bu noktada devreye girerek Ar-Ge'nin bilişsel yükünü paylaşma ve süreçleri akıllı Ar-Ge'ye dönüştürme potansiyeli taşımaktadır (McKinsey & Company, 2025a; 2025d).

3. Yapay Zekâ Ajanları: Kavramsal Çerçeve ve Türler

3.1. Ajan Kavramı ve Temel Özellikler

YZ literatüründe ajan, genellikle içinde bulunduğu çevreyi algılayan (sensörler, veri akışları), bu algıya göre içsel durumunu güncelleyen ve belirli hedefler doğrultusunda eylemde bulunan otonom bir yazılım veya donanım bileşeni olarak tanımlanır (Wooldridge, 2009). Ajanların temel özellikleri; otonomi, reaktivite, proaktivite ve sosyalite olarak özetlenebilir (Wooldridge, 2009).

Bu özellikler, Ar-Ge ve inovasyon gibi dinamik ve belirsizlik içeren alanlarda ajanları son derece uygun araçlar hâline getirmektedir. Örneğin bir ajan, değişen pazar koşullarını algılayıp veri tabanlarını güncelleyebilir, Ar-Ge yol haritalarını buna göre revize edebilir veya yeni deney tasarımları önerebilir (Wang et al., 2024).

3.2. Çoklu Ajan Sistemleri (MAS)

Çoklu ajan sistemleri, birden fazla ajanın ortak veya kısmen örtüşen hedefler doğrultusunda etkileşim içinde çalıştığı sistemlerdir. MAS alanı, koordinasyon, müzakere, görev dağılımı ve kolektif zekâ gibi kavramlarla ilgilenir (Wooldridge, 2009). Kurumsal ortamlarda, farklı ajanın farklı uzmanlık rolleri üstlenmesi ve bir “orkestrasyon katmanı” tarafından koordine edilmesi, güncel bir uygulama eğilimi olarak öne çıkmaktadır (AutoDoc AI, 2025; McKinsey & Company, 2025a).

Son yıllarda, şirketlerin iş süreçlerini ve Ar-Ge görevlerini birbirleriyle etkileşim hâlinde çalışan uzman ajanlara paylaştığı multi-agent generative AI yaklaşımları yaygınlaşmaktadır. Örneğin bir sistemde literatür tarama, veri analizi, raporlama ve proje planlama için ayrı ajanlar tasarlanmakta; bu ajanlar bir “ajan platformu” üzerinde birlikte çalışmaktadır (AutoDoc AI, 2025).

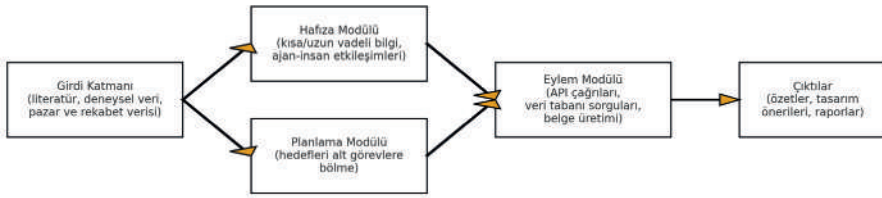
3.3. LLM Tabanlı Otonom Ajanlar

Büyük dil modellerinin ortaya çıkışı ile birlikte, LLM tabanlı otonom ajanlar önemli bir araştırma ve uygulama alanı hâline gelmiştir. Bu ajanlar, diyalog yeteneği, doğal dilde planlama, kod üretimi ve araç kullanımı gibi

yetenekleri bir arada sunarak klasik kural tabanlı ajanlardan ayrılmaktadır (Weng, 2023; Wang et al., 2024). Wang ve arkadaşları (2024), LLM tabanlı ajanların tipik bileşenlerini; profil modülü (rol ve uzmanlık), hafıza modülü (kısa ve uzun vadeli bilgi birikimi), planlama modülü (hedefleri alt görevlere ayırma) ve eylem modülü (araç kullanımı, API çağrıları vb.) olarak özetlemektedir.

Xi ve arkadaşları (2025) ise bu ajanların; bilimsel keşif, mühendislik tasarımı, yazılım geliştirme ve iş süreçleri otomasyonu gibi alanlarda hızla yaygınlaştığını vurgulamaktadır. Bu çerçevede Ar-Ge ve inovasyon süreçlerinde ajanik YZ kullanımı, yalnızca teorik bir olanak değil, giderek kurumsal pratiklere yerleşen bir gerçekliktir (McKinsey & Company, 2025b; 2025c).

LLM tabanlı bir Ar-Ge ajanının tipik bileşenleri ve bu bileşenlerin Ar-Ge süreciyle ilişkisi, kavramsal düzeyde Şema 1 ile gösterilebilir. Şema, profil, hafıza, planlama ve eylem modüllerini; giriş verileri (literatür, deney verisi, pazar verisi) ve çıktı artefaktları (özet, tasarım önerisi, rapor taslağı vb.) ile birlikte tek bir mimari içinde resmetmektedir.



Şema 1. LLM tabanlı Ar-Ge ajanının temel bileşenleri.

Şema, LLM tabanlı bir Ar-Ge ajanının giriş-işleme-çıkış yapısını göstermektedir. Giriş katmanında literatür verisi, deneysel veri, pazar ve rekabet verisi bulunmakta; bunlar hafıza modülü ve planlama modülüne aktarılmaktadır. Planlama modülü, hedefleri alt görevlere bölerek eylem modülüne iletmekte; eylem modülü ise araç kullanımı (API çağrıları, veri tabanı sorguları, belge üretimi) yoluyla çıktı üretmektedir. Hafıza modülü, ajan-insan etkileşimlerinden ve yeni proje deneyimlerinden öğrenilenleri güncelleyerek ajanı zaman içinde “kurumsal hafızaya” dönüştürmektedir.

3.4. Ar-Ge Bağlamında Uzmanlık Ajanları

Ar-Ge ve inovasyon süreçlerine uyarlanmış “uzmanlık ajanları” kavramsal olarak şu türlere ayrılabilir:

- **Literatür tarama ajanı:** Bilimsel makaleleri, raporları ve standartları tarayıp özetleyen, alan yazın boşluklarını işaret eden ajanlardır (Wang et al., 2024).

- **Patent ve mevzuat ajanı:** Patent veri tabanlarını, yasal düzenlemeleri ve standartları inceleyerek özgünlük ve uyum analizi yapan ajanlardır (AutoDoc AI, 2025).

- **Veri analitiği ve simülasyon ajanı:** Deneysel verileri analiz eden, istatistiksel model kuran ve simülasyonlar yürüten ajanlardır (Tom et al., 2024; Tobias et al., 2025).

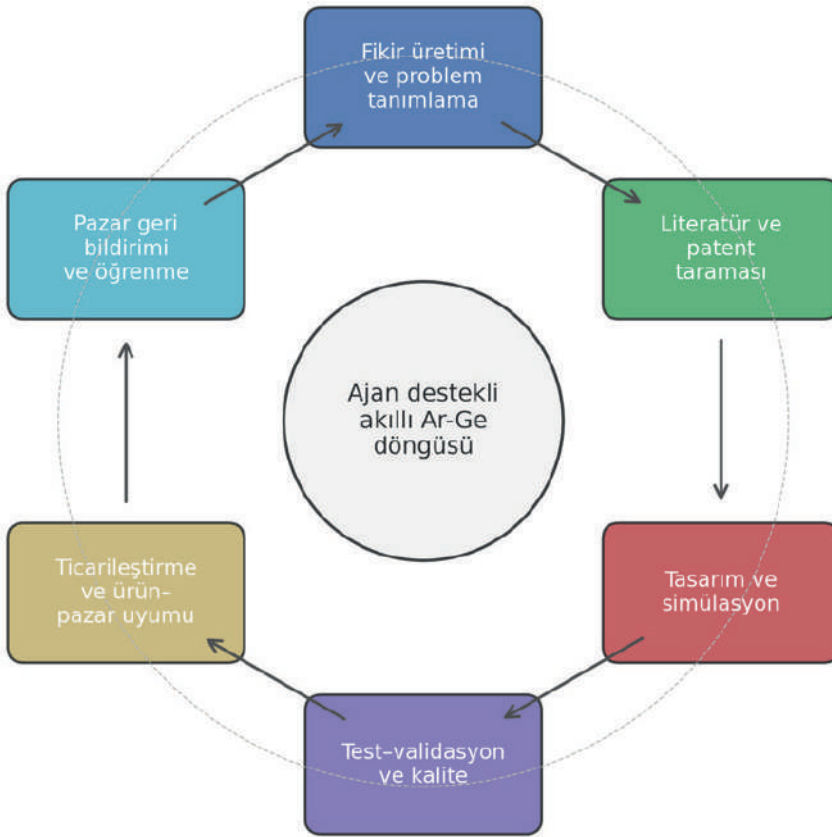
- **Ürün-pazar uyumu ajanı:** Müşteri geri bildirimlerini, pazar raporlarını ve rekabet verilerini analiz ederek stratejik öneriler geliştiren ajanlardır (Teece, 2010; McKinsey & Company, 2025b).

- **Dokümantasyon ve raporlama ajanı:** Ar-Ge teşvikleri, proje başvuru formları ve teknik raporlar için taslak oluşturan ajanlardır (AutoDoc AI, 2025).

Bu ajanların her biri, geleneksel Ar-Ge ekibinde yer alan belirli uzmanlık rollerinin dijital birer tamamlayıcısı olarak düşünülebilir.

4. Ar-Ge Döngüsünde Yapay Zekâ Ajanlarının Konumlandırılması

Ar-Ge ve inovasyon süreci, farklı disiplin ve aktörlerin katkı verdiği, çok aşamalı bir döngü olarak ele alınabilmektedir. Yapay zekâ ajanları, bu döngünün hemen her aşamasında farklı fonksiyonlar üstlenebilmektedir. Bu bölümde ele alınan Ar-Ge döngüsü ve ajanların konumlandırılması, genel hatlarıyla Şekil 3 ile görselleştirilmeye çalışılmıştır. Şekil 3'te, fikir üretiminden ticarileştirmeye uzanan döngüsel yapıyı ve her aşamada devreye giren ajan türlerini aynı diyagram üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3. Ajan destekli akıllı Ar-Ge döngüsü.

Şekil 3’de ajan destekli akıllı Ar-Ge döngüsü verilmiştir. Fikir üretimi, problem tanımlama, literatür ve patent taraması, tasarım ve simülasyon, test-validasyon, ticarileştirme ve pazar geri bildirimi aşamalarından oluşan döngüsel Ar-Ge süreci gösterilmektedir. Her aşamanın yanında ilgili ajan türü (örneğin literatür tarama ajanı, simülasyon ajanı, ürün-pazar uyumu ajanı) ikonlarla belirtilmiştir. Geri besleme okları, ajanik YZ ile güçlendirilmiş sürekli öğrenme mantığını vurgulamaktadır.

4.1. Fikir Üretimi ve Problem Tanımlama

Fikir üretimi genellikle insan yaratıcılığı ile ilişkilendirilir. Bununla birlikte ajanlar;

- Belirli bir alanla ilgili son literatürü tarayıp, hangi konularda araştırma açığı olduğunu özetleyebilir (Wang et al., 2024).

- Patent veri tabanlarından, hangi teknolojik alanlarda yoğun başvuru, hangi alanlarda görece boşluk bulunduğunu gösterebilir (AutoDoc AI, 2025).
- Pazar eğilimleri ve müşteri şikâyetlerini analiz ederek çözüme muhtaç problem alanlarını önerebilir (McKinsey & Company, 2025b).

Bu görevler, insan araştırmacının sezgisel ve yaratıcı düşünmesini besleyen bilgi zeminini güçlendirir. Açık inovasyon literatüründe vurgulanan çok kaynaklı bilgi akışlarının ajanlar aracılığıyla daha sistematik hâle getirilebilmesi mümkündür (Chesbrough, 2003; Chesbrough & Bogers, 2014; von Hippel, 2005).

4.2. Literatür ve Patent Tarama Ajanları

Bilimsel literatür ve patent veri tabanları, günümüzde insan araştırmacıların tek başına etkin biçimde taramasının zorlaştığı bir hacme ulaşmıştır. LLM tabanlı ajanlar, doğal dilde soruları anlayıp akademik veri tabanları, ön baskı sunucuları ve patent arşivleri üzerinde arama yapabilmekte, sonuçları anlamlı biçimde kümelendirip özetleyebilmektedir (Wang et al., 2024). Bu tür ajanlar;

- Sistematik derleme ve bibliyometrik analiz süreçlerini hızlandırabilir,
- Özgünlük değerlendirmesinde araştırmacıya destek olabilir,
- Araştırma hipotezlerinin gerekçelendirilmesini kolaylaştırabilir.

Patent ajanları ise özgünlük riskini azaltmak, ihlal olasılıklarını görmek ve “beyaz alan” analizleri yapmak için kullanılabilir (AutoDoc AI, 2025). Böylece Ar-Ge yatırımları daha risk kontrollü şekilde yönlendirilebilir.

4.3. Tasarım, Simülasyon ve Prototipleme Ajanları

Mühendislik ve tasarım odaklı Ar-Ge’de, parametrik tasarım, sayısal simülasyon (CFD, FEA vb.) ve optimizasyon kritik aşamalardır. YZ ajanları;

- Tasarım uzayını sistematik biçimde tarayan optimizasyon döngüleri,
- Simülasyon sonuçlarına göre parametre güncelleyen adaptif tasarım döngüleridir.

Çok kriterli karar verme (maliyet, performans, sürdürülebilirlik vb.) için karar destek önerileri üreterek prototipleme süresini kısaltabilmektedir. (Tom et al., 2024; Tobias et al., 2025). Self-driving laboratories literatürü, malzeme keşfi ve kimya alanlarında deney tasarımı, yürütme ve analiz süreçlerinin yüksek oranda otonom hâle gelebildiğini göstermektedir (Tom

et al., 2024; Kim, 2025; SciSpot, 2025). Bu laboratuvarlarda ajanlar, deney planlarını optimize eden “beyin” işlevi görürken, robotik cihazlar fiziksel deneyleri icra eden “eller” rolünde olmaktadır. (Tobias et al., 2025).

4.4. Test, Validasyon ve Kalite Ajanları

Test ve validasyon aşamalarında ajanlar;

- Sensör verilerini gerçek zamanlı izleyip anomali tespiti yapabilir,
- Deney sonuçlarını istatistiksel olarak analiz ederek güven aralıkları ve etki büyüklüklerini hesaplayabilir,
- Kalite yönetim sistemleriyle entegre çalışarak uygunsuzluk kayıtlarını otomatik sınıflandırabilir.

Bu sayede deneysel döngülerin hızı artar, tekrar eden manuel raporlama görevleri azalır ve araştırmacılar yorumlama ve strateji geliştirme gibi daha yüksek katma değerli işlere odaklanabilmektedir (Kim, 2025; McKinsey & Company, 2025d).

4.5. Ticarileştirme, Pazar Analizi ve Rekabet İstihbaratı Ajanları

Ar-Ge'nin inovasyona dönüşmesi, yalnızca teknik başarıya bağlı değildir; ürün-pazar uyumu, iş modeli tasarımı ve rekabet stratejisi de kritik önemdedir (Teece, 2010). YZ ajanları;

- Pazar raporları, sosyal medya verileri ve müşteri geri bildirimlerini tarayarak eğilim analizleri yapabilir,
- Rakip ürünlerin fiyatlandırma, özellik ve konumlandırma stratejilerini izleyebilir,
- Farklı iş modeli senaryolarının gelir ve maliyet projeksiyonlarını simüle edebilir (McKinsey & Company, 2025b; 2025c).

Ar-Ge sürecinin her bir aşamasında hangi ajan türlerinin öne çıktığını, bu ajanların yerine getirdiği temel işlevleri ve beklenen çıktı türlerini özetleyen yapılandırılmış bir bakış Tablo 2 ile sunulmuştur. Tablo, araştırmacı ve yöneticilere, ajanik YZ'yi hangi aşamada, hangi amaçla devreye alabilecekleri konusunda pratik bir rehber niteliği taşımaktadır.

Tablo 2. Ar-Ge aşamaları ve destekleyici yapay zekâ ajan türleri.

Ar-Ge aşaması	Öne çıkan ajan türleri	Temel işlevler	Beklenen çıktılar
1. Fikir üretimi ve problem tanımlama	- Veri ve eğilim analiz ajanı - İhtiyaç keşfi / içgörü ajanı	- İç ve dış veri kaynaklarından (müşteri geri bildirimi, şikâyet kayıtları, sosyal medya, sektör raporları vb.) eğilim çıkarımı - Problem alanlarını kümelendirme ve önceliklendirme - Stratejik odak alanları için öneri üretme	- Fikir havuzu listeleri - Önceliklendirilmiş problem alanları - Stratejik tema ve odak başlıkları özeti
2. Literatür ve patent taraması	- Literatür tarama ve özetleme ajanı - Patent ve mevzuat ajanı	- Bilimsel makale, rapor ve standart taraması - Ana kavram, yöntem ve boşluk analizi - Patent ve standartlara göre özgünlük/ihlal risk değerlendirmesi	- Literatür özeti raporları - Araştırma boşlukları listesi - Patent manzarası (landscape) ve beyaz alan analizi
3. Tasarım ve simülasyon	- Tasarım optimizasyon ajanı - Simülasyon ve modelleme ajanı	- Tasarım parametre uzayının taranması - Sayısal simülasyon sonuçlarının değerlendirilmesi - Çok kriterli (maliyet, performans, sürdürülebilirlik) optimizasyon	- Önerilen tasarım/ senaryo setleri - Parametre öneri listeleri - Simülasyon sonuç özetleri ve karşılaştırma tabloları
4. Test- validasyon ve kalite	- Deney tasarım ajanı - Veri analitiği ve kalite kontrol ajanı	- Deney planlarının (DoE) önerilmesi ve revizyonu - Test verilerinin istatistiksel analizi - Anomali tespiti ve hata sınıflandırması - Kalite göstergeleri ve limitlerinin izlenmesi	- Deney planı dokümanları - Performans ve güvenilirlik raporları - Hata/arıza sınıflandırma çıktıları - Kalite KPI gösterge setleri
5. Ticarileştirme ve ürün-pazar uyumu	- Ürün-pazar uyumu ajanı - İş modeli ve fiyatlandırma ajanı	- Pazar segmentasyonu ve rekabet analizi - Müşteri ihtiyaç/tercih kümelerinin çıkarılması - Farklı iş modeli ve fiyatlandırma senaryolarının değerlendirilmesi	- Pazar analizi raporları - Ürün-pazar uyumu değerlendirme notları - İş modeli ve fiyatlandırma senaryo özetleri
6. Pazar geri bildirimi ve sürekli öğrenme	- Geri bildirim ve memnuniyet analizi ajanı - Öğrenen kurumsal hafıza ajanı	- Satış sonrası geri bildirim, çağrı merkezi kayıtları ve çevrim içi yorumların analizi - Şikâyet ve önerilerin sınıflandırılması - Yeni iterasyonlar için Ar-Ge'ye geri besleme üretimi - Kurumsal bilgi tabanının güncellenmesi	- Müşteri memnuniyeti ve sorun haritaları - İyileştirme öneri listeleri - Güncellenmiş bilgi tabanı ve SSS dokümanları - Bir sonraki Ar-Ge döngüsüne yönelik yol haritası girdileri

Tablo, Ar-Ge sürecini fikir üretimi, literatür/patent taraması, tasarım ve simülasyon, test-validasyon, ticarileştirme ve pazar geri bildirimi olarak altı temel aşamada ele almakta ve her bir aşama için öne çıkan ajan türlerini, bu ajanların yerine getirdiği başlıca işlevleri ve beklenen çıktı türlerini (rapor, özet, tasarım önerisi, parametre seti, pazar analizi vb.) özetlemektedir. Böylece Ar-Ge yöneticileri, ajanik YZ entegrasyonunu aşama bazlı olarak planlayabilmektedir.

5. Akıllı Ar-Ge Ekosistemleri: İnsan-Ajan İşbirliği Modelleri

5.1. İnsan Merkezli, Ajan Destekli İnovasyon

Literatürde giderek öne çıkan görüş, YZ ajanlarının insanı ikame etmekten ziyade tamamlayıcı olduğu yönündedir (Weng, 2023; Wang et al., 2024). Ar-Ge bağlamında bu durum, insan-ajan işbirliğine dayalı hibrit bir inovasyon modeli gerektirir. McKinsey & Company (2025a), ajanların gerçek potansiyelinin, iş akışlarının ajan merkezli yeniden tasarımı ile ortaya çıktığını vurgulamaktadır.

Bu çerçevede insan-ajan işbirliği;

- Stratejik kararlar ve etik sorumluluğun insanlarda,
- Yüksek hacimli veri işleme ve rutin karar önerilerinin ajanlarda olduğu,
- Kararların son onayının insanda kaldığı bir yapı şeklinde kurgulanabilir.

Böylece insan yaratıcılığı ve sezgisi, ajanın hesaplama gücü ve veri işleme kapasitesiyle desteklenir.

