



**MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ ÇERÇEVESİNDE BİLİM
MERKEZLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ**

Yusuf POLAT

İşletme Anabilim Dalı

Doç. Dr. Ahmet İlker AKBABA

Erzurum – 2025

Her hakkı saklıdır.



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ ÇERÇEVESİNDE BİLİM MERKEZLERİNİN
VERİMLİLİK ANALİZİ

Yusuf POLAT

Danışman: Doç. Dr. Ahmet İlker AKBABA

Ana Bilim Dalı: İşletme Anabilim Dalı

Erzurum – 2025

Her hakkı saklıdır.

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY SAYFASI

Yusuf POLAT tarafından hazırlanan Bilim... adlı bu çalışma 14.02.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda ☐ oy birliği / ☐ oy çokluğu ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından **İşletme Ana Bilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalında yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı	Prof. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK Atatürk Üniversitesi	İmza
Danışman	Doç. Dr. Ahmet İlker AKBABA Erzurum Teknik Üniversitesi	İmza
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ahmet Kamil KABAKUŞ Atatürk Üniversitesi	İmza

Yusuf POLAT tarafından hazırlan Milli Teknoloji Hamlesi Çerçevesinde Bilim Merkezlerinin Verimlilik Analizi başlıklı yüksek lisans tezi kabul edilmiştir. 14.02.2025

Prof. Dr. Serap BEDİR KARA

Enstitü Müdürü

* Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullandığım her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sorumluluğu ve tezin erişim sürecine ilişkin aşağıdaki beyanımı kabul ediyorum.

14.02.2025

Yusuf POLAT

Öğrenci

- ☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun Tarih girmek için tıklayınız tarih ve Karar No sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.
- ☐ Enstitü Yönetim Kurulunun Tarih girmek için tıklayınız tarih ve Karar No sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.
- ☐ Enstitü Yönetim Kurulunun Tarih girmek için tıklayınız tarih ve Karar No sayılı kararı ile teze erişim süresi ile ilgili bir kısıtlama bulunmamaktadır.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
TABLO LİSTE	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ	VII
ÖN SÖZ.....	VIII
BİRİNCİ BÖLÜM.....	3
MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ.....	3
1.1. YERLİ VE MİLLİ ÜRETİM STRATEJİSİ KAVRAMI.....	3
1.2. YERLİ VE MİLLİ ÜRETİM STRATEJİSİNİN ÖNEMİ	5
1.3. MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ KAVRAMI	7
1.3.1. Milli Teknoloji Hamlesi Kapsamında Yapılan Çalışmalar	14
1.3.1.1 BİLİM MERKEZLERİ	15
1.3.1.1.1 Bilim Merkezlerinin Yapısı ve Fonksiyonu	16
1.3.1.1.2 Bilim Merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesi'ndeki Önemi ve Rolü	19
1.3.1.1.3. Türkiye'de Bilim Merkezinin Ortaya Çıkışı ve Gelişim Süreci	20
1.3.1.1.4. Dünyada Bilim Merkezlerinin Ortaya Çıkışı ve Gelişim Süreci	23
1.3.1.2 DENEYAP ATÖLYELERİ.....	27
1.3.1.2.1. Deneyap Atölyelerinin Yapısı ve Fonksiyonu.....	28
1.3.1.2.2 Deneyap Atölyelerinin Milli Teknoloji Hamlesindeki Önemi ve Rolü.....	29
1.3.1.2.3 Türkiye'de ki Deneyap Atölyeleri Ortaya Çıkışı ve Gelişim Süreci.....	30
1.3.1.3 KEŞİF KAMPÜSÜ.....	31
1.3.1.4 TEKNOFEST	32
1.3.1.5 MİLLİ TEKNOLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ	33
1.3.1.6 MİLLİ TEKNOLOJİ ATÖLYELERİ	34
1.3.1.7 MİLLİ TEKNOLOJİ AKADEMİSİ	36
İKİNCİ BÖLÜM	38
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	38

2.1	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	39
2.2	VZA MODELLERİ.....	40
2.2.1	CCR Modeli	41
2.2.2	BCC Modeli	42
2.2.3	VZA Uygulama Alanları.....	43
2.2.4	VZA Uygulama Aşamaları	45
2.2.5	VZA Güçlü ve Zayıf Yönleri	46
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		50
MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ ÇERÇEVESİNDE BİLİM MERKEZLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ		50
3.1.	ARAŞTIRMANIN AMACI.....	50
3.2.	ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ.....	50
3.3.	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ÖNCESİ TESTLER.....	51
3.1.1	Karar Verme Birimi sayısı	53
3.1.