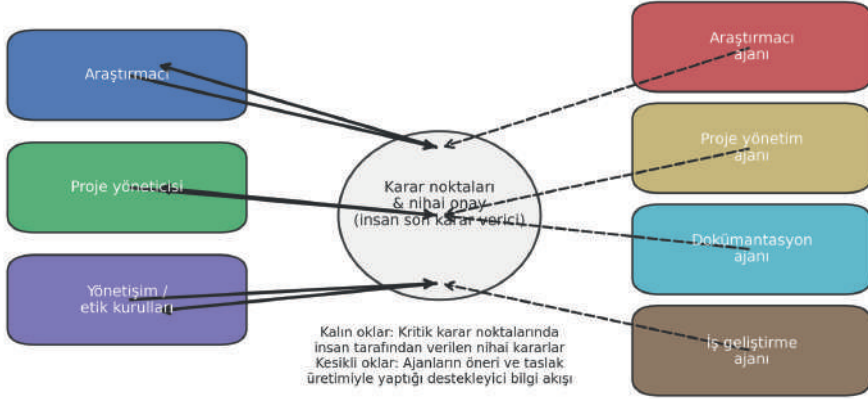
5.2. Kurumsal Ar-Ge’de Rol Dağılımı

Kurumsal Ar-Ge ekiplerinde tipik roller; araştırmacılar, proje yöneticileri, teknoloji transfer uzmanları ve iş geliştirme profesyonelleridir. YZ ajanları, bu rol setine “görünmeyen ekip üyeleri” olarak eklenebilir:

- Araştırmacı ajan: Literatür, veri analizi, hipotez ön-değerlendirmesi (Wang et al., 2024).
- Proje yönetim ajanı: Gantt şemaları, risk matrisleri, bütçe takibi (AutoDoc AI, 2025).
- Dokümantasyon ajanı: Proje başvuru formları, ara raporlar, Ar-Ge teşvik dokümantasyonu (AutoDoc AI, 2025).
- İş geliştirme ajanı: Pazar analizi, rakip takibi, iş modeli senaryoları (Teece, 2010; McKinsey & Company, 2025b).

Bu yapılanma, kurumsal hafızanın ajanlar tarafından sürekli güncellenmesini de mümkün kılar; ajanlar, projeler arası bilgi aktarımını kolaylaştıran bir “bilgi dolaşım sistemi” işlevi görebilir (SciSpot, 2025).

İnsan-ajan işbirliğinin temel rol dağılımını, karar yetkisi sınırlarını ve bilgi akışını gösteren kavramsal model, şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. İnsan-ajan işbirliğinde rol dağılımı ve bilgi akışı.

Şekil 4’de insan aktörler (araştırmacı, proje yöneticisi, yönetim/etik kurulları) ile yapay zekâ ajanları (araştırmacı ajan, proje yönetim ajanı, dokümantasyon ajanı, iş geliştirme ajanı) arasındaki rol dağılımı ve bilgi akışı şematik olarak gösterilmektedir. Kalın oklar insanın son karar verici olduğu kritik karar noktalarını, kesik oklar ise ajanların öneri ve taslak üretimi yaptığı destekleyici alanları temsil etmektedir.

5.3. Multi-ajan orkestrasyonu ve platformlar

Güncel raporlar, çok sayıda ajanın birlikte çalışmasını sağlayan “ajan platformları”nın ortaya çıktığını göstermektedir (McKinsey & Company, 2025a; 2025d). Bu platformlar, Ar-Ge ve inovasyon bağlamında;

- Farklı departmanlara özel ajanların birlikte çalışmasını,
- Harici veri kaynakları (bilimsel veri tabanları, patent ofisleri, pazar verileri) ile entegrasyonu,
- Güvenlik, veri gizliliği ve erişim yetkilerinin merkezi yönetimini mümkün kılmaktadır.

Böylece Ar-Ge süreçleri, beşinci ve altıncı nesil inovasyon süreçlerinin tarif ettiği ağ-tabanlı, bütünlük ve öğrenen sistemlere doğru evrilmektedir (Rothwell, 1994; Callaghan, 2019).

5.4. İnsan-Döngüde (Human-in-the-Loop) Kontrol Mekanizmaları

Ar-Ge gibi kritik alanlarda, ajanların öneri ve eylemlerinin insan denetiminden geçmesi önemlidir. Bu nedenle birçok uygulama, insan-döngüde (human-in-the-loop) yaklaşımlarını benimsemektedir. Örneğin Ar-Ge teşvik belgeleri için dokümantasyon üreten ajan sistemlerinde, ajanlar ön taslakları hazırlarken uzmanlar bunları doğrulamakta, düzeltmekte ve nihai sorumluluğu üstlenmektedir (AutoDoc AI, 2025).

Bu yaklaşım, hem verimlilik artışı sağlar hem de etik ve hukuki açıdan kabul edilebilir bir denge noktası sunar (McKinsey & Company, 2025a; Xi et al., 2025).

6. Uygulama Senaryoları ve Kullanım Alanları

6.1. Üniversite-Sanayi İşbirliği Projelerinde Ajan Kullanımı

Üniversite-sanayi işbirliği projeleri, çoğunlukla yoğun literatür taraması, patent incelemesi, mevzuat takibi ve çok paydaşlı koordinasyon gerektirir.

Ajanlar;

- Proje başlangıcında literatür ve patent haritası çıkarmak,
- Fon çağrılarını izleyip uygun proje fırsatlarını araştırmacılara bildirmek,
- Proje bitiminde etki analiz raporlarını ve Ar-Ge çıktıları envanterini hazırlamak gibi görevleri yerine getirebilir (AutoDoc AI, 2025; Wang et al., 2024).

Böylece akademik araştırmacılar ve sanayi ortakları, daha çok tasarım, deney ve yorumlama aşamalarına odaklanmaktadır.

6.2. KOBİ'lerde Düşük Maliyetli İnovasyon Asistanları

Küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), genellikle sınırlı Ar-Ge kapasitesine sahiptir ve profesyonel Ar-Ge personeli istihdam etmekte zorlanabilir. Bulut tabanlı YZ ajanları, KOBİ'lere:

- Mevcut üretim süreçlerinde verimlilik artırıcı fikirler önermek,
- Yeni ürün fikirleri için pazar ve rakip taraması yapmak,

- Devlet destekli Ar-Ge ve inovasyon programları hakkında bilgi vermek ve başvuru dokümanlarını hazırlamaya yardım etmek gibi işlevlerle destek olabilir (von Hippel, 2005; Chesbrough & Bogers, 2014).

Böylece ajanlar, “demokratikleştirici Ar-Ge destekleri” sağlayarak inovasyonun tabana yayılmasına katkı sunabilmektedir.

6.3. Sağlık, Enerji ve Üretim Sektörlerinde Ajan Destekli Ar-Ge

Sağlık: Tanı algoritmalarının geliştirilmesi, klinik karar destek sistemleri, ilaç keşfi ve klinik çalışma tasarımı gibi alanlarda ajanlar; literatür tarama, veri analizi ve hipotez ön eleme görevlerini üstlenebilir (Wang et al., 2024; Xi et al., 2025).

Enerji: Yenilenebilir enerji sistemlerinde performans optimizasyonu, şebeke yönetimi ve talep tahmini için simülasyon ve optimizasyon ajanları kullanılabilir (Tobias et al., 2025).

Üretim: Akıllı fabrikalarda süreç parametrelerini izleyen ve sürekli iyileştirme fırsatlarını belirleyen ajanlar, inovasyonun içselleşmesine katkı sağlar; bu, Rothwell’in (1994) beşinci nesil inovasyon modeli ve Callaghan’ın (2019) bu modeli altıncı nesil tartışmalarla genişleten katkılarıyla uyumludur.

Bu örnekler, ajanik YZ’nin yalnızca bilgi sektörlerinde değil, fiziksel üretim ve altyapı sektörlerinde de Ar-Ge süreçlerini dönüştürdüğünü göstermektedir.

6.4. Açık İnovasyon Platformları ve Çoklu Ajan Ekosistemleri

Açık inovasyon platformları, farklı kurum ve bireylerin çözüm önerileri, proje fikirleri ve prototipler sunduğu dijital ortamlar hâline gelmiştir (Chesbrough, 2003; Chesbrough & Bogers, 2014). Bu platformlara entegre edilecek ajanlar;

- Problem tanımlarını doğal dille analiz edip uygun çözüm çağrılarına eşleme,
- Katılımcıların geçmiş çalışmalarını tarayarak uzmanlık profilleri çıkarma,
- Önerilen çözümleri belirli metriklere göre otomatik ön-değerlendirmeden geçirme gibi işlevlerle platformun ölçeklenebilirliğini artırabilir.

Böylece yüzlerce veya binlerce başvuruyu manuel incelemek yerine, insan jüriye en umut verici adaylar önceden sıralanmış olarak sunulabilir (McKinsey & Company, 2025b; 2025c).

7. Fırsatlar, Riskler ve Etik Boyut

7.1. Fırsatlar: Hız, Maliyet ve Kapasite Artışı

Yapay zekâ ajanlarının Ar-Ge ve inovasyon süreçlerine entegrasyonu çok sayıda avantaj sunmaktadır:

1. Hızlanmış inovasyon döngüleri: Deney tasarımı, veri analizi, raporlama ve dokümantasyon gibi aşamalarda ciddi zaman tasarrufu sağlanabilir (Tom et al., 2024; Kim, 2025).
2. Maliyet azaltımı: Rutin bilişsel işlerin otomasyonu, Ar-Ge personelinin zamanını daha yaratıcı görevlere kaydırarak etkinliği artırır (McKinsey & Company, 2025a; 2025d).
3. Kapasite genişlemesi: Kısıtlı insan kaynağına sahip kurumlar, ajanlar aracılığıyla daha geniş veri setlerini işleyebilir, daha çok hipotez test edebilir ve daha fazla proje yürütebilir (Wang et al., 2024).
4. Kurumsal hafızanın güçlenmesi: Ajanlar, geçmiş projeler, raporlar ve deney sonuçları üzerinde sürekli “öğrenme” sağlayarak kurumsal bilgi yönetimini destekler (SciSpot, 2025; AutoDoc AI, 2025).

Bu avantajlar, inovasyonun hem hızını hem de erişilebilirliğini artırarak Schumpeterci anlamda rekabetçi dinamikleri keskinleştirmektedir (Schumpeter, 2008; Callegari & Nybakk, 2022). Özellikle sağlık sektöründe yapay zekâ temelli sistemlerin ekonomik etkinlik ve dijital dönüşüm kapasitesini artırmasıyla daha görünür hâle gelmektedir (Karahüseyinoğlu, 2024a)

7.2. Riskler: Şeffaflık, Güvenilirlik ve Bağımlılık

Bununla birlikte ajanik YZ kullanımının önemli riskleri vardır:

- Şeffaflık ve açıklanabilirlik: LLM tabanlı ajanların karar süreçleri çoğu zaman “kara kutu” niteliğindedir; bu durum, özellikle güvenlik kritik Ar-Ge alanlarında sorun yaratabilir (Wang et al., 2024; Xi et al., 2025).
- Hallüsinasyon ve hata: Ajanlar, gerçekte olmayan literatür referansları üretme veya verileri yanlış yorumlama riski taşır. Bu nedenle insan-döngüde denetimin kaldırılması tehlikelidir (Weng, 2023).
- Aşırı otomasyona bağımlılık: Araştırmacıların sorgulayıcı ve eleştirel düşünme becerilerinin zamanla zayıflaması, ajan önerilerine “otomatik” güven duyulması riski vardır (McKinsey & Company, 2025a).

- Veri gizliliği ve fikrî mülkiyet: Bulut tabanlı ajanların kullanımı, hassas Ar-Ge verilerinin üçüncü taraf sistemlere aktarılması anlamına gelebilir; bu da fikrî mülkiyet ihlalleri ve veri sızıntıları açısından dikkat gerektirir (AutoDoc AI, 2025; SciSpot, 2025).

7.3. Etik Çerçeve ve Yönetişim

Bu risklerin yönetilebilmesi için, kurumların ajan kullanımı için açık etik ilkeler ve yönetim mekanizmaları geliştirmesi gerekir. Bunlar arasında;

Ajanların yetki sınırlarının açıkça tanımlanması,

- Kritik kararlar için zorunlu insan onayı,
- Veri minimizasyonu ve anonimleştirme ilkelerinin uygulanması,
- Ajan davranışlarının düzenli denetlenmesi ve kaydedilmesi sayılabilir (McKinsey & Company, 2025a; Xi et al., 2025).

Bu bağlamda ajanik YZ stratejilerinin, sadece teknoloji birimlerinin inisiyatifine bırakılmaması; üst yönetim, hukuk, etik kurulları ve alan uzmanlarının birlikte tasarladığı kurumsal politikalara dayanması önemlidir. Böyle bir yönetim çerçevesi, ajanik YZ'nin inovasyonu hızlandırırken toplumsal güveni zedelememesini güvence altına alabilir.

8. Geleceğe Bakış: Yapay Zekâ Ajanlı Ar-Ge Mimarileri

8.1. Self-Driving Labs ve Otonom Deney Akışları

Kimya, malzeme bilimi ve biyoteknoloji gibi alanlarda self-driving labs konsepti, Ar-Ge'nin geleceğine dair çarpıcı bir örnek sunmaktadır. Bu laboratuvarlarda ajanlar; hipotez üretimi, deney tasarımı, parametre seçimi ve sonuç değerlendirme döngülerini büyük ölçüde otonom biçimde yürütebilmektedir (Tom et al., 2024; Kim, 2025; Tobias et al., 2025).

Bu tür mimariler, Schumpeter'in vurguladığı yenilikçi kombinasyonların keşif sürecini hızlandırarak deneme-yanılma maliyetini düşürebilmektedir. Aynı zamanda Rothwell'in (1994) beşinci nesil inovasyon süreci ve Callaghan'ın (2019) bu modeli altıncı nesil tartışmalarla genişleten katkılarıyla uyumlu olarak, yüksek ağ bağlantılı, sürekli öğrenen ve geri beslemeli inovasyon sistemleri ortaya çıkarmaktadır.

8.2. Ajanik YZ ve Kurumsal Dönüşüm

Danışmanlık ve teknoloji şirketlerinin raporları, büyük kuruluşların ajanik YZ'ye odaklanan özel birimler kurduğunu göstermektedir (McKinsey &

Company, 2025a; 2025d). Bu gelişmeler, Ar-Ge ve inovasyonun geleceğinde şu eğilimlere işaret etmektedir:

- Ar-Ge süreçlerinin ajan merkezli yeniden tasarımı,
- Ajanların iş akışı yönetim sistemleriyle derin entegrasyonu,
- Farklı tedarikçi ve platformlardan gelen ajanların birlikte çalıştığı “ajan ekosistemleri”,
- Ajanik YZ stratejilerinin kurumsal rekabet avantajının önemli bileşenlerinden biri hâline gelmesi.

Böyle bir bağlamda, ajanik YZ okuryazarlığı ve çoklu ajan orkestrasyonu, Ar-Ge profesyonellerinin temel yetkinlik alanlarından biri hâline gelebilir (Wang et al., 2024; Xi et al., 2025).

8.3. Politika Yapıcılar ve Akademi İçin Öneriler

Politika yapıcılar açısından, yapay zekâ ajanlı Ar-Ge’nin desteklenmesi;

- Ajan tabanlı Ar-Ge altyapı yatırımlarına teşvikler,
- Açık veri ve açık bilim politikalarının ajan ekosistemleriyle uyumlu tasarımı,
- Etik ve hukuki çerçevenin güncellenmesi gibi adımları gerektirir (Morrar, 2014; Teece, 2010).

Üniversiteler açısından ise;

- Öğrencilerin ajanlarla çalışmayı, ajan tasarımını ve ajan orkestrasyonunu öğrenebileceği müfredatlar geliştirmek,
- Ajan tabanlı araştırma altyapıları ve açık kaynak projeler oluşturmak,
- Ar-Ge projelerinde “ajan okuryazarlığı”nı yaygınlaştırmak kritiktir (Wooldridge, 2009; Wang et al., 2024).

Böylece üniversiteler, yalnızca ajanik YZ’nin nesnesi değil, aynı zamanda bu dönüşümün tasarımcısı ve eleştirel değerlendiricisi hâline gelebilir.

9. Sonuç

Bu bölümde, “İnovasyonun Görünmeyen Ekibi: Yapay Zekâ Ajanları ile Akıllı Ar-Ge” başlığı altında, yapay zekâ ajanlarının Ar-Ge ve inovasyon süreçlerindeki rolü, klasik inovasyon teorileri ve güncel ajanik YZ literatürü ışığında tartışılmıştır.

Özetle:

1. Klasik inovasyon modelleri, doğrusal akıştan zincir bağlantılı, sistemik ve açık inovasyon perspektiflerine evrilmiş; dijitalleşme ve veri odaklılık Ar-Ge'yi daha karmaşık ve çok aktörlü hâle getirmiştir (Kline & Rosenberg, 1986; Chesbrough, 2003; von Hippel, 2005; Morrar, 2014).
2. Yapay zekâ ajanları ve çoklu ajan sistemleri, bu karmaşıklığı yönetmek için güçlü araçlar sunmakta; literatür tarama, patent analizi, veri işleme, tasarım, simülasyon, test, dokümantasyon ve pazar analizi gibi Ar-Ge görevlerini destekleyebilmektedir (Wooldridge, 2009; Wang et al., 2024; AutoDoc AI, 2025).
3. LLM tabanlı ajanlar, doğal dil yetenekleri sayesinde Ar-Ge ekipleriyle etkileşimi kolaylaştırmakta; self-driving labs gibi örneklerde deney döngülerini ciddi biçimde hızlandırmaktadır (Tom et al., 2024; Kim, 2025; Tobias et al., 2025).
4. İnsan-ajan işbirliği, Ar-Ge'nin geleceğinde belirleyici olacaktır. Ajanlar, insanın yaratıcılık, sezgi ve etik yargı kapasitesini tamamlayan; bilişsel yükü azaltan ve kurumsal hafızayı güçlendiren “görünmeyen ekip üyeleri” olarak konumlanmaktadır (McKinsey & Company, 2025a; SciSpot, 2025).
5. Riskler ve etik meseleler, şeffaflık, güvenilirlik, veri gizliliği ve aşırı otomasyona bağımlılık ekseninde yoğunlaşmakta; bu nedenle ajan kullanımının güçlü bir yönetim çerçevesiyle düzenlenmesi gerekmektedir (Weng, 2023; Xi et al., 2025).
6. Politika yapıcılar, üniversiteler ve şirketler, ajanik YZ'yi sadece teknik bir araç olarak değil, inovasyon stratejilerinin merkezinde konumlandıran, insan odaklı ve etik temelli uzun vadeli yol haritaları geliştirmelidir (Teece, 2010; Chesbrough & Bogers, 2014; Callaghan, 2019).

Sonuç olarak yapay zekâ ajanları, ne tamamen görünmez büyücüler ne de insan aklının yerini alacak mutlak otoriteler olarak görülmelidir. Doğru tasarlandığında ve yönetildiğinde, inovasyonun hızını ve kalitesini artıran; Ar-Ge'nin sınırlarını genişleten akıllı ortaklardır. İnovasyonun geleceği, muhtemelen Schumpeter'in girişimci vizyonunu, Kline ve Rosenberg'in zincir bağlantılı modelini ve Chesbrough'nun açık inovasyon paradigmasını, ajanik YZ'nin sunduğu yeni olanaklarla birlikte yeniden yorumladığımız hibrit bir dünyada şekillenecektir.

Kaynakça

- AutoDoc AI. (2025). The future of R&D documentation: Multi-agent AI systems [Çevrimiçi rapor].
- Bush, V. (1945). Science: The endless frontier. A report to the President. Washington, DC: United States Government Printing Office.
- Callegari, B., & Nybakk, E. (2022). Schumpeterian theory and research on forestry innovation and entrepreneurship: The state of the art, issues and an agenda. *Forest Policy and Economics*, 138, 102720.
- Callaghan, C. W. (2019). Rothwell's augmented generations of innovation theory: Novel theoretical insights and a proposed research agenda. *South African Journal of Business Management*, 50(1), 1–8.
- Chesbrough, H. W. (2003). Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. In H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke, & J. West (Eds.), *New frontiers in open innovation* (pp. 3–28). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Gallouj, F., & Windrum, P. (2009). Services and services innovation. *Journal of Evolutionary Economics*, 19(2), 141–148.
- Karahüseyinoğlu, F. (2024). Artificial intelligence in healthcare: Economic efficiency and digital transformation. Hattusas 1st International Conference on Social Sciences.
- Karahüseyinoğlu, F. (2025). Medical error in e-health services: Global perspective. Selçuk 12th International Conference on Social Sciences.
- Kim, Y. (2025). Self-driving laboratories with artificial intelligence. *Computers in Industry*. Advance online publication.
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. In R. Landau & N. Rosenberg (Eds.), *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth* (pp. 275–305). Washington, DC: National Academy Press.
- McKinsey & Company. (2025a). Seizing the agentic AI advantage [Çevrimiçi rapor].
- McKinsey & Company. (2025b). The next innovation revolution—powered by AI [Çevrimiçi rapor].
- McKinsey & Company. (2025c). The state of AI in 2025: Agents, innovation, and transformation [Çevrimiçi rapor].
- McKinsey & Company. (2025d). Technology trends outlook 2025 [Çevrimiçi rapor].

- Morrar, R. (2014). Innovation in services: A literature review. *Technology Innovation Management Review*, 4(4), 6–14.
- Rothwell, R. (1994). Towards the fifth-generation innovation process. *International Marketing Review*, 11(1), 7–31.
- Schumpeter, J. A. (2008). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle* (Original work published 1934). New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- SciSpot. (2025). AI-powered “self-driving” labs: Accelerating life science R&D [Çevrimiçi rapor].
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194.
- Tobias, A. V., et al. (2025). Autonomous “self-driving” laboratories: A review of technology and applications. *Royal Society Open Science*, 12(5).
- Tom, G., et al. (2024). Self-driving laboratories for chemistry and materials science. *Chemical Reviews*. Advance online publication.
- Von Hippel, E. (2005). *Democratizing innovation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wang, L., et al. (2024). A survey on large language model based autonomous agents. *Frontiers of Computer Science*, 18(6), 186345.
- Weng, L. (2023, 23 Haziran). LLM powered autonomous agents. Lil’Log [Blog yazısı].
- Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems* (2nd ed.). Chichester, UK: Wiley.
- Xi, Z. H., et al. (2025). The rise and potential of large language model based agents. *Science China Information Sciences*, 68(11).

Innovative Technologies in Seafood Processing: Biotechnological Applications in Fisheries By- Products

Nida Demirtas¹

Abstract

Fish processing is the process of converting raw fish captured by fishermen into marketable fish and goods. Common by-products include fish heads, frames, skin, scales, and viscera, all of which have significant nutritional value. Others include bones, fins, and guts, which can be processed to produce PUFA-rich proteins. Discarding fish bycatch and fish processing byproducts is a frequent practice in both fishing businesses and fish processing companies. Given this reality, innovative green technologies are being researched and developed to extract added value components and high-value bioactive compounds from seafood and their byproducts. Food, pharmaceutical, cosmetics, agricultural, and energy industries are all expressing interest in and expanding their usage of fish byproducts. These industries are increasingly relying on the nutritional and functional qualities of fish by-products to improve product formulations and develop sustainable solutions. The growing global population and continued fight against poverty have created sustainability difficulties in a variety of fields, including agriculture. Agriculture necessitates the production of food and high-value substances, as well as the management of land, water, and crops, and the control of erosion and pests. Using fish by-products in agriculture can help achieve sustainable agriculture, promote public well-being, and maintain environmental balance.

Introduction

Fish flesh is made up of macronutrients (moisture, proteins, and lipids) and micronutrients (minerals, vitamins, and enzymes). Additionally, crabs and mollusks contain carbohydrates in the form of glycogen. Because of

1 Araş. Gör., Munzur Üniversitesi/Su Ürünleri Fakültesi/Avlama Ve İşleme Teknolojisi Bölümü/ İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, ORCID:0000-0001-8323-5689, ndemirtas@jmunzur.edu.tr

their unique makeup, seafood goods are considered a highly perishable commodity. Because fishing vessels typically gear seafood at great distances from consuming areas, appropriate preservation is required to prevent product spoiling. This requirement is fueled further by consumer desire for high-quality, lightly processed food with minimal nutritional and sensory alterations. This also applies to farmed seafood species, which must be carefully maintained before being safely conveyed to far locations (Kontominas et al., 2021). Traditional ways of preserving seafood include chilling, freezing, drying, salting, smoking, fermenting, and canning, all of which regulate water activity, enzymatic and oxidative changes, and microbiological activities. Traditional techniques of preservation incur significant processing and storage costs. Furthermore, customer desires for clean label ingredients and natural foods, as well as worries about the safety of chemical additives and preservatives, have encouraged the food industry to look at green food preservation technology. There are several nonthermal and green technologies accessible, including pulsed electric fields and ultrasonication. However, HPP is gaining acceptance in the seafood business ahead of other technologies (Roobab et al., 2022).

Fish Processing Industry and Its By-products

Fish processing is the process of converting raw fish captured by fishermen into marketable fish and goods. It includes industries such as fish handling, marketing, and distribution. Raw fish can be converted into marketable fish using either mechanical or manual processes. Often, first treatment of raw fish is required to eliminate fish spoilage or flight from the viscera, head, or skin. Such treatment involves cleaning, washing, or a combination of washing and cleaning whole fish obtained from fishing vessels or cold warehouses. The fish is then processed into commercial goods like as fillets, steaks, curing, and so on through further stages such as heading, filleting, trimming, shelling, cutting, slicing, or a combination of these methods. A final processing step is commonly given to packed fish to preserve it and allow for long-term storage and transportation fresh, frozen, or dried (Siddiqui et al., 2023).

Fish processing generates a variety of byproducts, depending on the method and species. Understanding the many types of byproducts is crucial to fully grasp industrial applications. Common by-products include fish heads, frames, skin, scales, and viscera, all of which have significant nutritional value. Others include bones, fins, and guts, which can be processed to produce PUFA-rich proteins. The most abundant byproducts are heads and frames, or minced muscle without the backbone. Pieces of muscle may

contain bone and skin remnants (Antonio Vázquez et al., 2019). The head, which is made up of skull, rostral cartilage, and other soft connective tissues, can contain up to 50% crude fat. Crude ash in heads and frames is higher than in muscle, accounting for around 49% of dry mass and being primarily used to calculate total PUFA levels. The frame's composition is roughly 50-60% muscular. Because of their chemical composition, such byproducts, particularly the heads, show promise for the combined extraction of oils and gelatines. Fish by-products vary in composition based on species, size, handling, freshness, season, processing methods, conversion mode, and time between landing and processing (Šimat, 2021).

Techniques for Utilization

Because of its well-known health benefits, fish intake generates a substantial amount of by-products. To make use of these byproducts, a variety of processes have been developed, including fish oil extraction, protein hydrolysate manufacturing, and gelatin. Fish oil, which contains omega-3 acids, is extracted from the fatty tissues of fish using industrial rendering techniques or vacuum conditions. Protein hydrolysates, which are easily absorbed high-quality protein sources, can be created from marine byproducts via compound enzymatic hydrolysis. Gelatin is created in controlled acidic or basic conditions and then removed from fish skin or bone heated in water (Ozogul et al.2021).

Discarding fish bycatch and fish processing byproducts is a frequent practice in both fishing businesses and fish processing companies. To combat present unsustainable fishery methods in the oceans, the use of fish byproducts is a critical and difficult undertaking. In general, fish byproducts are high in vital nutrients and biologically active compounds that benefit human health, such as proteins, lipids, minerals, and vitamins. Given this reality, innovative green technologies are being researched and developed to extract added value components and high-value bioactive compounds from seafood and their byproducts (Al Khawli et al., 2019). Fish oil extraction is a significant attempt to use fish byproducts. Fish oil, rich in ω -3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) like eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA; 22:6n-3), has been shown to prevent cardiovascular, hypertension, arthritis, and inflammatory diseases (Kulås, 2021). Furthermore, fish oil is well recognized to contain a number of other dietary elements such as natural tocopherols and other antioxidants, which are currently being researched as natural food supplements (Kapoor et al., 2021). If future improvements in fish oil extraction techniques result in higher fish oil yield and quality, their implementation at the industrial level

has the potential to improve the overall efficiency with which fish industry byproducts are utilized, thereby enhancing the circular economy within this industry. Furthermore, a more thorough examination of fish oil markets is recommended, considering that, in light of new industrial technologies, fresh applications of fish oil with tremendous potential may develop (Rodrigues et al., 2024). Enzymatic hydrolysis, a very effective process for converting inedible fish protein into value-added compounds, has received a lot of attention. Hydrolysis of low-value fisheries sector by-products has grown in popularity as a result of the present global emphasis on maximizing resource usage. Fish protein hydrolysates have various nutritional advantages, including high digestibility, bioavailability, and functional qualities (Araujo et al., 2021). It has been noted that by-products from the marine industry have a substantial impact on overall by-products, as they contain a large volume of chitin-rich proteins. The creation and implementation of better and value-added uses are critical for expanding product markets (Venugopal, 2021). From a business standpoint, it is obvious that efforts to improve processes and goods should be increased. Several recent technological advancements in the fisheries industry offer valuable information and suggestions for current issues. Strengthening product recycling and incorporating organic and environmentally friendly ideas into equipment production and industrial operations are critical steps toward developing the food sector. Coordinate the post-treatment process, develop a processing technology system for final goods derived from marine resources, implement the ideal rolling design, and expand manufacturing equipment (Cooke et al., 2021).

The primary raw materials for gelatin production are fish skin and bone. Gelatin processing involved multiple processes, including soaking, washing, heating, demineralization, and the production of oxidative and hydrolytic compounds. Furthermore, the fish gelatin was assessed for proximate and quality analysis, with protein and fat content being measured. The fish gelatin had low protein and fat concentrations as a result of many washing and heating processes, and extended soaking was projected to result in 3.0%-3.5% fat content and 1.5%-2.0% ash. Fish gelatin, in instance, exhibited a larger molecular weight than bovine and pig gelatins across a broader range of processing conditions. The fish gelatin exhibited a high gel strength for a shorter period of time. The fish gelatin dispersions had a pH of 6.67-6.86 and were more transparent than bovine and pig gelatin gels by more than 82%. Fish gelatin is type A, with a PI of 8.36 (Nurilmala et al., 2022).

Application in Various Industries

Food, pharmaceutical, cosmetics, agricultural, and energy industries are all expressing interest in and expanding their usage of fish byproducts. These

industries are increasingly relying on the nutritional and functional qualities of fish by-products to improve product formulations and develop sustainable solutions. This tendency may be seen in industries such as food processing, cosmetics, and medicines, where fish meal, fish oil, and other derivatives are being used to boost nutritional value, improve sensory qualities, and promote health advantages (Lal et al. 2023). Fish byproducts have become an essential part of the food sector. In the culinary world, fish byproducts such as heads, skins, and bones are widely utilized to make stocks, broths, and soups. These marine byproducts are well-known for increasing umami flavor characteristics and are presently used in a variety of food products (Siddiqui et al., 2023). Food product innovations based on seafood by-products are lowering waste and enhancing the efficiency with which seafood raw materials are used (Altintzoglou et al., 2021). Food from the global fisheries system is frequently devalued due to a focus on marketable protein from a limited number of species. Seafood by-products allow the culinary world to embrace neglected or underutilized things like jellyfish, arthropods, and pteropods, hence diversifying seafood commodities (Xia et al., 2024).

The pharmaceutical sector contains untapped potential for the use of fish byproducts. Fish contains active substances such as bioactive peptides and long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids, which are necessary for human health (Nikoo et al., 2023). Another novel way to use fish raw materials is to clean the skin with enzymes. The pharmaceutical sector has recognized the efficacy and safety of using fish skin and bones as collagen sources (Oslan et al., 2022). Beauty and health products derived from fish skin or bone collagen are projected to become increasingly popular in the market. A hydrolyzed fish skin collagen-based preparation in the form of a gel used as a pain reliever for locals and registered as a medicinal product is an example of a pharmaceutical product containing a fish-derived active component (Venkatesan et al., 2017). Fish-based phytopharmaceutical products are completely herbal mixture medications (hepatotonic and hyperlipidemia therapy). As the consumption of conventional medicines with western active agent content has declined in recent years, traditional, primarily herbal remedies in the form of dietary supplements, have gained popularity. These trends are expected to continue, providing pharmaceutical items including herbal preparations derived from fish a potentially fascinating piloting and economic niche for companies now developing fish-based pharmaceuticals. These products could have a significant economic impact, despite the fact that the scientific knowledge base for using fish as a raw material in pharmaceuticals and health products is still developing. The reduced administrative burden and inexpensive cost of the goods may make

the usage of fish active compounds appealing to pharmaceutical businesses (Al-Nimry et al., 2021).

The cosmetics industry is largely built on the promise of beauty. This promise has been turned into a more individualized pursuit for well-being. The business has spent years working with patients, dietitians, and biologists to establish settings that allow for chemical improvements to the skin, hair, and body. In recent years, the skin has been recognized as an essential component of a healthy lifestyle. Recent studies have begun to preserve and improve skin health through the creation of new technologies. Future research into novel anti-aging materials is predicted to benefit people's long-term health and welfare (Rizzi et al., 2021). In accordance with these findings, oil compounds and other marine-derived materials have lately been produced for cosmetic applications. The cosmetics sector is interested in this expansion because of its market potential and related to environmental factors (Fonseca et al., 2023). Using by-products from the fishing sector, especially from marine life, can create valuable items while also recycling and reducing waste (Šimat, 2021). In general, byproducts from the fish sector are heavy in proteins and lipids. They also have a high tolerance for bio-organic disposal, making them recyclable. The principal byproducts of fish processing are the head, backbone, skin, and viscera. Fish fats used to be thought of as low-value byproducts that were frequently discarded as trash. However, fish fats include a wide range of beneficial components. Biodiesel is produced from vegetable oils using natural enzymes. However, omega-3 fatty acids from fish oil are fragile and easily attacked by enzymes. As a result, many fish derivatives are unsuitable for use as edible fish oils, necessitating the development of alternate therapies. Animal-derived substances can spark debate and raise ethical concerns, but creams, lotions, and other formulas can contain fish derivatives. Talent from these cosmetics has been studied, but a surge in the usage of fish derivatives as essences in soap, shampoo, and other products has prompted fresh studies on the efficacy and acceptance of fish derivatives as an ingredient in these sorts of cosmetics. Despite the restricted reach, interest in producing this type of product has been proven (Siahaan et al., 2022).

The growing global population and continued fight against poverty have created sustainability difficulties in a variety of fields, including agriculture. Agriculture necessitates the production of food and high-value substances, as well as the management of land, water, and crops, and the control of erosion and pests. Using fish by-products in agriculture can help achieve sustainable agriculture, promote public well-being, and maintain environmental balance (Šimat, 2021). They have the potential to improve soil quality while also

promoting plant development. Compounds generated from fish by-products can be effective antagonists to the most common agricultural illnesses due to their chemical structure. Chitins and chitosans, for example, have been shown to have significant potential as natural fungicides. This is good news for organic agriculture, which is thriving in the pursuit of environmental sustainability (Elgendy et al., 2024).

Future Trends and Innovations

After removing edible sections, fish by-products still account for almost two-thirds of the total. In recent years, there has been significant progress in the use of fish byproducts for industrial uses, although a large amount continues to be wasted. Because fish byproducts have a great potential for value-added products, awareness will continue to fuel market expansion in the fish processing industry (Tahergorabi and Adegoke, 2021).

The primary developments in processing technology have been focused on getting ingredients from fish byproducts, which improves the efficiency of extraction procedures and the quality of the finished goods. This means that the application of new green sustainable technologies will be determined by the byproduct (e.g., skull, bones, and skin) and the intended high-value ingredient to be recovered (e.g., collagen, enzymes, or peptides) (Al Khawli et al., 2019).

Consumers are increasingly demanding more novel fish by-product foods generated from relevant biomolecules, necessitating the application of new strategies and increased investment in the creation of fish by-product-based products (McKenzie et al., 2022). However, what is currently driving interest in the use of fish byproducts is the anticipation of major future developments. A growing number of surveys and research are being conducted to analyze the future market for fish byproducts (Coppola et al., 2021). This research has demonstrated the growing importance of fish byproducts and their related chemicals. Here, fish byproducts are used to make feed, food, crops, or other added-value goods, primarily in accordance with the concepts of sustainability and the circular economy. Furthermore, as people become more aware of the importance of exploitation of fish byproducts, there has been an increase in collaborations between enterprises, research institutes, and universities. Collaboration is resulting in tangible projects such as product development, pilot plants, and experimental systems. These projects can serve as models for future by-product development (Šimat, 2021).

References

- Tahergorabi, R., & Adegoke, S. (2021). Utilization of Seafood Processing By-products for Development of Value-Added Food Products. In Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products: Recent Trends, Innovations, and Sustainability Challenges (pp. 537-559). Wiley Blackwell.
- Al Khawli, F., Pateiro, M., Domínguez, R., M. Lorenzo, J., Gullón, P., Koussoulaki, K., Ferrer, E., Berrada, H., & J. Barba, F. (2019). Innovative green technologies of intensification for valorization of seafood and their by-products. *Marine Drugs*, 17(12), 689; <https://doi.org/10.3390/md17120689>
- Al-Nimry, S., Dayah, A. A., Hasan, I., & Daghmash, R. (2021). Cosmetic, biomedical and pharmaceutical applications of fish gelatin/hydrolysates. *Marine Drugs*, 19(3), 145; <https://doi.org/10.3390/md19030145>
- Altintzoglou, T., Honkanen, P., & Whitaker, R. D. (2021). Influence of the involvement in food waste reduction on attitudes towards sustainable products containing seafood by-products. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125487, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125487>.
- Vázquez, J. A., Meduñá, A., Durán, A. I., Nogueira, M., Fernández-Compás, A., Pérez-Martín, R. I., & Rodríguez-Amado, I. (2019). Production of Valuable Compounds and Bioactive Metabolites from By-Products of Fish Discards Using Chemical Processing, Enzymatic Hydrolysis, and Bacterial Fermentation. *Marine Drugs*, 17(3), 139. <https://doi.org/10.3390/md17030139>
- Siddiqui, S. A., Schulte, H., Pleissner, D., Schönfelder, S., Kvangarsnes, K., Dauksas, E., Rustad, T., Cropotova, J., Heinz, V., & Smetana, S. (2023). Transformation of Seafood Side-Streams and Residuals into Valuable Products. *Foods*, 12(2), 422. <https://doi.org/10.3390/foods12020422>
- Araujo, Jhonattan & Mendonça de Santis Sica, Pietro & Costa, Carlos & Márquez, Maria del Carmen. (2021). Enzymatic Hydrolysis of Fish Waste as an Alternative to Produce High Value-Added Products. *Waste and Biomass Valorization*. 12. 10.1007/s12649-020-01029-x.
- Cooke, S. J., Venturelli, P., Twardek, W. M., Lennox, R. J., Brownscombe, J. W., Skov, C., ...& Danylchuk, A. J. (2021). Technological innovations in the recreational fishing sector: Implications for fisheries management and policy. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31, 253–288.
- Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. *Marine Drugs*, 19(2), 116. <https://doi.org/10.3390/md19020116>Elgendy, M. Y., Ali, S. E., Dayem, A. A., Khalil, R. H., Moustafa, M. M., & Abdelsalam, M. (2024). Alternative therapies recently applied in controlling

- farmed fish diseases: Mechanisms, challenges, and prospects. *Aquaculture International*, 32(7), 9017–9078.
- Fonseca, S., Amaral, M. N., Reis, C. P., & Custódio, L. (2023). Marine Natural Products as Innovative Cosmetic Ingredients. *Marine Drugs*, 21(3), 170. <https://doi.org/10.3390/md21030170>
- Kapoor, B., Kapoor, D., Gautam, S., Singh, R., & Bhardwaj, S. (2021). Dietary polyunsaturated fatty acids (PUFAs): Uses and potential health benefits. *Current Nutrition Reports*, 10, 232–242.
- Kulås, E. (2021). Chapter 3 - Extraction, refining, concentration, and stabilization of long-chain omega-3 oils, Editor(s): Pedro J. García-Moreno, Charlotte Jacobsen, Ann-Dorit Moltke Sørensen, Betül Yesiltas, Omega-3 Delivery Systems, Academic Press, 55-78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821391-9.00012-0>.
- Lal, J., Deb, S., Singh, S. K., Biswas, P., Debbarma, R., Yadav, N. K., ... & Patel, A. B. (2023). Diverse uses of valuable seafood processing industry waste for sustainability: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–15.
- McKenzie E, Bogue J, Repar L (2022), “Market-oriented product development of novel sustainably sourced seafood product concepts: consumers’ preferences for a different kettle of fish cake”. *British Food Journal*, Vol. 124 No. 11 pp. 4072–4102, doi: <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2021-0677>
- Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Domínguez, R., Zhou, J., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2020). Nutritional Characterization of Sea Bass Processing By-Products. *Biomolecules*, 10(2), 232. <https://doi.org/10.3390/biom10020232>
- Nikoo M, Regenstein JM, Yasemi M. Protein Hydrolysates from Fishery Processing By-Products: Production, Characteristics, Food Applications, and Challenges. *Foods*. 2023 Dec 13;12(24):4470. doi: 10.3390/foods12244470.
- Nurilmala, M., Suryamarevita, H., Hizbullah, H. H., Jacob, A. M., & Ochiai, Y. (2022). Fish skin as a biomaterial for halal collagen and gelatin. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1100–1110.
- Oslan, S. N. H., Li, C. X., Shapawi, R., Mokhtar, R. A. M., Noordin, W. N. M., & Huda, N. (2022). Extraction and characterization of bioactive fish by-product collagen as promising for potential wound healing agent in pharmaceutical applications: Current trend and future perspective. *International Journal of Food Science*, 2022(1), 9437878.
- Ozogul, F., Cagali, M., Šimat, V., Ozogul, Y., Tkaczewska, J., Hassoun, A., ... & Phadke, G. G. (2021). Recent developments in valorisation of bioactive ingredients in discard/seafood processing by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 559–582.

- Rizzi, V., Gubitosa, J., Fini, P., & Cosma, P. (2021). Neurocosmetics in skin-care—the fascinating world of skin–brain connection: A review to explore ingredients, commercial products for skin aging, and cosmetic *Cosmetics*.
- Rodrigues, M., Rosa, A., Almeida, A., Martins, R., Ribeiro, T., Pintado, M., ... & Caleja, C. (2024). Omega-3 fatty acids from fish by-products: Innovative extraction and application in food and feed. *Food and Bioproducts Processing*. Food and Bioproducts Processing, 145, 32-41, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.02.007>.
- Siahaan, E. A., Agusman, Pangestuti, R., Shin, K.-H., & Kim, S.-K. (2022). Potential Cosmetic Active Ingredients Derived from Marine By-Products. *Marine Drugs*, 20(12), 734. <https://doi.org/10.3390/md20120734>
- Šimat, V. (2021). Valorization of seafood processing by-products. In *Valorization of agri-food wastes and by-products*.
- Venkatesan J, Anil S, Kim SK, Shim MS. Marine Fish Proteins and Peptides for Cosmeceuticals: A Review. *Mar Drugs*. 2017 May 18;15(5):143. doi: 10.3390/md15050143. PMID: 28524092; PMCID: PMC5450549.
- Venugopal, V. (2021). Valorization of seafood processing discards: Bioconversion and bio-refinery approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Front. Sustain. Food Syst., Sec. Sustainable Food Processing, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.611835>
- Wang, J., Han, L., Wang, D., Sun, Y., Huang, J., & Shahidi, F. (2021). Stability and stabilization of omega-3 oils: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 17–35.
- Xia, F. L. W., Supri, S., Djamaludin, H., Nurdiani, R., Seng, L. L., Yin, K. W., & Rovina, K. (2024). Turning waste into value: Extraction and effective valorization strategies of seafood by-products. *Waste Management Bulletin*, 2(3), 84–100.

İşletme Alanında Ar-Ge Ve İnovasyondaki Güncel Gelişmeler 8

Nida Platin¹

Özet

Rekabetçi ve hızla değişen iş dünyasında işletmeler varlıklarını sürdürmeye çalışırken, yapay zekânın iş süreçlerine entegre edilmesi, tüketici davranışlarını büyük ölçüde değiştirmiş; sürdürülebilirliğe yönelik artan vurgu ise hem operasyonel süreçleri hem de geleneksel iş modellerini yeniden yapılandırarak ekonomik değerin işletmeler ve paydaşlar arasında daha adil biçimde dağılmasına katkı sağlamıştır. Dijital dönüşüm ve teknoloji odaklı yenilikler, kuruluşların verimliliğini artırarak paylaşım ekonomisi, abonelik hizmetleri ve platform tabanlı yaklaşımlar gibi yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Bu süreçte bulut bilişim düşük maliyetli ve ölçeklenebilir bir altyapı sunarken, büyük veri analitiği karar verme süreçlerini güçlendiren içgörüler sağlamakta; yapay zekâ müşteri deneyimini kişiselleştirip tedarik zinciri ve operasyonları optimize etmektedir. Paylaşım ekonomisi ve platform tabanlı modeller ise kaynak kullanımını verimli kılan ve ağ etkilerinden yararlanan yeni nesil iş yaklaşımlarını desteklemektedir. Bu bölüm, çağdaş işletmeler için kritik öneme sahip bu inovasyonları analiz ederek iş dünyasında nasıl köklü bir dönüşüm yarattıklarını ele almaktadır.

BULUT BİLİŞİM

Küreselleşme, yoğun rekabet ve hızla değişen teknolojiler gibi faktörler nedeniyle firmaların yalnızca kendi iç kaynaklarıyla yenilik yapmaları zorlaşmıştır. Bu nedenle firmalar araştırma, geliştirme ve yenilik tasarımı süreçlerini kendi bünyelerinde yürüttükleri ‘kapalı’ inovasyon yaklaşımını terk ederek; yenilik süreçlerinde iç ve dış kaynakları birleştirerek işbirliği yaptıkları “açık” inovasyon yaklaşımına yönelmişlerdir. Rekabetin firmalar arasında değil, işbirliği yapıları arasında gerçekleşmesi, gerekli bilgi ve kaynaklara erişimi örgüt sınırlarının ötesine taşımıştır, ancak açık inovasyon

1 Munzur Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Tunceli, TÜRKİYE. nidadlatin@munzur.edu.tr, Orcid id: 0000-0002-2859-4512

yapılarının oluştuğu iş ağları, kümelenmeler, inovasyon merkezleri ve benzeri yapılar aracılığıyla kurulan iş birlikleri bilgi paylaşımı, tamamlayıcı kaynaklara erişim ve yeniliklerin ortak üretimini mümkün kılmaktadır (Loukis vd.,2017). Golightly (2022), son yıllarda işletme dünyasında gerçekleşen inovasyonlardan birinin bulut bilişim teknolojisi olduğunu öne sürer. Bilgisayar tabanlı yenilikler bulut bilişime olan güveni giderek artmış ve bu teknoloji, işletmelerin bilgi işlem altyapısında köklü dönüşüm sağlamıştır. Özellikle son yıllarda bulut bilişim etkin büyüme kaydetmiş ve birçok kuruluş, işlerini sürdürülebilir ve esnek bir şekilde yönetebilmek için bu teknolojiyi kritik bir bileşen olarak konumlandırmıştır.

1990'larda Grid Computing'den doğan ve 2005 yılı itibarıyla geniş çapta kabul gören bulut bilişim, internet erişimi aracılığıyla veri işleme verimliliğini artırmıştır. Bulut bilişim teknolojisinin altyapısı sanallaştırma, merkezi işlem birimi, ağ, depolama ve bellek gibi bağımsız ayrı bileşenlerin bir araya getirilmesiyle oluşmuştur. Bulut bilişim, soyut sınırlar, ölçeklenebilirlik ve konum belirsizliği gibi dinamiklerle gerçek bir buluta benzer ve bu teknolojiyi diğer yöntemlerden ayıran temel özellikler arasında, her yerden erişim imkânı sağlayan geniş ağ erişilebilirliği yer alır. Kullanıcılar, ihtiyaç duyduklarında insan müdahalesine gerek kalmadan kaynaklara erişebilir. Hizmet kullanımı hızlı bir şekilde ölçeklenebilirken, kaynaklar birçok kullanıcı arasında paylaşılr ve verimli bir şekilde yönetilir ve otomatik sistemlerle ölçülerek maliyet ve performans takibi yapılır (Golightly,2022). Bulut bilişim firmaların ICT hizmetlerine düşük maliyetle erişim sağlayarak, işbirliklerini desteklemek ve yenilik süreçlerini hızlandırmak için önemli bir imkân sunmaktadır ancak bazı riskler de taşımaktadır; veri güvenliği, ekonomik riskler ve hizmetlerin kullanılabilirliği gibi endişeler bunlar arasında yer almaktadır (Loukis vd.,2017). Bulut bilişim, maliyet etkinliği, ölçeklenebilirlik ve esneklik; yüksek güvenilirlik; düşük bakım gereksinimi; yazılım lisanslama maliyetlerinin minimize edilmesi; yenilik kapasitesinin artırılması ve eşzamanlı çoklu kullanıcı desteği gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, kullanıcı kontrolünün sınırlı olması, hizmet sağlayıcılara bağımlılık, olası güvenlik ve gizlilik riskleri, kesintisiz internet bağlantısına duyulan ihtiyaç, geçiş süreçlerindeki teknik zorluklar, evrensel standartların eksikliği ve hızla değişen teknolojilere uyum zorunluluğu gibi çeşitli dezavantajları da beraberinde getirmektedir (Abdollahzadehgan,2013).

Kuruluşlar geleneksel altyapı modellerinden çevik bulut ortamlarına giderek daha fazla geçiş yaptıkça, iş performansında belirgin iyileştirmeler yaşarlar. Bulut bilişimin benimsenmesi, kuruluşların statik sistemlerden daha işlevsel ve uyarlanabilir çerçevelere geçmesini sağlayarak, artan verimlilik ve etkinlikle kurumsal hedeflere ulaşmayı kolaylaştırır (Abdlrazaq &Varol,2021).

Bulut bilişim dört temel dağıtım modelini kapsar: özel, genel, topluluk ve hibrit bulutlar. Özel bulut, yalnızca belirlenmiş kullanıcılara erişim sağlayan yüksek güvenlik ve performans seviyesiyle öne çıkar; ancak uygulama ve bakım için önemli yatırım gerektirir. Genel bulutlar ise , internet bağımlılığı ve altyapı üzerindeki azaltılmış kontrolle ilgili sınırlamalara rağmen, kullanım kolaylığı ve esneklikleriyle tanınan geniş bir kullanıcı tabanına depolama ve uygulamalar gibi hizmetler sağlar. Topluluk bulutları, kuruluşlara paylaşılan iş hedefleri sunarak maliyet düşürmeyi kolaylaştırır, ancak işbirlikçi yapıları nedeniyle güvenlik ve performansla ilgili zorluklarla karşılaşabilirler. Son olarak, hibrit bulut modeli, özel, genel ve topluluk bulutlarından öğeleri birleştirerek gelişmiş esneklik ve maliyet etkinliği sunar, ancak kurulum ve yönetimle ilgili artan masraflara neden olabilmektedir (Abdlrazaq & Varol, 2021; Golightly, 2022).

Bulut bilişim, bilgi teknolojisi alanında hizmet olarak sunulan kapsamlı bir kaynak ve altyapı paketi sunarak önemli bir ilerlemeyi temsil eder ve hem işletmeler hem de bireysel tüketiciler için avantajlı olan temel teknolojik kaynaklara hızlı erişim sağlama yeteneği ile karakterize edilir. Bulut bilişimin etkinliği temel olarak yetkin yönetime, maliyet verimliliğinin gerçekleştirilmesine ve işlem hızının artırılmasına bağlıdır (Abdlrazaq & Varol, 2021). İş süreçlerini dijitalleştirerek işletmelere esneklik, ölçeklenebilirlik ve maliyet avantajı sağlayan bir inovasyondur. Geniş ağ erişimi, self servis, hızlı esneklik ve kaynak havuzu gibi özellikleriyle iş modellerini yeniden şekillendirerek küresel rekabette stratejik bir araç haline gelmiştir (Golightly, 2022).

Bulut bilişim tabanlı Hizmet Olarak Yazılım uygulamaları, işletmelere çevrimiçi bir ortamda esnek ve ölçeklenebilir yazılım çözümleri sağlayarak önemli bilişim altyapısı yatırımlarına olan ihtiyacı en aza indirir. Yaygın olarak kullanılan bulut bilişim tabanlı uygulamalarının dikkate değer örnekleri arasında e-posta pazarlaması için Mailchimp, dosya depolama ve paylaşımı için Google Drive ve Dropbox, ekip iletişimi için Slack ve Microsoft Teams, müşteri ilişkileri yönetimi için Salesforce ve HubSpot, finansal süreçler için QuickBooks Online, e-ticaret faaliyetleri için Shopify ve çevrimiçi toplantılar için Zoom yer alır. Bu yazılım çözümleri, çeşitli sektörlerdeki işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerini destekler ve operasyonel verimliliği artırır (Mell & Grance, 2011; Sultan, 2010; Abdlrazaq & Varol, 2021). Bu bağlamda bulut bilişim, yalnızca bir teknoloji değil, aynı zamanda işletmelerin iş modellerini yeniden şekillendiren ve küresel rekabette öne çıkmalarını sağlayan stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir. Dünya çapında yaygın olarak benimsenen bu teknoloji, modern işletme dünyasında inovasyonun ve dönüşümün temel dinamiklerinden biri olmuştur (Golightly, 2022).

VERİ ANALİTİĞİ

Dünya genelinde faaliyet gösteren şirketlerin, performanslarını geliştirmek ve gelirlerini artırmak amacıyla sosyal medya kaynaklı verilere dayalı öngörüler geliştirmesi, heterojen veri türlerinin işlenmesini gerektiren ve birçok kuruluşun çözüm arayışında olduğu önemli bir sorunsaldır. “Günümüzün teknoloji ekosistemindeki bir diğer dikkate değer dönüşüm, çok büyük hacimlerdeki verilerin depolanması, işlenmesi ve analizine yönelik teknolojileri kapsayan ‘Büyük Veri’ olgusudur. Son on yılda giderek önem kazanan bu fenomen, Google, Yahoo, eBay, Facebook ve Twitter gibi öncü küresel kuruluşların da odak noktası hâline gelmiştir. İnsan davranışları, faaliyetleri ve olayları hakkında ayrıntılı içgörüler sağlayan kapsamlı veri kümelerinden oluşan bu verilerin analizi, şirketlerin çeşitli bilgilere hızla erişmesini ve yeni gelir akışları geliştirmesini sağlayarak stratejik karar alma ve operasyonel verimliliklerini artırmaktadır (Alsghaier vd., 2017).

Sosyal ağlar, mobil teknolojiler, e-ticaret ve arama motorları gibi dijital teknolojilerin hızla gelişmesi, küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ’ler) için önemli fırsatlar sunmaktadır. Büyük veri, temelde hacim, çeşitlilik ve hız olmak üzere üç temel özelliklerle tanımlanmaktadır. KOBİ’ler, karar alma süreçlerine fayda sağlayacak kritik bilgi, gizli içgörüler ve kalıpları ortaya çıkarmak için büyük hacimli ve çeşitli verilerden yararlanma potansiyeline sahip olsa da (Maroufkhani vd.,2020), rekabet avantajlarını güvence altına almak için veri analitiğinden faydalanmaları büyük şirketlere göre geride kalmıştır. 2012’de İngiltere’de yapılan bir araştırma, büyük firmaların %25’ine kıyasla KOBİ’lerin yalnızca %0,2’sinin büyük veri analitiğini kullandığını göstermiştir. Bu eşitsizliğe sebep olan faktörlerden biri küçük ve orta boy işletmelerin büyük veri potansiyelinin farkında olmamalarının yanı sıra, veri bilimcileri işe almadaki zorluklar, temel altyapı ve danışmanlık hizmetleri yatırımlarının yüksek maliyetli olması gibi finansal kısıtlamalardır. Ayrıca bulut tabanlı çözümlerle ilgili veri güvenliği ve gizliliğiyle ilgili endişeler, KOBİ’ler arasında büyük veri teknolojilerinin benimsenmesi ve uygulanmasına karşı kültürel bir dirençle sonuçlanmaktadır (Coleman vd.,2016). Disneyland gibi şirketler “sihirli bileklikler” gibi teknolojilerle ziyaretçi deneyimlerini geliştirirken, Amazon müşteri tercihlerini tahmin etmek için büyük veriyi kullanmaktadır. Büyük verinin en yüksek düzeyde değer üretmesi, analiz süreçlerinin yaratıcı biçimde keşfedilmesine olanak tanıyan örgütsel yetkilendirmelerle mümkün olup; her yerde varlık gösteren bu veri türü, tehdit tespiti veya yeni bilgi işlem eğilimlerinin kapsamlı dijital verilerle entegre edilerek bilet satışlarının optimize edilmesi gibi karmaşık sorunların çözümünde kullanılmakta ve böylece çok çeşitli sektörlerde

karşılaşılan sayısız zorluğun üstesinden gelinmesini sağlayan stratejik bir araç hâline gelmektedir (Alsghaier vd., 2017).

Sosyal ağlar, mobil teknolojiler, e-ticaret, arama motorları ve diğer dijital platformlardaki hızlı gelişmeler, hacim, çeşitlilik ve hız boyutlarıyla karakterize edilen büyük verinin ivmelenmesine neden olarak şirketlere bu geniş veri kaynaklarından yararlanma olasılığı sunar. Hacim, gizli içgörülerini ortaya çıkarmak için toplanan büyük miktardaki verileri ifade ederken; çeşitlilik, geleneksel analitik sistemlere meydan okuyan çeşitli veri biçimlerini (yapılandırılmamış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmış) temsil eder. Hız ise veri oluşturma ve gerçek zamanlı analiz hızını belirtir. Büyük veri analitiği yatırımı ile firma performansı arasındaki ilişki, veri erişilebilirliği sorunları nedeniyle genellikle netlikten yoksundur fakat stratejik faydaları aracılığıyla kurumsal verimliliği ve etkinliği artırır. Veri analitiği, KOBİ'lerin veri madenciliği, görselleştirme ve anlam çıkarma gibi gelişmiş teknikler aracılığıyla büyük verileri işlemesine ve analiz etmesine yardımcı olmakta çok önemlidir; Bu, KOBİ'lerin ham verileri değerli içgörülere dönüştürmesine, süreçleri hızlandırmasına ve rekabet avantajı elde etmesine olanak sağlayabilir. Büyük veri analitiği, yalnızca verilerin toplanmasıyla sınırlı olmayıp, bu verilerin büyümeyi ve inovasyonu destekleyecek biçimde eyleme dönüştürülebilir istihbarata çevrilmesini de kapsamaktadır; bu özelliği, onu dijitalleşen rekabet ortamında varlığını sürdürmeyi hedefleyen KOBİ'ler için kritik bir stratejik kaynak hâline getirmektedir (Maroufkhani vd.,2020).

YAPAY ZEKÂNIN İŞLETME YÖNETİMİNDEKİ UYGULAMALARI

Yapay zekâ (AI), öğrenme, etkileşim ve problem çözme gibi bilişsel işlevleri gerçekleştirebilen sistemleri ifade eder; dolayısıyla yönetsel karar süreçlerinde hem örgütsel hem de teknik zorluklar karşısında etkili kapsamlı bir bakış sağlarken, bu engelleri aşmak ve karar alma etkinliğini artırmak için potansiyel çözümler sunar. Makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmaları sayesinde bu sistemler özerk olarak öğrenebilir, uyum sağlayabilir ve çalışabilir olsa da bazı durumlarda insan girdisine ihtiyaç duyabilir ya da çıktılar insan tarafından revize edilebilir; bu tür uygulamalar “human-in-the-loop” sistemler olarak tanımlanır. Yapay zekâ yönetişimi ise yapay zekâ teknolojilerinin kurumsal strateji, etik ilkeler ve yasal düzenlemelerle uyumlu şekilde kullanılmasını sağlayan politika, süreç ve araçları kapsar ve risk yönetimi çerçevesinde yapay zekâ risklerin belirlenmesi, analiz edilmesi, azaltılması ve izlenmesine yönelik süreçleri içererek, hem iç hem de dış tehditlere karşı kurumsal varlıkların korunmasını amaçlar (Feuerriegel vd.,2022).

Yapay zekâ, insan gibi çalışacak şekilde tasarlanmış makinelerle çalışan bir IT endüstrisidir. John McCarthy, yapay zekâyı “özellikle akıllı bilgisayar programları geliştirmeye ilgili bilimsel ve teknik bilgi” olarak tanımlamıştır ve en sık kullanılan yapay zekâ yöntemleri olan derin öğrenme ile makine öğrenimi, verilerden öğrenerek tahmin yapmak için bireyler, firmalar ve devlet kurumları tarafından kullanılmaktadır. Şu anda, gıda sektöründeki veri çeşitliliği ve karmaşıklığı için makine öğrenimi modelleri geliştirilmektedir. E-ticaret ve finans sektörlerinde, standart, güvenilir ürün kalite kontrol yöntemleri tasarlamak ve maliyetleri düşük tutarak yeni müşteri ulaşma yolları aramak amacıyla yapay zekâ kullanılmakta, bu sayede daha iyi müşteri deneyimi, verimli tedarik zinciri yönetimi, operasyonel verimlilik artışı ve ürün boyutunun küçültülmesi sağlanmaktadır (Pallathadka vd.,2023).

Derin öğrenme ve makine öğrenimi, en popüler yapay zekâ tekniklerinden ikisidir. Bu modeller, bireyler, şirketler ve devlet kuruluşları tarafından veri tahmini yapmak ve öğrenmek için kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, güvenilir ürün kalite kontrol yöntemleri geliştirmeyi, yeni müşteriler edinmeyi ve maliyetleri düşürmeyi amaçlamaktadır. Yapay zekâ, müşteri deneyimini iyileştirmek, tedarik zinciri yönetimini optimize etmek, operasyonel verimliliği artırmak ve ürün kalitesini iyileştirmek için e-ticaret ve finans sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda, satışları artırma, kar maksimizasyonu, satış tahminleri, envanter yönetimi, güvenlik, dolandırıcılık tespiti ve portföy yönetimi gibi alanlarda uygulamaları vardır. E-ticaret platformları, müşteri edinimi, fiyat optimizasyonu ve pazar analizi yoluyla satışları kolaylaştırmak ve veri analitiği yoluyla satış, pazarlama ve insan kaynakları süreçlerini optimize ederken müşteri hizmetlerini iyileştirmek için yapay zekâ destekli sohbet robotları ve görsel arama sistemleri kullanılmaktadır. Öneri sistemleri, kullanıcıların satın alma geçmişine dayalı ürün önerileri sağlarken, yapay zekâ ayrıca envanter yönetimi talebini tahmin etmek, siber güvenlik dolandırıcılığını tespit etmek ve gelişmiş CRM sistemleri geliştirmek için de kullanılmaktadır. Finans alanında yapay zekâ, aday seçimi ve özgeçmiş değerlendirmesi gibi insan kaynakları işlevlerini iyileştirmenin yanı sıra kredi puanlamasını, risk değerlendirmesini ve portföy yönetimini kolaylaştırmaktadır (Pallathadka vd., 2023).

Yapay zekâ, iş modellerini yeniden tanımlayarak ve özellikle e-ticarete müşteri katılımını artırarak pazarlamayı devrim niteliğinde değiştirirken, müşteri deneyimlerini kişiselleştirebilir ve verimliliği artırarak işletmelerin dinamik pazarlarda rekabet gücünü korumasına yardımcı olur ve ayrıca uyarlanabilir pazarlama stratejilerini, ayrıntılı müşteri segmentasyonunu ve ürün önerilerinin daha iyi alakalı olmasını kolaylaştırmaktadır. Buna karşılık,şeffaflık sorunları, gerçekçi olmayan beklentiler ve veri gizliliği

endişeleri gibi zorluklar da sunmaktadır ve birçok yapay zekâ sisteminin içsel “kara kutu” yapısı, karar alma süreçlerinin anlaşılmasını zorlaştırmakta ve potansiyel olarak önyargılı sonuçlara yol açabilmektedir (Khrais,2020).

PAYLAŞIM EKONOMİSİ TABANLI İŞ MODELLERİ

2008’de tanıtılan “Paylaşım Ekonomisi” terimi, mülkiyete ihtiyaç duymadan kaynakları paylaşma, takas etme ve kiralama yoluyla işbirlikçi tüketim kavramını ifade eder ve çevrimiçi platformlar aracılığıyla sahiplik devri olmadan, tüketicilerin atıl durumdaki kaynaklarına geçici erişim sağlayan ve aracı şirketlerden oluşan bir ekosistem olarak tanımlanır. Bu model, genellikle işletmeden tüketiciye (B2C) modellerinde faaliyet gösteren çevrimiçi platformlar veya araçlar tarafından kolaylaştırılan tüketiciden tüketiciye (C2C) ağlar içinde işbirlikçi kullanım için mal veya hizmetlerin bölünmesini içerir ve kolektif zekâ da dahil olmak üzere sosyal ağlar üzerinde mal alım satımında kullanıcı etkileşimlerini teşvik eden çevrimiçi sosyal ticaretle birleştirir. Paylaşım ekonomisi mülkiyetin transferine odaklanmasa da, sosyal ticaret için olmazsa olmaz olan rezervasyonlar ve ödemeler gibi C2C işlemleri için de mekanizmalar gerektirir (Puschmann &Alt,2016). Bu platformlar, güven temelli bir ağda yer alan bireyler veya işletmeler tarafından kullanılmaktadır. Paylaşım ekonomisi genellikle sürdürülebilirlikle ilişkilendirilir; sürdürülebilir kalkınma, ilk kez 1987’de, “mevcut ihtiyaçları karşılamakla birlikte, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmayan kalkınma” olarak tanımlanmıştır (Andrei Boar vd., 2020).

Paylaşım ekonomisi, işbirlikçi ekonomi, işbirlikçi tüketim, erişim ekonomisi, platform ekonomisi ve topluluk temelli ekonomi gibi çeşitli isimlerle de bilinir; Airbnb ve Uber gibi şirketlerin dünya çapında gezginler arasında iyi bilinir hale gelmesiyle birlikte bu trend yeni işletmeler için de fırsatlar yaratmaktadır (Hossain,2020).Erişim ekonomisi, platform ekonomisi ve topluluk temelli ekonomi olmak üzere üç temel ilkeye dayananan paylaşım ekonomisi sürdürülebilirlik konularını ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar çerçevesinde ele alır ve ekonomik fırsatlar yaratmak, daha sürdürülebilir tüketim biçimlerini teşvik ederek adil, sürdürülebilir bir ekonomiye geçişi desteklemektedir. Erişim ekonomisi, kullanılmayan varlıkların (maddi kaynaklar veya beceriler) paylaşılmasını sağlayarak bu varlıkların kullanımını optimize etmeyi amaçlar. Platform ekonomisi, dijital platformlar aracılığıyla eşler arasında merkezi olmayan değişimlere aracılık ederken; topluluk temelli ekonomi ise sözleşmesiz, hiyerarşisiz veya parasal olmayan etkileşimler yoluyla koordinasyonu esas alır (Andrei Boar vd., 2020).

Paylaşım ekonomisi tüketicilerin sosyal hırslarını, keyif ve itibarı artırarak desteklerken sermaye yatırım maliyetlerini azaltarak sağlayıcılar ve araçlar için de avantajlar sunar, ayrıca yeni ürünlerin üretiminin azaltılmasıyla israfın en aza indirilmesi gibi ekolojik faydalar sağlar. Sağlayıcılar ve araçlar, sigorta ve ödeme işleme gibi katma değerli hizmetleri paylaşmak veya sunmak için platform görevi görerek yeni iş modellerinden yararlanabilirler. Bu yaklaşımlar olumlu itibar etkileri yaratabilir; kullanılmış ürünlerin yeniden satışını kolaylaştıran şirketler, marka imajlarını geliştirerek ilgi çekici topluluklar oluşturabilirler (Puschmann & Alt, 2016). Paylaşım ekonomisi; çevrimiçi etkileşimlerle kolaylaştırılan ekonomik faaliyetleri kapsayan dijital ekonomi, araçlar olmadan tüketiciler arasındaki doğrudan ticaretle karakterize edilen eşler arası ekonomi (peer-to-peer economy), geçici ve esnek istihdam düzenlemelerini ifade eden geçici işler ekonomisi, topluluk temelli platformlar aracılığıyla mal ve hizmetlerin paylaşımına ve erişimine odaklanan işbirlikçi tüketim ve kaynak tahsisinin bireylerin ve işletmelerin aktif katılımıyla etkili bir şekilde koordine edildiği dijital paylaşım ekonomisi gibi birbirleriyle ilişkili çeşitli kavramları kapsamaktadır. Paylaşım ekonomisi, bireylerin mülkiyet yerine erişimi tercih etmelerini sağlayarak kaynakların verimli kullanılmasına yardımcı olur ve üretim ihtiyacını azaltarak çevresel etkileri olumlu yönde etkiler. Paylaşım ekonomisi iş modelleri; çevresel (kaynak verimliliği, düşük emisyon), sosyal (etik, güvenlik, sosyal refah) ve ekonomik (maliyet ve kâr verimliliği, ekonomik refah) olmak üzere üç boyutta sürdürülebilir değer yaratmayı hedefler (Andrei Boar vd., 2020).

Paylaşım ekonomisi öncelikli olarak hizmet sağlayıcılar ve kullanıcılar için finansal teşvikler yoluyla girişimciliği, iş yaratmayı ve ekonomik büyümeyi destekleyerek geleneksel işgücü piyasalarını altüst ederek GSYİH büyümesine katkıda bulunurken maliyetleri azaltır ve kullanıcı katılımını artırır böylece ekonomik manzarada dönüştürücü bir değişimi ifade eder. Bir diğer önemli bir avantajı, konaklama gibi sektörleri önemli ölçüde etkileyen, yeterince kullanılmayan kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Ayrıca pahalı mallara erişimi artırarak ve kaynak verimliliğini teşvik ederek sürdürülebilir tüketimi teşvik eder. Bazıları çevresel farkındalığın bu eğilimi yönlendirdiğini savunurken, diğerleri sürdürülebilirliği ikincil bir fayda olarak görür, çünkü tüketici davranışı daha sürdürülebilir seçenekleri tercih etme eğilimindedir. Ancak, daha düşük fiyatlar ve artan erişim, istemeden daha yüksek tüketim seviyelerine yol açabilir ve çevre üzerinde ek baskı da oluşturabilir. Avantajlarına rağmen, paylaşım ekonomisi güvenlik, sigorta, çalışan hakları ve vergilendirmeye ilgili düzenleyici boşluklarla karşı karşıyadır ve bu da çözülmemiş sorunlara yol açmaktadır. Bazıları bu sektörü yenilikçi olarak görürken, diğerleri haksız avantajlarını eleştirmektedir. Ek olarak,

çalışanlar sıklıkla iş güvencesizliği ve fayda eksikliğinin yaşanması paylaşım ekonomisinde sorumlu büyümeyi desteklemek için tutarlı politikalara olan ihtiyacı vurgulamaktadır (Hossain,2020).

ABONELİK TABANLI İŞ MODELLERİ

Abonelik tabanlı iş modelleri çeşitli sektörlerde ve pazarlarda giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu modeller, müşterilerin hizmetlere veya ürünlere devam eden erişim için periyodik ücretler ödediği yinelenen gelire dayanır. Aboneliklerin temel özellikleri arasında esneklik, dinamik yapılandırılabilirlik ve bulut teknolojileri gibi dijital unsurların entegrasyonu yer alır. Bu özellikler, kişiselleştirilmiş, ölçeklenebilir ve kullanışlı çözümler sunarak müşteri değerini ve sadakatini artırır (Kowalkowski& Ulağa,2024).

Abonelik tabanlı iş modellerinde kullanıcılar, dijital şirketlerin temel değer yaratıcılarıdır ve davranışları doğrudan kârlılığı belirler. Kullanıcı Başına Ortalama Gelir, Müşteri Edinme Maliyeti ve Müşteri Yaşam Boyu Değeri gibi temel performans ölçütleri bu modellerde özellikle önemlidir. Kullanıcı Başına Ortalama Gelir, her bir kullanıcı tarafından üretilen ortalama geliri yansıtırken, Müşteri Edinme Maliyeti bir kullanıcıyı edinmenin pazarlama ve satış maliyetini gösterir. Karlılığın sağlanabilmesi için Müşteri Edinme Maliyetlerinin aşılması gerekirken, net büyüme oranı gelecekteki gelirlerin öngörülmesinde kritik rol oynar. Müşteri Yaşam Boyu Değeri ve Müşteri Sermayesi ise, pazarlama performansını şirket değerlemesiyle ilişkilendirmede önemli değerlendirme araçlarıdır (Schneider & Imai,2020). Kullanıcıların reklamsız dijital içeriğe erişim için tekrarlayan bir ücret ödediği abonelik tabanlı iş modeli özellikle premium içeriğe yüksek değer veren veya reklamlara karşı güçlü bir isteksizlik gösteren kitleleri hedeflemektedir. Reklam verenlerin platformdan sınırlı değer sağladığı ve kullanıcı deneyiminin müdahaleci reklamlarla olumsuz etkilendiği ortamlarda, başlangıçta yüksek performans sergilenmesine karşın, tekrarlayan etkileşimlere bağlı olarak içerik yeniliğinin zamanla azalması, kullanıcıların bu içeriğe erişim için ödeme yapma istekliliğinde düşüşe yol açmakta ve bu durum, modelin uzun vadeli gelir potansiyelini sınırlayabilir (Huotari&Ritala,2021).

Müşteri Tabanlı Şirket Değerlemesi kavramı, kullanıcı davranışını tahmin eden ve bunu geleneksel finansal değerlemelere bağlayarak bu ölçütlere dayanır. Abonelik tabanlı modeller, öngörülebilir, tekrarlayan gelir ve gözlemlenebilir tutma oranları içerdikleri için Müşteri Tabanlı Şirket Değerlemesi için özellikle uygundur ve gelecekteki nakit akışlarını tahmin etmeyi kolaylaştırır. Geleneksel yaklaşımlar genellikle kullanıcı tabanlı genişlemesini modellemek için lojistik büyüme eğrilerini kullanır, ancak

bunlar kesindir ve kullanıcı büyümesindeki belirsizliği yakalamada başarısız olur (Schneider & Imai,2020). Abonelik tabanlı iş modelleri, hizmet yönelimi (erişim ve sonuç) ve kaynak entegrasyonu (tek taraflı ve karşılıklı) temelinde kategorize edilebilir ve dört ana arketipe yol açar: Minimum etkileşim gerektiren temel, otomatik hizmetler sunan Basamak Taşları; Karşılıklı kaynak entegrasyonu ile son derece ilgi çekici ve özelleştirilmiş abonelikler içeren Etkileşimli Komut Dosyaları; Belirli sonuçlara odaklanan yapay zekâ odaklı ve ölçeklenebilir hizmetlerle karakterize edilen Akıllı Otomasyon; ve kişiselleştirilmiş, yüksek değerli hizmetler sağlayan kaynak yoğun modeller olan İç İç Yolculuklar. Bu modeller, işlemsel bir çerçeveden ilişkisel bir çerçeveye geçerek müşteri ihtiyaçlarını anlamaya ve kısa vadeli satışlar yerine uzun vadeli ilişkiler kurmaya odaklanır. İşlemsel modeller bireysel işlemlere odaklanırken, ilişkisel modeller devam eden etkileşimleri ve özelleştirilmiş hizmetleri içerir ve hem şirket hem de müşterileri için paylaşılan değer yaratır. Bu yaklaşım müşteri memnuniyetini artırır, sadakati teşvik eder ve uzun vadeli iş başarısını destekler; fiyatlandırma stratejilerinin, organizasyon yapılarının ve müşteri etkileşimlerinin yeniden tasarlanmasını gerektirirken, aynı zamanda büyüme ve inovasyon için fırsatlar yaratır (Kowalkowski& Ulaga,2024).

PLATFORM TABANLI İŞ MODELLERİ

Platform tabanlı iş modeli, dijital altyapı aracılığıyla iki veya daha fazla birbirine bağımlı kullanıcı grubu (genellikle üreticiler ve tüketiciler) arasındaki etkileşimleri kolaylaştırır. Bu platformlar aracı olarak hareket ederek işlemleri mümkün kılar, arama maliyetlerini azaltır ve ağ etkileri aracılığıyla değer üretir (Wibisono, 2023). Platform tabanlı bir iş modeli, fiziksel varlıkların veya doğrusal üretim süreçlerinin mülkiyetine dayanmaması nedeniyle geleneksel modellerden temel olarak farklıdır. Bunun yerine, tüketiciler ve tedarikçiler de dahil olmak üzere çeşitli bir katılımcı ağı arasında dijital teknolojiler aracılığıyla etkileşimleri kolaylaştırarak kaynakların paylaşılması, bilgi alışverişi ve iş birliği yoluyla değer yaratılmasını sağlar. Buna karşılık, geleneksel boru hattı modelleri, mal veya hizmet üretmek için fiziksel altyapıyı kontrol eden şirketleri içerir. Örneğin, geleneksel bir otel, müşterilere hizmet etmek için tesislerine ve personeline sahiptir. Tersine, Airbnb gibi platform tabanlı işletmeler listelenen mülklere sahip değildir, ancak mülk sahiplerinin gezginlerle bağlantı kurması için bir çerçeve sağlar. Bu platformların başarısı, kullanıcı bağlantılarını teşvik etme, işlemleri kolaylaştırma ve değer üretimi için güvenilir bir ekosistem sürdürme yeteneklerine bağlıdır. Platform tabanlı modellere geçiş, iş dünyasındaki derin dönüşümü ifade etmektedir (Rohn vd.,2021).

Platform tabanlı bir iş modeli, tüketiciler ve üreticiler gibi iki veya daha fazla birbirine bağımlı grup arasındaki etkileşimleri kolaylaştırarak değer yaratan, ancak alışveriş yapılan ürün veya hizmetlere sahip olmayan bir sistemdir. Geleneksel boru hattı işletmelerinin aksine, platformlar doğrudan alışverişleri mümkün kılan ve bir ekosistem içindeki ağ etkileri ve koordinasyon yoluyla değer üreten araçlar olarak hizmet eder. Platformlar, içerik, yapı ve yönetim sistemlerini entegre ederek çeşitli sınırlar boyunca işlemleri ve faaliyetleri yöneten çok taraflı organizasyonel biçimler olarak kabul edilir. Bu sistemler, hızla değişen pazarlardaki rekabet dinamiklerini etkileyerek yenilik ve taklit yoluyla gelişir (Zhao vd., 2020). Platform tabanlı iş modelleri üç temel boyutla karakterize edilir: değer yaratma, değer teslimi ve değer yakalama. Değer yaratma, platformlar farklı katılımcıları (kaynaklar, bilgiler veya hizmetler sunanlar) yeni bir değer alanı oluşturmak için birbirine bağladığında gerçekleşir; kullanıcılar, ev sahipleri ve misafirleri birbirine bağlayarak kısa süreli kiralalamaları kolaylaştıran ve böylece paylaşım ekonomisini teşvik eden Airbnb’de görüldüğü gibi platform aracılığıyla birbirleriyle etkileşime girer, benzer şekilde Amazon, üçüncü taraf satıcıların geniş bir müşteri tabanına erişmesini sağlayarak hem satıcılar hem de alıcılar için değeri artırır. Değer teslimi boyutu ise kullanıcılara etkin ve sorunsuz bir şekilde değer sağlanmasıyla ilgilidir; şirket içi ürünlere veya hizmetlere güvenen geleneksel işletmelerin aksine, platformlar ağlarını optimize eder ve katılımcılar arasındaki etkileşimleri kolaylaştırır örneğin, Microsoft Azure ve Amazon Web Services gibi dijital altyapı platformları, işletmelerin önemli fiziksel altyapı maliyetlerine katlanmadan operasyonlarını oluşturmalarına olanak tanır. Son olarak, değer yakalama, platformların etkileşimlerini nasıl paraya dönüştürdükleriyle ilgilidir. Gelir yaratma stratejileri arasında komisyonlar, hizmet ücretleri, abonelikler ve hedefli reklamcılık yer alır. Örneğin, Uber yolculuklardan komisyon kazanırken, Facebook reklam için kullanıcı verilerinden yararlanır. Platformların hızla ölçeklenme ve coğrafi sınırları aşma kapasitesi, onlara geleneksel iş modellerine göre belirgin bir avantaj sağlar (Rohn vd.,2021).

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle ortaya çıkan bu iş modelleri, şirketlerin fiziksel varlıklara olan bağımlılığı en aza indirirken hızla ölçeklenmesini sağlıyor. Amazon, Microsoft ve Alibaba gibi büyük firmalar, tüketicileri etkileşimli bir ekosistemde çok çeşitli ürün ve hizmetlere bağlayarak bu yaklaşıma örnek teşkil ediyor. Geleneksel boru hattı modellerinin aksine, platform tabanlı modeller ağ etkilerinden yararlanarak kullanıcı katılımı arttıkça değeri artırıyor. Bu değişim, Airbnb’nin misafirperverlik üzerindeki etkisinde, Uber’in ulaşımı altüst etmesinde ve Amazon’un e-ticareti yeniden tanımlamasında görüldüğü gibi, sektörler genelinde önemli

değişiklikleri hızlandırıyor (Rohn vd.,2021). Kaynaklara sahip olmaya dayanan geleneksel iş modellerinin aksine, Airbnb, Google veya Facebook gibi platform işletmeleri, harici kullanıcıların değer yarattığı ve alışverişinde bulunduğu ekosistemleri yönetir. Bu bağlamda, çok taraflı platformlar girişimci ekosistemlerin merkezi haline gelir, kullanıcıları birbirine bağlar ve inovasyonu ve ekonomik faaliyeti yönlendirirerek eşleştirme rolü oynar böylece dijital ekosistem içindeki rekabeti, bilgi paylaşımını ve kullanıcı odaklı inovasyon sağlayarak kullanıcılar ve araçlar arasındaki etkileşimleri yapılandırır (Wibisono, 2023).

Kaynakça

- Abdollahzadegan, A., Che Hussin, A. R., Moshfegh Gohary, M., & Amini, M. (2013). The organizational critical success factors for adopting cloud computing in SMEs. *Journal of Information Systems Research and Innovation (JISRI)*, 4(1), 67-74.
- Abdlrazaq, A., & Varol, A. (2021). Exploring the effects of cloud computing adoption on open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(3), 196. <https://doi.org/10.3390/joitmc7030196>
- Andrei Boar, A., Bastida,R., Marimon,E, 2020, A Systematic Literature Review. Relationships between the Sharing Economy, Sustainability and Sustainable Development Goals, *Sustainability* 2020, 12(17), 6744; <https://doi.org/10.3390/su12176744>
- Alsghaier, H., Akour, M., Shehabat, I., & Aldiabat, S. (2017). The importance of big data analytics in business: a case study. *American Journal of Software Engineering and Applications*, 6(4), 111-115.
- Coleman, S., Göb, R., Manco, G., Pievatolo, A., Tort-Martorell, X., & Reis, M. S. (2016). How can SMEs benefit from big data? Challenges and a path forward. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(6), 2151-2164.
- Feuerriegel, S., Shrestha, Y. R., von Krogh, G., & Zhang, C. (2022). Bringing artificial intelligence to business management. *Nature Machine Intelligence*, 4(7), 611-613.
- Golightly L, Chang V, Xu QA, Gao X, Liu BS. Adoption of cloud computing as innovation in the organization. *International Journal of Engineering Business Management*. 2022;14. doi:10.1177/18479790221093992
- Hossain, M. (2020). Sharing economy: A comprehensive literature review. *International Journal of Hospitality Management*, 87, 102470.
- Huotari, P., & Ritala, P. (2021). When to switch between subscription-based and ad-sponsored business models: Strategic implications of decreasing content novelty. *Journal of Business Research*, 129, 14-28.
- Khrais, L. T. (2020). Role of artificial intelligence in shaping consumer demand in E-commerce. *Future Internet*, 12(12), 226.
- Kowalkowski, C., & Ulaga, W. (2024). Subscription offers in business-to-business markets: Conceptualization, taxonomy, and framework for growth. *Industrial Marketing Management*, 117, 440-456.
- Loukis, E., Kyriakou, N., Pazalos, K., & Popa, S. (2017). Inter-organizational innovation and cloud computing. *Electronic Commerce Research*, 17, 379-401.
- Maroufkhani, P., Tseng, M. L., Iranmanesh, M., Ismail, W. K. W., & Khalid, H. (2020). Big data analytics adoption: Determinants and performances

- among small to medium-sized enterprises. *International journal of information management*, 54, 102190.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. National Institute of Standards and Technology.
- Pallathadka, H., Ramirez-Asis, E. H., Loli-Poma, T. P., Kaliyaperumal, K., Ventayen, R. J. M., & Naved, M. (2023). Applications of artificial intelligence in business management, e-commerce and finance. *Materials Today: Proceedings*, 80, 2610-2613.
- Puschmann, T., & Alt, R. (2016). Sharing economy. *Business & Information Systems Engineering*, 58, 93-99.
- Rohn, D., Bican, P. M., Brem, A., Kraus, S., & Clauss, T. (2021). Digital platform-based business models—An exploration of critical success factors. *Journal of Engineering and Technology Management*, 60, 101625.
- Schneider, R., & Imai, J. (2020). User-based valuation of digital subscription business models. *International journal of real options and strategy*, 8, 1-26.
- Sultan, N. (2010). Cloud computing for education: A new dawn? *International Journal of Information Management*, 30(2), 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.10.004>
- Wibisono, E. (2023). The digital entrepreneurial ecosystem in the European Union: evidence from the digital platform economy index. *European Planning Studies*, 31(6), 1270–1292. <https://doi.org/10.1080/09654313.2023.2202683>
- Zhao, Y., Von Delft, S., Morgan-Thomas, A., & Buck, T. (2020). The evolution of platform business models: Exploring competitive battles in the world of platforms. *Long Range Planning*, 53(4), 101892.

The Importance of Pesticide-Free Products From Agricultural Fields to Our Tables and Solution Partners in Pesticide-Free Production

Gokhan Onder Erguven¹

Alper Guven²

Abstract

This study highlights the importance of pesticide-free agricultural production for human health, environmental sustainability, and economic efficiency. Various alternative methods are explored for this purpose, including the use of organic or green manure, compost, crop rotation with controlled biological pests, and polyculture. These techniques aim to increase soil fertility, biodiversity, and water efficiency while simultaneously reducing the burden on chemical dependency. The study also examines integrated agricultural approaches that combine biological, mechanical, and cultural practices to ensure sustainable production. National and international organizations that support pesticide-free and organic agriculture through training, certification, and financial support are also cited. The study concludes that promoting pesticide-free agriculture is vital for creating a healthier agricultural ecosystem and recommends integrating such practices into national agricultural policies.

Introduction

Today, healthy and safe food production and consumption have become even more important with the rapidly increasing world population, changing lifestyles and environmental problems. People's quest to improve their quality of life has led to the need to learn more about the safety of

-
- 1 Prof. Dr., Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Political Science and Public Administration, Department of Urbanization and Environmental Issues, Tunceli, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1573-080X
 - 2 Prof. Dr., Munzur University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Tunceli, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6310-4240

the food they consume and the production processes. At this point, food products free of pesticide residues are of critical importance in terms of both individual health and environmental sustainability (Nugrahini, 2023).

While pesticides provide an effective solution to combat harmful organisms, their uncontrolled and excessive use has brought many problems. These chemicals can have long-term negative effects on human health, reduce soil fertility, pollute water resources and disrupt the balance of the ecosystem. Therefore, alternative production methods that minimize or completely eliminate the negative effects of pesticides are at the center of today's agricultural policies (Funsho et al., 2024).

Pesticide-free farming not only provides healthy products, but also contributes to the preservation of natural resources, the increase of biodiversity and the reduction of carbon footprint. This production approach is a guide for the development of sustainable agricultural practices (Graud et al., 2024).

In this study, the importance of pesticide-free products and their production processes will be discussed in detail. In addition, the environmental and economic advantages of these products, the critical role that consumers play in this process and the dissemination of conscious consumption habits will be emphasized. The study also mentions solution partners who offer national and international suggestions for pesticide-free production. The aim of the study is to provide a guide for the dissemination of pesticide-free products and to increase awareness throughout society.

How to Obtain Pesticide-Free Products?

The production of pesticide-free products involves a range of methods that minimize chemical use and prioritize natural processes. These methods produce positive results in many different areas, from preserving soil fertility to increasing biodiversity.

Use of Natural Fertilizers: Using organic fertilizers instead of synthetic fertilizers preserves the natural structure of the soil and prevents products from containing chemical residues. The most well-known types of organic fertilizers include compost, animal manure, green fertilizers and plant waste (Kumar, 2024).

Compost Usage: Compost, which is obtained by the controlled decay of household organic waste, garden residues and food waste, increases the humus ratio of the soil and provides a balance of plant nutrients. Compost increases the water retention capacity of the soil and helps prevent erosion (Arfa et al, 2024).

Animal Manure: Fertilizers obtained from the feces of animals such as cows, sheep and goats contribute to the growth of plants, especially thanks to their rich nitrogen and phosphorus content. However, it is important that animal manure undergoes a fermentation process before use to eliminate harmful pathogens (Kopiński and Watch, 2023).

Green Fertilizers: Green fertilizers obtained by mixing nitrogen-fixing plants such as legumes into the soil both increase the organic matter content of the soil and accelerate the nutrient cycle. This method ensures that the soil remains fertile in the long term (Suntoro et al., 2024).

Plant Wastes: Wastes such as stalks, straw, leaves, etc. generated during agricultural production can also be used as natural fertilizers. These wastes increase the organic content of the soil and provide an environmentally friendly solution (Anambattu et al., 2024).

Biological Control

Fighting pests with natural methods instead of chemicals is an important part of pesticide-free production. In this method, balance is achieved in agricultural areas by using natural enemies of pests. Biological control is very effective in terms of preserving the natural balance of the ecosystem and minimizing chemical intervention (Edgar et al., 2024).

Beneficial Insects: Beneficial insects, such as ladybugs, wasps, and spiders, naturally combat harmful organisms. For example, ladybugs protect plants by consuming aphids, and wasps help control harmful larvae (Mounika et al., 2024).

Natural Parasites and Predators: Natural parasites and predators play a critical role in the biological control of pests. For example, nematodes target soil-destroying insect larvae, while parasitic wasps such as *Trichogramma* attack the eggs of pests and prevent their reproduction (Alexander et al., 2023).

Microorganisms: Beneficial microorganisms are also used in biological control. Some fungi and bacteria provide a natural defense mechanism against pests.

Biological Traps and Pheromones: Biological traps and pheromones used to attract and control pests reduce the need for pesticides. Pheromones contribute to population control by disrupting the mating behavior of pests (Bhaskaralingam et al., 2025).

Herbal Extracts: Natural substances of plant origin, such as neem oil and garlic, provide an effective and environmentally friendly defense against pests. Such substances are preferred as an alternative to chemical intervention against pests (Yayla et al., 2025).

Rotation and Polyculture

Growing different plants in the same field (polyculture) and crop rotation instead of monoculture are among the most important elements of pesticide-free agriculture.

Crop rotation reduces soil fatigue by preventing the same type of crop from being grown continuously in the same area. This method prevents pests from constantly being present in a certain area and keeps the spread of diseases under control. For example, growing different crop groups, such as cereals and legumes, in sequence increases productivity by maintaining the nitrogen balance of the soil (Chanal et al., 2025).

The polyculture system involves growing more than one species together in a field. This method creates symbiotic relationships between plants, creating a natural defense mechanism against pests. For example, growing plants such as corn and beans together increases soil fertility and helps control pests. At the same time, the polyculture system increases biodiversity and maintains the balance of the ecosystem (Rpeder et al., 2022).

Rotation and polyculture practices increase the population of natural enemies and support biological control of pests. They also help improve soil structure, use water more efficiently and prevent erosion. These methods provide great advantages to farmers both economically and ecologically. They play a critical role in obtaining healthy and pesticide-free products that are resistant to pests and diseases (Chalal et al., 2025).

Mechanical and Physical Methods

Mechanical and physical methods aim to completely eliminate or minimize the use of pesticides in pest control. These methods have an important place in environmentally friendly and sustainable agricultural practices. Rakes, hoes and other mechanical tools used in agricultural areas provide physical removal of weeds. Thus, the use of chemical herbicides is prevented. Mechanical control is widely applied especially in organic farming areas (Singh et al., 2024).

Light Traps: Light traps are an effective method for pesticide-free control by attracting and neutralizing harmful insects. This method is especially useful for pests that are active at night (El Mamun et al., 2023).

Covering Materials: Covering materials placed around plants prevent pests from reaching the products. At the same time, they support plant growth by preserving soil moisture. These materials optimize the production process by adapting to environmental conditions (Liu et al., 2024).

Physical Barriers: Nets or physical barriers used in greenhouses keep pests away from plants. They also increase the effectiveness of biological control by allowing natural predators to enter the greenhouse (Noemie et al., 2023).

Heat Treatment and Steam Application: Heat treatment or steam applications used to destroy pests accumulated on the surface of the soil are an effective alternative for pesticide-free agriculture. This method prevents pests as well as some soil-borne diseases (Sujatha et al., 2024).

Certified Organic Seeds: The organic certification of seeds used in pesticide-free agriculture ensures that the products have not been chemically treated. These seeds are more resistant to natural conditions and do not need chemical support. Certified seeds also increase biodiversity and encourage the use of genetically diverse species. Certified organic products are products that are grown, processed or produced in accordance with certain organic farming and production standards. Chemical fertilizers, pesticides, genetically modified organisms (GMOs) and synthetic additives are not used in the production process of these products. Organic farming is known as an environmentally friendly, sustainable and healthy farming method (Chen-Fy et al., 2023).

The characteristics of certified organic products are:

- The soil and water resources used for growing organic products are free of chemical substances. Natural fertilizers and biological control methods are preferred to increase soil fertility in organic farming.

- Organic products must have certificates proving that they were produced in accordance with the requirements of a specific country or international standards. In Turkey, these certificates are shown with labels such as “Organic Agriculture” and “Organic Product”. The European Union and the USA also have their own organic certification systems.

- Synthetic chemical fertilizers, pesticides and other chemical additives are prohibited in the production of organic products. Instead, natural fertilizers, biological pest control and other organic methods are used.

- Organic products cannot be produced by genetic engineering applications. In other words, organic certified products must be GMO-free.

-Organic farming aims to protect the environment. It prevents soil erosion, supports biodiversity and prevents pollution of water resources (Juma et al., 2025).

Integrated Agriculture Approaches

Integrated Pest Management (IPM) is a system in which biological, mechanical and cultural methods are used together. IPM allows farmers to produce while maintaining the ecological balance. Determining threshold levels for pests allows intervention only when necessary. This significantly reduces pesticide use and preserves the natural balance. Integrated agriculture is an approach in which different agricultural methods are used together to provide environmentally sensitive, economically sustainable and efficient agricultural production. This approach combines traditional agriculture with organic and modern agricultural techniques, but the goal is always to protect the environment and use natural resources efficiently while increasing productivity (Perović et al., 2025).

Main components of integrated agriculture

Integrated Pest Management (IPM)

integrated agriculture, biological, mechanical and cultural methods are preferred over chemical pesticides for pest control. IPM minimizes pest damage by monitoring pests and using natural enemies (e.g. predatory insects and parasites) or making plants resistant to pests. However, when necessary, chemical interventions can also be done in a controlled manner (Shunbao et al., 2024).

Integrated Plant Nutrition

Plant nutrition is provided by the balanced use of organic fertilizers, natural fertilizers and chemical fertilizers. This approach aims to improve soil health and increase productivity. In addition, soil pH, microorganism activity and other environmental factors are taken into account during plant nutrition (Islam et al., 2023).

Soil Conservation and Management

Integration to keep the soil productive includes optimizing tillage techniques and implementing methods to prevent erosion. For example, minimum tillage, use of cover crops and mulch to prevent soil erosion are often preferred (Usman, 2025).

Biodiversity and Ecosystem Services

Integrated agriculture, it is important to maintain biodiversity in agricultural areas using ecosystem services. This includes ecosystem services provided by pollinators (e.g. bees) and natural enemies (e.g. insects that eat pests) (Cabot et al., 2025).

Sustainable Economic Practices

Integrated farming takes environmental impacts into consideration while trying to control costs to ensure the economic sustainability of farmers. This can be supported by methods such as benefiting from the marketing of organic products or creating alternative sources of income (Fatima et al., 2024).

Establishing Circular Systems on the Farm

Integrated farming, it is important to recycle waste materials within the farm, such as plant residues and animal manure. This circular system allows for more efficient use of resources and reduction of waste (Praveen et al., 2024).

Social Dimension and Agricultural Communities

Integrated agriculture also considers the rights of farm workers and local communities. This approach aims to improve the education, health and social well-being of farmers. It is also important to support smallholder farmers and provide access to local markets. Integrated agriculture aims to achieve productive and healthy products while ensuring environmental, economic and social sustainability. This approach combines the best features of organic farming and conventional farming methods and generally creates a more balanced production process (Medici et al., 2021).

Effective Use of Water

In a pesticide-free farming system, efficient use of water is of great importance because when pesticides are not used, the biodiversity and health of soil and water are more affected. In this type of farming, efficient and sustainable management of water ensures healthy plant growth while also helping to minimize environmental impacts. Efficient use of water in pesticide-free farming is one of the key elements of creating an environmentally friendly, sustainable production process. These methods not only save water, but also support biodiversity, soil health and ecosystems in agricultural areas. Here are a few important strategies for efficient use of water in pesticide-free farming (Ederer et al., 2024).

Drip Irrigation and Micro Irrigation Systems: Drip irrigation minimizes water loss by providing water directly to the root zone of the plant. This method can be very effective, especially in areas where water is limited. Micro irrigation systems direct water only to the areas where it is needed, which allows for more efficient use of water. It also minimizes the contact of the soil surface with water, preventing evaporation and surface runoff (Ma et al., 2025).

Soil Conservation and Erosion Control: In pesticide-free agriculture, soil tillage methods are very important for soil fertility and water retention. Techniques such as minimum tillage or no-till (farming without tilling the soil) prevent the degradation of soil structure and allow water to penetrate the soil better. At the same time, they prevent soil erosion, slow down water flow and help water to remain in the soil for longer periods (Edabu et al., 2022).

Use of Organic and Natural Mulch: Using organic mulch (dry leaves, straw, compost, etc.) to cover the soil surface allows water to be retained in the soil for a longer period of time. Mulch prevents evaporation from the soil, helps balance soil temperature, and allows water to be used more efficiently. In addition, organic mulches improve soil structure, increase microorganism activities, and support soil health (Yan et al., 2025).

Plant Selection and Sensitive Species: In pesticide-free agriculture, plant species selection is important for efficient use of water. Plants that are resistant to water, drought tolerant and adaptable to local climate conditions should be preferred. Such plants require less water and help use water efficiently. In addition, providing diversity among plants ensures that water is used more balancedly by different plants (Jia et al., 2024).

Improving Soil Health: Improving soil health is a critical element in pesticide-free agriculture to increase water efficiency. The use of organic fertilizers and compost improves soil structure and increases the soil's water-holding capacity. Additionally, as the amount of organic matter in the soil increases, the rate of water infiltration into the soil increases (Congreves and Wu, 2024).

Monitoring Temperature and Climate Conditions: Monitoring climate and weather conditions is important in pesticide-free agriculture to determine irrigation requirements. While more water may be needed in hot weather, irrigation requirements may decrease during rainy periods. Therefore, irrigation should be done considering local weather conditions and soil moisture.

Pesticide-free production methods not only increase environmental sustainability but also economic efficiency. These methods respect the natural cycles of the soil, resulting in a healthier and safer agricultural ecosystem for both producers and consumers.

Pesticide-free farming and organic farming practices are supported by many organizations interested in sustainable farming methods. These organizations offer training, consulting services, certification processes, financial support and technology solutions to reduce pesticide use in agriculture. Here are some important organizations that offer solution partners in this field (Yu et al., 2025).

National Level Organic Agriculture Development Organizations and Certification Organizations

There are many local and international certification organizations working on organic farming and pesticide-free farming. These organizations guide farmers to adopt organic production methods and ensure that products receive organic certification. Here are some examples of these organizations:

Istanbul Organic Agriculture Association (IOTAD): It is an association that provides support to organic agriculture producers in Turkey and provides training on organic agriculture.

Development Agencies and Agricultural Credit Cooperatives: Development agencies in Turkey provide financing to projects that support organic farming and sustainable agricultural practices.

Aegean Agricultural Research Institute: It is an institute that conducts research to develop organic farming practices in Turkey and provides training to farmers.

Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry – Organic Agriculture Monitoring and Certification: Manages organic agriculture certification processes in Turkey and offers certification programs that limit pesticide use in agriculture.

Agriculture and Rural Development Support Institution (TKDK): Provides support to rural development projects in Turkey. Provides programs that provide financial support to pesticide-free agriculture and organic agriculture projects.

Organic Farming Cooperatives: Organic farming cooperatives in Turkey provide their members with training in pesticide-free farming and support with product sales. For example, organizations such as Bursa Organic Farming Cooperative and Çiftçi-Sen can help local farmers.

Universities and Research Centers: Many universities and research centers conducting research on pesticide-free agriculture provide farmers with scientific and technical information, helping them reduce pesticide use in agriculture.

Ankara University Faculty of Agriculture: Conducts training and research to reduce pesticide use.

Ege University Faculty of Agriculture: Conducts various researches in the fields of organic agriculture and pesticide-free agriculture and provides technical consultancy to farmers.

Doğa College and Agricultural Platforms: Organizes training programs to inform farmers about organic and pesticide-free agricultural practices and to enable them to produce sustainably.

Organizations Conducting Sustainability Studies in the Agriculture and Food Sector at the International Level

Many international organizations work to promote pesticide-free farming and spread sustainable agricultural practices. These organizations can provide training, technical support, and financial resources to farmers.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): FAO provides alternatives and educational programs on pesticide use to promote sustainable agriculture worldwide.

IFOAM – World Association for Organic Agriculture: IFOAM is an international organization that promotes organic farming practices and pesticide-free agriculture. It creates a global network and provides educational programs to support the spread of organic agriculture.

The Rainforest Alliance: This organization supports sustainable farming practices and offers farmers solutions that preserve biodiversity instead of pesticides.

AgroSmart: This company offers digital solutions for sustainable and pesticide-free farming. It provides solutions for efficient use of water with smart irrigation systems and data analytics.

UNDP (United Nations Development Programme): Provides financial support to agricultural development projects and funds projects that promote pesticide-free agriculture.

Serving as solution partners in pesticide-free agriculture, these organizations provide both training and financial support to farmers who

want to achieve sustainability in agriculture, making significant contributions to reducing the use of pesticides in agriculture.

Conclusion and Recommendations

Pesticide-free production methods should be aimed at meeting the food needs of the increasing world population for environmental sustainability and eliminating the negativities that will affect the health of living beings. These methods will also reduce the cost of pesticide use and increase economic efficiency. These methods will also contribute positively to the natural structure and habitat of the soil and provide a healthier and more reliable agricultural ecosystem for both producers and consumers.

Organic farming practices, which are meant by pesticide-free farming, are supported by many national and international organizations interested in sustainable farming methods in various activities. The duties of these organizations are to provide training to minimize or, if possible, not use pesticides for sustainable farming and agricultural policies. Consulting firms that provide services on these issues, certification processes, financial support and technology solutions are offered. These solution suggestions should also be presented to farmers and agricultural policies should be made mandatory on a state basis.

References

- Aishwarya, G., Satyajeet, K., Pawar, M. S., Patil, S. R., & Kale, S. (2024). A scientific review of pesticides: Classification, toxicity, health effects, sustainability, and environmental impact. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.67945>
- Al Mamun, M. R., Keya, A. C., Alim, M. S., Hossen, M. A., Mondal, M. F., & Soeb, M. J. A. (2023). Potentiality assessment of solar-based LED light trap as pest management tool in tea (*Camellia sinensis* L.). *Smart Agricultural Technology*, 5, 100304. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100304>
- Alexander, Y., Karatayev, D., Molloy, L. E., & Burlakova, L. (2023). Natural enemies of zebra and quagga mussels: Predators, parasites, and ecological competitors. *Aquatic Invasions*, 32, 1–80. <https://doi.org/10.1080/23308249.2023.2235437>
- Anambattu, J., Kangujam, B., & Barkha. (2024). Green manure for sustainable crop production: A review. *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i54177>
- Arfa, A., Akhtar, K., Yousaf, R., Misbah, M., Shahzadi, N., Iqbal, H., & Shahid, M. U. (2024). Exploring diverse biological fertilizers (micronutrients) for sustainable soil fertility: A review. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202410.1140.v1>
- Bhaskaralingam, A., Sharma, G., Wang, T., Kumar, A., Dhiman, P., Kumar, D., & Shi, H. (2025). Bioremediation of pharmaceuticals waste and pesticides using various microorganisms: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 194, 1116–1132.
- Cabot, M. I., Lado, J., & Sanjuán, N. (2025). Peeling the orange: Delving into life cycle indicators for water footprint, ecosystem services, and biodiversity for orange cultivation in Uruguay. *Sustainable Production and Consumption*, 54, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.04.008>
- Chahal, I., Peng, Y., Hooker, D. C., & Van Eerd, L. L. (2025). Long-term tillage and crop rotation effects on soil carbon and nitrogen stocks in southwestern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*.
- Congreves, K. A., & Wu, Q. (2024). Using soil classification to improve interpretation of biological soil health indicators. *Geoderma*, 451, 117085.
- Cresto, N., Forner-Piquer, I., Baig, A., Chatterjee, M., Perroy, J., Goracci, J., & Marchi, N. (2023). Pesticides at brain borders: Impact on the blood-brain barrier, neuroinflammation, and neurological risk trajectories. *Chemosphere*, 324, 138251. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138251>
- Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Adgo, E., Fenta, A. A., Meshesha, D. T., Berihun, M. L., Sultan, D., Vanmaercke, M., Panagos,

- P., Borrelli, P., Langendoen, E. J., & Poesen, J. (2022). Global analysis of cover management and support practice factors that control soil erosion and conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(2), 161–176.
- Ederer, J., Ryšánek, P., Vrtoch, L., Neubertová, V., Henych, J., Životský, O., Janoš, P., Adamec, S., & Kolská, Z. (2024). Magnetite/ceria-based composites for effective adsorption of pharmaceuticals and pesticides in water. *Journal of Water Process Engineering*, 63, 105446.
- Fatima, S., Abbas, S., Rebi, A., & Ying, Z. (2024). Sustainable forestry and environmental impacts: Assessing the economic, environmental, and social benefits of adopting sustainable agricultural practices. *Ecological Frontiers*, 44(6), 1119–1127. <https://doi.org/10.1016/j.ecofront.2024.1119>
- Islam, S. M. M., Gaihre, Y. K., Islam, M. R., Islam, A., Singh, U., & Sander, B. O. (2023). Effects of integrated plant nutrition systems with fertilizer deep placement on rice yields and nitrogen use efficiency under different irrigation regimes. *Heliyon*, 9(12), e23110. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23110>
- Seyda Yayla, M., Mesud Hurlul, Ahmet Çetinkaya, L., Uzun, S., & Özkan, S. A. (2025). Selective apigenin assay in plant extracts and herbal supplement with molecularly imprinted polymer-based electrochemical sensor. *Talanta*, 281, 126895. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.126895>
- Jia, P., Qu, G., Jia, J., Li, D., & Huang, Y. (2024). Leaves of three aromatic damaged plant show more sensitive kin recognition than their roots through volatile organic compounds. *Ecological Frontiers*, 44(5), 923–932.
- Kolapo, F., Amankwah, C., Madukwe, O. J., Odemona, E. T., & Alaran, O. S. (2024). Review of the correlation between pesticide uses and human chronic diseases. *Journal of Bioscience and Biotechnology Discovery*, 9(3), 61–70. <https://doi.org/10.31248/jbbd2024.217>
- Kopiński, J., & Wach, D. (2023). Management of nutrients derived from natural fertilizers (manures) in the Polish agriculture – selected issues. *Polish Journal of Agronomy*, 52, 1–13. <https://doi.org/10.26114/pja.iung.506.2023.52.01>
- Kumar, A. (2024). Organic fertilizer: Need of India. *International Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.21474/ijar01/19487>
- Li, S., Yuan, Z., Peng, R., Leybourne, D., Xue, Q., Li, Y., & Yang, P. (2024). An effective farmer-centred mobile intelligence solution using lightweight deep learning for integrated wheat pest management. *Journal of Industrial Information Integration*, 42, 100705. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100705>
- Liu, H., Long, J., Zhang, K., Li, M., Zhao, D., Song, D., & Zhang, W. (2024). Agricultural biomass/waste-based materials could be a potential adsorption-type remediation contributor to environmental pollution induced

- by pesticides: A critical review. *Science of the Total Environment*, 946, 174180.
- Lu, C.-F., & Cheng, C.-Y. (2023). Exploring the distribution of organic farming: Findings from certified rice in Taiwan. *Ecological Economics*, 212, 107915.
- Ma, J., Chen, R., Wen, Y., Zhang, J., Yin, F., Javed, T., Zheng, J., & Wang, Z. (2025). Processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) yield and quality in arid regions through micro-nano aerated drip irrigation coupled with humic acid application. *Agricultural Water Management*, 308, 109317.
- Medici, M., Canavari, M., & Castellini, A. (2021). Exploring the economic, social, and environmental dimensions of community-supported agriculture in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128233>
- Mounika, J., Kumari, P., Pawar, N. A., Reddy, C., Bhargavi, S., Samreen, A., & Vasanthan, E. (2024). A review on role of beneficial insects in sustainable crop production systems. *Journal of Experimental Agriculture International*. <https://doi.org/10.9734/jcai/2024/v46i102992>
- Nugrahini, S., & Wisnujati. (2023). Unveiling the epoch: Exploring pesticide utilization and trade trends globally and regionally from 1990 to 2020. *Scientia*, 2(2), 108–121. <https://doi.org/10.62394/scientia.v2i2.16>
- Perović, V., Čakmak, D., Jakšić, D., Milanović, M., Matić, M., Pavlović, D., Mitrović, M., & Pavlović, P. (2025). Development and evaluation approach of soil quality in agricultural soils: Integrated system for a more reliable delineation of homogeneous management zones. *Applied Soil Ecology*, 206, 105860. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105860>
- Praveen, K., Abinandan, S., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2024). Synergy of eco-innovation with on-farm practices enhances circularity beyond conventional nutrient recovery framework. *Resources, Conservation and Recycling*, 208, 107735.
- Roeder, K. A., & Harmon-Threatt, A. N. (2022). Woody perennial polycultures increase ant diversity and ant-mediated ecosystem services compared to conventional corn-soybean rotations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 336, 108025.
- Singh, A., Shraogi, N., Verma, R., Saji, J., Kar, A. K., Tehlan, S., Ghosh, D., & Patnaik, S. (2024). Challenges in current pest management practices: Navigating problems and a way forward by integrating controlled release system approach. *Chemical Engineering Journal*, 498, 154989.
- Sosa-Rubio, E. E., Cortazar-Rios, M., Zavaleta-Cordova, M. del C., & Herrera-Cool, G. (2024). Agroecological control of weeds in coconut plantations (*Cocos nucifera* L.) through the use of green fertilizers. *Interna-*

- tional Journal of Advanced Research, 12(07), 1145–1149. <https://doi.org/10.21474/ijar01/19157>
- Sujatha, S., Rajamohan, N., Sanjay, S., Abhishek, R., & Rajasimman, M. (2024). Sustainable remediation of pesticide pollutants using covalent organic framework – A review on material properties, synthesis methods and application. *Environmental Research*, 246, 118018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118018>
- Suntoro, S., Herdiansyah, G., Widijanto, H., Tjahjanto, A. D., Puspitasari, C., Rafi, H., & Wardhana. (2024). Effect of green manure on the availability of phosphorus and potassium nutrients in Vertisols. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1362(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1362/1/012045>
- Usman, S. (2025). Advanced soil conservation for African drylands: From erosion models to management theories. *Pedosphere*. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2025.100016>
- Yabeja, J. W., Manoko, M. L. K., & Legg, J. P. (2025). Comparing fresh root yield and quality of certified and farmer-saved cassava seed. *Crop Protection*, 187, 106932.
- Yan, Q., Li, Y., Wang, T., Chen, Y., Zhao, J., Jiang, J., Lu, H., & Jia, H. (2025). Elucidating the impact of mulching film on organic carbon mineralization from the perspective of aggregate level. *Science of the Total Environment*, 959, 178198. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178198>
- Yu, L., Du, Z., Li, X., Zheng, J., Zhao, Q., Wu, H., Weise, D., Yang, Y., Zhang, Q., Li, X., Ma, X., & Huang, X. (2025). Enhancing global agricultural monitoring system for climate-smart agriculture. *Climate Smart Agriculture*, 2(1), 100037.

Research and Development Management in Healthcare Services

Furkan Karahüseyinoğlu¹

Abstract

This chapter thoroughly analyzes the framework, significance, and prospective evolution of research and development (R&D) management in healthcare services. The efficacy and sustainability of healthcare systems are intrinsically connected to the proficient administration of research and development activities. The study examines the influence of innovative thinking, design-centric methodologies, continuous improvement (Kaizen), and technological breakthroughs, including artificial intelligence, on the healthcare sector. Additionally, it assesses the historical evolution of R&D activities on a worldwide scale and inside Turkey, emphasizing inter-institutional cooperation and innovation management systems. The text examines the application of essential research methodologies in healthcare, including experimental, observational, qualitative, and systematic review approaches, highlighting their practical implementations. The chapter highlights how artificial intelligence, machine learning, and big data analytics improve the accessibility, efficiency, and personalization of healthcare services. Furthermore, it examines Turkey's research and development initiatives in relation to the Health Transformation Program, digitalization, and comprehensive quality management. The results indicate that healthcare research and development not only propels scientific advancement but also fosters economic growth, enhances social welfare, and improves patient quality of life. The chapter emphasizes that sustainable R&D initiatives, bolstered by robust leadership, effective change management, and interdisciplinary collaboration, will be pivotal in defining future healthcare systems.

1 Munzur Üniversitesi, furkankarahuseyinoglu@munzur.edu.tr -0000-0003-1641-2387

1. Introduction

Research and development (R&D) endeavors in healthcare are pivotal in augmenting the efficacy of healthcare systems and elevating patients' quality of life. These activities encompass a broad spectrum, from comprehending the molecular processes of diseases to innovating new treatment methodologies and technology. Research and development activities must be carefully orchestrated and implemented to guarantee that healthcare services are more accessible, efficient, and sustainable. At this juncture, research and development procedures in healthcare services have greater significance. This area offers reciprocal advantages to both society and the sector.

Innovative thinking, innovation, and problem-solving methodologies are essential instruments for enhancing the quality and efficiency of healthcare services. Approaches including design-oriented thinking, empathy and user experience, continuous enhancement, and the application of novel technologies facilitate the development of creative solutions in healthcare services. These approaches enhance the effectiveness, efficiency, and advantages of healthcare services for users.

Research and development initiatives and new solutions enhance the quality and accessibility of healthcare services, decrease expenses, and elevate patients' quality of life. These processes enhance the sustainability and efficacy of healthcare services, equipping them to address future difficulties. Leadership and change management in healthcare are essential for the development and execution of innovative solutions.

This study will examine R&D processes in healthcare, innovative thinking and problem-solving methodologies, artificial intelligence, machine learning, and the utilization of big data. Additionally, the evolution of research and development in healthcare, notable transformations, key figures in this domain, and their contributions will be analyzed. This framework will also assess future trends and prospective advances in healthcare.

2. Definition and Importance of Research and Development and Innovative Solutions in the Field of Healthcare Services

Research and development in healthcare services involves the creation of new knowledge and technology to enhance the effectiveness and efficiency of healthcare systems. This approach seeks to create novel solutions for disease detection and treatment, enhance healthcare service quality, and decrease costs. Research and development initiatives enhance the accessibility, efficacy, and sustainability of healthcare services. Innovations including telemedicine applications, artificial intelligence-enhanced diagnostic systems,

and personalized medicine are enhancing the quality and accessibility of healthcare services (Glover, Nissinboim, & Naveh, 2020).

Innovative ideas are essential for enhancing healthcare services. These solutions facilitate healthcare services that are expedited, more precise, and economically efficient. 3D printing technology facilitates the creation of bespoke prostheses and implants, enhancing patients' quality of life (Oliveira, Zancul, & Fleury, 2020). Moreover, artificial intelligence and machine learning algorithms, in conjunction with big data analysis, enable the early diagnosis of diseases and the optimization of treatment regimens (Deloitte, 2024). These improvements enhance the efficacy and efficiency of healthcare services. Moreover, remote monitoring systems and wearable devices facilitate the continuous observation of patients and prompt intervention in the management of chronic illnesses (Frost & Sullivan, 2024). This decreases hospital admissions, easing the strain on healthcare systems and reducing expenses.

Research and development, along with creative solutions in healthcare services, are essential for enhancing the efficacy, efficiency, and sustainability of healthcare systems. These solutions enhance patients' quality of life while rendering healthcare services more accessible and economical. The creation and execution of innovative solutions in healthcare services are essential for healthcare systems to address future issues (UnitedHealthcare, 2024).

3. History of Research and Development in Healthcare Services

Research and development endeavors in healthcare have a longstanding history, focused on enhancing healthcare systems and creating novel solutions. The history of these activities is characterized by the evolution of healthcare services and substantial transformations.

The inception of research and development in healthcare may be traced to the late 19th and early 20th centuries. During this period, advancements in contemporary chemistry and biology enabled the shift from conventional treatment practices to evidence-based medicine. Alexander Fleming's 1928 discovery of penicillin resulted in the advancement of antibiotics and transformed the treatment of infectious diseases (Science Times, 2021). These discoveries underscored the significance and potential of research and development in healthcare. Since the mid-20th century, research and development activities in healthcare have accelerated and become increasingly methodical. Specifically, investments in research and development by governmental and corporate entities escalated during the 1950s and 1960s. Research financed by the National Institutes of Health in the United States has

substantially advanced the creation of novel treatments and pharmaceuticals (Pharmaphorum, 2024). During this period, research emphasizing quality and effectiveness in healthcare also increased in significance. Moreover, an examination of our location and heritage reveals vaccination studies and pharmaceutical research aimed at combating epidemics during the latter years of the Ottoman Empire. This condition prevailed in previous eras. Innovative methodologies and research and development processes in healthcare services have inherently always existed.

In recent years, research and development, as well as new solutions in healthcare services, have experienced a significant transition concurrent with technology advancements. Technologies include artificial intelligence, big data analytics, telemedicine, and wearable devices are enhancing the accessibility, efficacy, and personalization of healthcare services (McKinsey, 2019). AI-driven diagnostic technologies facilitate early disease detection and the optimization of treatment strategies (Deloitte, 2024). These improvements improve the quality and efficiency of healthcare services. In the future, research and development, along with creative solutions in healthcare, will enhance the sustainability of healthcare systems and the quality of life for patients. Specifically, advancements in personalized medicine, genetic research, and biotechnology will result in transformative improvements in healthcare (Inpart, 2024). Academic and industrial cooperation will be pivotal in the creation and execution of novel solutions.

4. The Contribution of R&D Work in Healthcare Services to Society

Research and development endeavors in healthcare are essential for advancing public health and optimizing the efficacy of healthcare systems. These endeavors facilitate the advancement of novel therapeutic approaches, diagnostic instruments, and healthcare technologies. The advancement of immunotherapies in oncological treatment has markedly enhanced patients' life expectancy and quality of life (NIH, 2023).

Research and development initiatives enhance the accessibility and cost-efficiency of healthcare services. Telemedicine apps and remote monitoring systems enhance access to healthcare services, especially for patients residing in rural and inaccessible regions (WHO, 2015). Such advances facilitate the expansion of healthcare services to broader populations and mitigate health disparities. Moreover, research and development in healthcare services significantly contributes to economic expansion and job creation. Advancements in the healthcare sector generate new employment prospects

in the biotechnology and pharmaceutical industries and foster economic growth (NIH, 2023). The advancement of novel pharmaceuticals and medical apparatus generates employment across various sectors, both directly and indirectly.

Research and development in healthcare enhances public health while also yielding economic and social advantages. It facilitates enhanced illness control, superior healthcare quality, and the sustainability of healthcare systems. In the future, research and development, together with creative solutions in healthcare, will enhance public health and elevate the quality of healthcare services (WHO, 2015).

5. Innovation and Technological Development in Healthcare Services

Innovation and technical progress in healthcare are essential for augmenting the efficacy of healthcare systems and raising patients' quality of life. Advancements in this domain have resulted in substantial transformations across various sectors, encompassing diagnostic and therapeutic techniques as well as the provision of healthcare services.

Artificial Intelligence and Machine Learning: Artificial intelligence and machine learning provide transformative advancements in healthcare. AI-driven diagnostic tools facilitate early disease detection and the optimization of treatment strategies. AI algorithms facilitate the early detection of diseases, including cancer, by analyzing radiological pictures (Rock Health, 2024).

Telemedicine apps provide access to healthcare services, especially for patients residing in rural and inaccessible regions. Remote monitoring technologies and wearable gadgets facilitate ongoing patient surveillance and prompt intervention in chronic disease management (WHO, 2015). These technologies diminish hospital hospitalizations and expenses by facilitating healthcare delivery to patients in their residences.

3D Printing Technology: 3D printing technology enhances patients' quality of life by facilitating the creation of bespoke prostheses and implants. This technology is utilized in the fabrication of surgical equipment and anatomical representations of organs. For instance, cardiac models created through 3D printing aid surgeons in preoperative planning (Inpart, 2024). This can be highly advantageous in the treatment of specific limb deficits. It may be regarded as a customized healthcare procedure.

Genetic research facilitates the comprehension of the genetic etiology of diseases and the formulation of personalized therapeutic approaches.

Personalized medicine enhances treatment efficacy and minimizes adverse effects by providing treatment regimens customized to patients' genetic profiles (Deloitte, 2024). These innovations and technology advancements enhance the quality and accessibility of healthcare services, decrease expenses, and elevate patients' quality of life. In the future, advancements in innovation and technology within healthcare will enhance the sustainability and efficacy of healthcare systems.

6. Research Methodologies in Healthcare Services

Research approaches in healthcare employ several methods and tactics to optimize healthcare systems and enhance patients' quality of life. These approaches aim to analyze and enhance several facets of healthcare services.

Experimental research is employed to assess the impact of a particular intervention. This research is typically performed as randomized controlled trials. Randomized controlled trials are among the most dependable ways for assessing the efficacy of an intervention. To evaluate the efficacy of a novel pharmaceutical, patients are randomly assigned to two groups; one group is administered the treatment, while the other is given a placebo. The effects are evaluated, and decisions concerning the development and marketing of the pharmaceuticals are determined by the outcomes (WHO, 2001). These studies represent the most prevalent methodologies and research and development endeavors employed by corporations or governmental entities within the healthcare industry.

Observational studies are employed to investigate the inherent progression of a specific ailment or occurrence. These investigations are categorized into several subtypes, including cohort studies, case-control studies, and cross-sectional studies. Cohort studies analyze the health outcomes across time of groups that are exposed to and not exposed to a particular risk factor (AHRQ, 2024).

Case-control studies are a commonly employed observational research strategy in healthcare. These studies seek to identify the etiologies and risk factors of a disease or condition by contrasting the historical exposures or attributes of individuals afflicted with a certain disease (cases) against those without the disease (controls) (Weiss, 2009). Case-control studies possess numerous advantages. These investigations are efficient in examining rare disorders and can frequently be conducted at reduced costs and within a shorter duration. Nevertheless, these investigations possess certain drawbacks. Specifically, they are susceptible to recollection bias and selection bias owing to retroactive data collecting.

Cross-sectional studies offer a temporal snapshot of the conditions within a certain population at a designated moment. These studies entail the collection of data from diverse groups of individuals or subjects that represent various populations, age cohorts, or other pertinent categories. The objective of cross-sectional studies is to comprehend and delineate the prevalence of specific qualities, behaviors, or situations within the chosen population (Mind the Graph, 2023).

Qualitative research is employed to provide comprehensive insights into healthcare services. These studies employ methodologies such as interviews, focus groups, and observations to comprehend persons' experiences, perceptions, and motives. Qualitative research is essential for comprehending the human aspect of healthcare services. (HRA, 2024). Qualitative research is a crucial methodology employed to gain profound insights into individuals' experiences, attitudes, and emotions within healthcare services. This research investigates the relationships between healthcare professionals and patients, the provision of healthcare services, and healthcare policy to enhance the quality of healthcare services and patient care (Pope & Mays, 2006). The primary techniques employed in qualitative research encompass in-depth interviews, focus groups, observations, and document analysis. In-depth interviews are employed to comprehensively grasp persons' experiences and perspectives concerning healthcare services. Focus groups gather information via collective discussions on a certain subject. Observations pertain to those conducted in a natural environment during the provision of healthcare services. Document analysis is scrutinizing textual materials pertinent to healthcare services. It assists in identifying issues faced in the provision of healthcare services and areas for enhancement. Nonetheless, qualitative research possesses certain drawbacks. Such studies frequently necessitate additional time and resources, and the generalizability of the acquired data may be constrained (Pyo et al., 2023).

Systematic reviews and meta-analyses are robust methodologies employed to synthesize and assess current research outcomes. These methodologies methodically and fully examine, assess, and synthesize the current literature to address specific research inquiries (Morton, 2013). These methodologies facilitate the advancement of evidence-based procedures in healthcare (BMC Medical Research Methodology, 2020).

These methodologies facilitate a thorough assessment of the current literature and enhance the generalizability of study outcomes. They additionally endorse evidence-based practice in healthcare. Nonetheless, variables like as study heterogeneity and publication bias may affect the

outcomes of meta-analyses. They can assess the efficacy of a particular treatment modality, analyze the impact of health policy, or enhance the quality of healthcare services. These strategies substantially enhance evidence-based decision-making and the advancement of practices in healthcare services (Page et al., 2021).

These approaches are essential for enhancing the quality and dependability of research in healthcare services. Each approach is appropriate for addressing particular research inquiries and is employed to investigate various facets of healthcare services.

7. Creativity and Problem-Solving Approaches in Healthcare Services

Innovative and analytical methodologies in healthcare are essential for augmenting the efficacy of healthcare systems and raising patients' quality of life. These techniques employ diverse strategies and methodologies to analyze and enhance many facets of healthcare services.

Brainstorming is a method that fosters the generation of innovative ideas. This approach enables team members to openly exchange ideas and enhance one another's concepts. In healthcare, brainstorming sessions can facilitate the discovery of unique solutions for novel treatment methodologies or enhancements in services (Mediscript, 2019). A brainstorming session aimed at minimizing waiting times in a hospital's emergency department could generate inventive solutions that enhance patient flow and augment staff efficiency.

Design Thinking: Design thinking is a user-centric methodology for problem resolution. This approach is employed in healthcare to comprehend patients' requirements and experiences. Design thinking fosters the creation of new solutions to enhance the user-friendliness and efficacy of healthcare services (HR Fraternity, 2024). In the design phase of a healthcare application, user feedback can be used to enhance the application's accessibility and user-friendliness.

SWOT Analysis: SWOT analysis is a strategic planning instrument employed to discern an organization's strengths, weaknesses, opportunities, and threats. This analysis is employed in healthcare services to evaluate the present circumstances and formulate future strategies. SWOT analysis facilitates strategic decision-making to enhance healthcare services (Mediscript, 2019). By performing a SWOT analysis, a hospital can ascertain methods to optimize its current resources and identify possible hazards.

Empathy is a crucial element of innovative problem-solving in healthcare services. Utilizing empathy to comprehend patients' emotions and experiences enables healthcare practitioners to formulate more effective and personalized remedies. Patient input is integral to user experience-oriented strategies aimed at enhancing the quality of healthcare services (PMC, 2021). A hospital can consistently evaluate patient experiences and feedback to augment patient happiness and refine its services accordingly.

continual Improvement (Kaizen): Kaizen, a Japanese phrase signifying continual improvement, is a methodology employed to augment quality in healthcare services. This approach seeks to attain substantial transformations by incremental enhancements. In healthcare, Kaizen can enhance process efficiency and elevate the quality of patient care (IHI, 2024). A hospital can implement the Kaizen methodology to expedite patient registration processes, hence enhancing patient satisfaction.

Utilization of Cutting-Edge Technologies: The implementation of innovative technologies in healthcare is a crucial element that fosters problem-solving and creativity. Technologies such artificial intelligence, big data analytics, telemedicine, and wearable technologies enhance the accessibility, efficacy, and personalization of healthcare. AI-driven diagnostic technologies facilitate early disease detection and the optimization of treatment strategies (Deloitte, 2024). These advances enhance the quality and efficiency of healthcare services.

These innovative and analytical strategies enhance the quality and accessibility of healthcare services, decrease expenses, and elevate patients' quality of life. Future innovations and technical advancements in healthcare will enhance the sustainability and efficacy of healthcare systems.

8. Research and Development Processes and Stages in Healthcare Services

Research and development (R&D) procedures in healthcare are essential for the advancement of novel treatment methodologies and technology. These processes typically comprise multiple primary stages:

Discovery and Development: This phase commences with the identification of novel therapeutic approaches or pharmaceuticals. Researchers obtain novel insights into illness mechanisms and utilize this knowledge to develop interventions that will impede or reverse the disease's consequences. During this phase, several chemical compounds undergo testing, with only the most promising candidates advancing to subsequent studies (Pharmaoffer, 2024). The discovery processes in healthcare are essential for the advancement of

novel therapies and technology. These processes often comprise multiple primary stages:

Fundamental Research: This phase entails essential scientific inquiry to comprehend the basic systems behind disorders. Researchers investigate the genetic, molecular, and cellular mechanisms that induce the disease. This data assists in recognizing prospective therapeutic targets (Frontiers in Drug Discovery, 2023).1. **Target Identification and Validation:** This phase involves the identification and validation of biological targets that may be beneficial in disease treatment. Targets frequently consist of proteins, genes, or other macromolecules. These aims are corroborated through laboratory research and animal models (IBM Research, 2022).2. **Drug Discovery:** This phase entails the identification of compounds that may exhibit efficacy against the specified targets. Researchers evaluate prospective medication compounds from chemical repositories or natural origins. The candidates are assessed according to their capacity to engage with biological targets (Frontiers in Drug Discovery, 2023).1. **Preclinical Research:** Compounds found during the discovery phase undergo testing in laboratory environments and animal models. These studies are performed to assess the safety and efficacy of the substances. Preclinical research supplies the necessary knowledge prior to advancing to clinical trials (Within3, 2021). This signifies substantial advancement.

Clinical Trials: Clinical trials entail the evaluation of novel therapies on human subjects. This phase typically has three primary stages:

Phase I: Safety and dose are assessed in a limited cohort of participants.

Phase II: The efficacy and adverse effects are assessed in a more extensive cohort of individuals.

Phase III: The treatment's effectiveness and safety are validated in a significantly larger cohort of patients (Pharmaoffer, 2024)1. **Evaluation and Authorization of Research:** Upon the successful conclusion of clinical trials, regulatory authorities' permission is required for the drug or treatment technique. In the United States, this procedure is conducted by the Food and Drug Administration (FDA). The FDA rigorously evaluates all submitted data to determine the safety and efficacy of the treatment (Within3, 2021). An application must be submitted to the Turkish Medicines and Medical Devices Agency (TİTCK) in Turkey. Clinical trials are executed with the endorsement of Ethics Committees sanctioned by TİTCK and the authorization of the Ministry of Health.

Post-Marketing Surveillance: Following the market introduction of a treatment or drug, ongoing collection of long-term safety and efficacy data persists. This phase is essential for assessing the treatment's efficacy in real-world situations. Modifications to the usage instructions or the inclusion of supplementary warnings may be implemented if required (Pharmaoffer, 2024). A duration may be necessary for the product to get widespread adoption and for feedback to be collected; throughout this period, the side effects and potential adverse effects of the product are monitored and addressed.

These stages illustrate the intricacy and significance of research and development procedures within the healthcare sector. Every phase has been carefully orchestrated and implemented to guarantee the secure and efficient advancement of novel therapeutic approaches.

Innovation Management within the Research and Development Process in Healthcare

Management of development and innovation in healthcare is essential for enhancing the efficacy of healthcare systems and elevating patients' quality of life. These procedures employ many tactics and methodologies to assess and enhance various facets of healthcare services.

Agile innovation is a dynamic and client-centric methodology employed to create innovative solutions in healthcare services. This approach integrates principles from design thinking, Agile project management, and complexity science. The agile innovation process encompasses steps including demand validation, problem analysis, solution exploration, formulation of an evaluation and termination strategy, idea generation and selection, execution of innovation development sprints, solution validation, and preparation for launch (Holden, Boustani, & Azar, 2021).

Total Quality and Innovation Management: This methodology integrates quality management and innovation management within healthcare services, guaranteeing that innovations in hospitals are both effective and accepted.

Total Quality and Innovation Management: This methodology integrates quality management and innovation management within healthcare services, guaranteeing that hospital innovations are both effective and acceptable. Quality management seeks to perpetually enhance business processes in healthcare services, whereas innovation management focuses on creating novel and inventive solutions. The amalgamation of these two methodologies enhances the quality and efficiency of healthcare services (MDPI, 2024).

Comprehensive Literature Evaluations: Successful innovation in healthcare necessitates a rigorous examination and analysis of the available literature. These evaluations assist in recognizing obstacles to innovation in healthcare services and determinants of success. Elements include communication and collaboration, governance aims, environmental engagement, and the sustainability of innovation are pivotal factors influencing the success of innovation (Kosiol et al., 2024).

Leadership and Change Administration: Robust leadership and efficient change management are crucial for the successful administration of innovation in healthcare services. Leaders are essential in formulating and executing creative solutions. Moreover, change management strategies facilitate the uptake and sustainability of innovations in healthcare services (Wharton Executive Education, 2024).

These methodologies constitute the essential components of development and innovation management within the healthcare sector. Innovation and technology progress in healthcare will persist in augmenting patient quality of life by improving the sustainability and efficacy of healthcare systems.

10. The Use of Artificial Intelligence, Machine Learning and Big Data in Healthcare Services

The application of artificial intelligence, machine learning, and big data in healthcare possesses significant potential to enhance the efficiency of healthcare systems and elevate patients' quality of life. These technologies provide novel solutions across various domains, encompassing diagnostic, treatment processes, and healthcare service management.

Artificial Intelligence: Artificial intelligence possesses numerous uses within the healthcare sector. AI-assisted diagnostic tools facilitate early disease detection and the optimization of treatment strategies. AI algorithms facilitate the early detection of diseases, including cancer, by analyzing radiological pictures (Topol, 2019). Moreover, AI can analyze patient data to deliver personalized therapy suggestions and aid physicians via clinical decision support systems.

Machine learning significantly contributes to healthcare by extracting valuable insights from extensive data sets. Machine learning algorithms can forecast disease prognosis, enhance treatment outcomes, and optimize healthcare service efficiency. Machine learning models can analyze patients' electronic health data to identify early indicators of severe illnesses like sepsis and facilitate prompt care (Rajkomar, Dean, & Kohane, 2019).

Big Data: Big data serves as an essential resource for data analytics and decision support systems within the healthcare sector. In healthcare, big data encompasses several data sources, including electronic health records, genetic information, medical imaging, and patient feedback. The analysis of this data can elucidate disease etiology, facilitate the development of treatment modalities, and enhance the overall quality of healthcare services (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

Personalized Medicine: Artificial Intelligence and Machine Learning significantly contribute to the advancement of personalized medicine. Developing personalized treatment protocols informed by patients' genetic profiles and medical histories enhances therapeutic efficacy and minimizes adverse effects. In cancer treatment, targeted treatments are being formulated based on patients' genetic alterations, thereby enhancing treatment success rates (Deloitte, 2024).

Healthcare Administration and Extensive Data Analysis: It is additionally utilized in healthcare administration. Healthcare administration can leverage these technologies to enhance patient flow, optimize resource utilization, and improve operational efficiency. AI-driven prediction models enhance patient admission and discharge procedures, facilitating more effective utilization of hospital beds (McKinsey, 2019). These technologies enhance the quality and accessibility of healthcare services, decrease expenses, and elevate patients' quality of life. In the future, the utilization of artificial intelligence, machine learning, and big data will become increasingly prevalent in healthcare services, enhancing the sustainability and efficacy of healthcare systems.

11. Research and Development Activities in the Field of Healthcare Services in Turkey

Research and development (R&D) initiatives in Turkey's healthcare sector are crucial in enhancing healthcare systems and fostering creative solutions. These initiatives are implemented throughout many domains to elevate healthcare service quality, minimize expenses, and increase patients' quality of life.

Health Transformation Programme: In the past two decades, marked by substantial alterations in healthcare services in Turkey, several research and development studies have been undertaken under the scope of the Health Transformation Programme. This program sought to implement significant alterations in the provision, funding, and organization of healthcare services. The initiative has produced diverse innovative solutions to enhance the accessibility and quality of healthcare services (Kahveci et al. 2023).

Considerable efforts are being made in total quality management within healthcare services in Turkey. This endeavor aims to enhance the quality of healthcare services and ensure patient happiness. Total quality management seeks to perpetually refine processes and elevate service quality within healthcare services (İnan and Tütüncü, 2017).

Digital Transformation and Innovation: The examination of digital transformation and innovation within healthcare services in Turkey is advancing swiftly. Innovative solutions, including digital health technologies, telemedicine software, and remote monitoring systems, enhance the accessibility and efficacy of healthcare services. These initiatives provide substantial prospects for enhancing healthcare service quality and minimizing expenses (Ayça and Zehra, 2023).

Health R&D Capacity: Despite Turkey's considerable advancements in health R&D initiatives, its capacity remains limited on a worldwide scale. Although health R&D indicators have improved over the years, additional investment and assistance are required in this domain. Enhancing health R&D capabilities will empower Turkey to create more innovative and effective healthcare solutions (Yılmaztürk, 2013).

In conclusion, research and development studies in Turkey's healthcare services are crucial for enhancing healthcare systems and fostering creative solutions. The Health Transformation Programme, in conjunction with initiatives in total quality management, digital transformation, and innovation, is strengthening the quality and accessibility of healthcare services, decreasing costs, and improving patients' quality of life. Enhancing healthcare R&D capabilities and facilitating investments in this sector will allow Turkey to progress in healthcare services.

12. Research and Development Activities in the Field of Healthcare Worldwide

Global research and development (R&D) endeavors in healthcare are crucial for enhancing healthcare systems and creating innovative solutions. These activities are conducted in diverse domains including illness treatment, diagnostic techniques, and the delivery of healthcare services.

Global Health Research and Development Observatory: The Global Health R&D Observatory, established by the World Health Organization (WHO), serves as a comprehensive repository for monitoring and analyzing global health research and development activities. This observatory aims to pinpoint deficiencies in health research and development, establish priorities

for future investments, and identify sectors requiring enhancement in health R&D capabilities.

New Drug Development and Clinical Trials: A 2024 report by the IQVIA Institute indicates that biological advancements are revolutionizing world healthcare. The quantity of novel drug innovations and clinical trials is on the rise. In 2023, 69 novel active substances (NAS) were introduced globally, with clinical trial programs emerging as a primary emphasis for leading biopharmaceutical firms (IQVIA, 2024). These studies provide novel and efficacious treatments for ailments.

The use of digital and decentralized clinical trials is enhancing the efficacy of clinical research through the adoption of innovative, technology-driven methodologies. Digital and decentralized clinical trials enhance patient engagement and reduce trial durations. These strategies acquired substantial traction, especially during the COVID-19 epidemic, and will persist in being pivotal in the future.

Biotechnology and genetic research provide transformative advancements in healthcare. Genetic research facilitates the comprehension of the genetic etiology of diseases and the formulation of personalized therapeutic approaches. Progress in this domain provides significant therapeutic alternatives for conditions such as cancer, genetic disorders, and rare diseases.

Funding and cooperation in health research and development are essential for the success of these initiatives. Worldwide, investments and collaborations in health research and development are on the rise. These investments facilitate the advancement of novel treatment methodologies and technology, enhancing the quality of healthcare services.

In summary, global healthcare R&D initiatives are essential for enhancing healthcare systems and fostering creative solutions. These initiatives are resulting in substantial progress across multiple domains, including illness management, diagnostic techniques, and healthcare provision. In the future, healthcare research and development activities are projected to expand, and collaborations in this domain are predicted to intensify.

13. The Future of Research and Development Activities in the Field of Healthcare Services

The trajectory of research and development in the healthcare sector will persistently be influenced by technological advancements and inventive solutions. Artificial intelligence, machine learning, big data, and other advanced technologies will significantly influence the evolution of healthcare

services. Future research and development endeavors will yield technologies that enhance the accessibility, efficacy, and personalization of healthcare services.

Artificial intelligence and machine learning will persist in providing transformative advancements in healthcare. AI-driven diagnostic technologies will enhance healthcare quality by facilitating early disease detection and optimizing treatment strategies. AI-driven cancer detection systems markedly decrease diagnostic durations while enhancing precision, facilitating earlier therapies (Connexio Health, 2025). Machine learning algorithms can derive significant insights from extensive data sets to forecast disease prognosis and enhance treatment outcomes (McKinsey & Company, 2024).

In the future, personalized medicine and genetic research will enhance treatment efficacy by providing tailored treatment strategies based on patients' genetic profiles. This will assume a notably significant role in cancer treatment and enhance patients' quality of life (Deloitte, 2024). Genetic research will facilitate the comprehension of the genetic etiology of diseases and the formulation of more precise therapies. Remote monitoring technologies and telemedicine applications will enhance the accessibility of healthcare services. These technologies will facilitate ongoing patient monitoring and prompt action, especially in the management of chronic illnesses (Grand View Research, 2022). Remote monitoring will decrease hospital admissions and minimize expenses by allowing people to access healthcare services from their residences.

The MedTech sector will persist in expanding due to significant investments in research and development. Advanced gadgets and technology will be created in fields such as cardiology and neurology, enhancing the quality and efficacy of healthcare services (Frost & Sullivan, 2024). Wearable gadgets and continuous glucose monitoring systems will allow patients to monitor their health with greater precision.

The future of R&D in healthcare will ultimately be influenced by technological advancements and individualized solutions. Artificial intelligence, machine learning, big data, and other modern technologies will enhance the quality and accessibility of healthcare services, thereby improving patients' quality of life. Formulating and executing innovative ideas in healthcare is essential for enhancing the sustainability and efficacy of healthcare systems.

14. Conclusions and Recommendations

Research and development (R&D) endeavors in healthcare are pivotal in augmenting the efficacy of healthcare systems and elevating patients' quality of life. These activities encompass a broad spectrum, from elucidating the molecular processes of diseases to innovating new treatment methodologies and technology. Research and development processes are systematically organized and implemented to guarantee that healthcare services are more accessible, efficient, and sustainable. Innovative thinking and problem-solving methodologies are essential instruments for enhancing the quality and efficiency of healthcare services.

The application of artificial intelligence, machine learning, and big data presents transformative advancements in healthcare. AI-assisted diagnostic tools facilitate early disease detection and the optimization of treatment strategies, while machine learning algorithms derive significant insights from extensive data sets, enhancing the efficacy of healthcare services. Big data analytics is an essential tool for elucidating disease etiology and formulating therapeutic strategies. These technologies enhance the quality and accessibility of healthcare services, diminish costs, and elevate patients' quality of life.

Leadership and change management in healthcare are essential for the development and implementation of innovative solutions. Robust leadership and efficient change management methods facilitate the acceptance and sustainability of innovations in healthcare. The evolution of research and development in healthcare and its notable transformations have been influenced by the efforts of prominent figures in this domain. These leaders are influencing the future of healthcare and enhancing patients' quality of life via the development of innovative solutions.

It is imperative to support and promote research and development initiatives in healthcare. Governments, academic institutions, and the corporate sector must work to devise novel healthcare solutions. Moreover, the ongoing education and advancement of healthcare personnel must be guaranteed to promote the integration of modern technology and methodologies. Ultimately, prioritizing patient-centered methodologies and user experience is essential for enhancing the quality of healthcare services. Thus, lasting and efficacious solutions can be formulated in healthcare, yielding substantial contributions to public health.

15. References

- Ayça, Ö., & Zehra, A. B. (2023). Geleceğin Sağlık Hizmetleri için Sağlıkta Dıtal Dönüşüm ve Inovasyon: 2018-2022 Yılları Arası Türkiye Inovasyon İndeksi Zaman Serileri Analizi. *Acta Infologica*, 7(2), 317-332.
- Glover, W. J., Nissinboim, N., & Naveh, E. (2020). Examining innovation in hospital units: a complex adaptive systems approach. *BMC Health Services Research*, 20, 554.
- Deloitte. (2024). The convergence of AI technologies and human expertise in pharma R&D. Retrieved from Deloitte.
- Frost & Sullivan. (2024). Top MedTech R&D Trends: Driving Healthcare Market. Retrieved from Frost & Sullivan.
- UnitedHealthcare. (2024). Accelerating the pace of innovation in health care. Retrieved from UnitedHealthcare.
- Science Times. (2021). 10 biggest healthcare milestones in the last 20 years. Retrieved from Science Times.
- Pharmaphorum. (2024). A history of the pharmaceutical industry. Retrieved from Pharmaphorum.
- McKinsey. (2019). The era of exponential improvement in healthcare. Retrieved from McKinsey.
- NIH. (2023). Serving Society. Retrieved from NIH.
- WHO. (2015). Health research improves healthcare: now we have the evidence and the impact. Retrieved from WHO.
- Frontiers in Drug Discovery. (2023). Drug discovery and development: introduction to the general public and ... Retrieved from Frontiers in Drug Discovery.
- IBM Research. (2022). Why now is the time to accelerate discoveries in health care. Retrieved from IBM Research.
- Within3. (2021). Pharma R&D Process: A Complete Breakdown. Retrieved from Within3.
- Oliveira, M., Zancul, E., & Fleury, A. L. (2020). Design thinking as an approach for innovation in healthcare: systematic review and research avenues. *BMJ Innovations*, 7(2), 491.
- Pharmaoffer. (2024). R&D: What is 'Research and Development' in Pharmaceuticals? Retrieved from Pharmaoffer.
- The Healthcare Technology Report. (2024). The Top 25 Biotech Executives of 2024. Retrieved from The Healthcare Technology Report.
- Rock Health. (2024). Healthcare innovation at the turn of 2025: Plotting hot topics along our innovation maturity curve. Retrieved from Rock Health.

- Altman, M., Huang, T. T., & Breland, J. Y. (2018). Design Thinking in Health Care. *Preventing Chronic Disease*, 15. Retrieved from CDC.
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44-56.
- IHI. (2024). Kaizen in Healthcare: Continuous Improvement for Quality Care. Retrieved from IHI.
- Kosiol, J., Silvester, T., Cooper, H., Alford, S., & Fraser, L. (2024). Revolutionising health and social care: innovative solutions for a brighter tomorrow – a systematic review of the literature. *BMC Health Services Research*. Retrieved from BMC Health Services Research.
- HR Fraternity. (2024). Boosting Creativity in Healthcare Management: Effective Strategies for Success. Retrieved from HR Fraternity.
- Mediscript. (2019). Creative Problem Solving in Healthcare. Retrieved from Mediscript.
- Kahveci Ceylan, B., Azizoğlu, E., & Mete, M. (2023). Sağlık Politikaları ve Türkiye’de Sağlık Politikalarının Dönüşümü.
- İnam, Ö., & Koç Tütüncü, S. (2017). Türkiye’de sağlık alanında toplam kalite yönetimi konusunda yapılmış tez profillerinin incelenmesi (2012-2016).
- Yılmaztürk, A. (2013). Türkiye’de sağlık reformlarının tarihsel gelişimi ve sağlıkta dönüşüm programı’nın küresel niteliğinin değerlendirilmesi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 176-188.

Disiplinlerarası Yaklaşımla Ar-Ge, İnovasyon ve Sürdürülebilir Kalkınma

Editör:

Dr. Öğr. Üyesi Furkan Karahüseyinoğlu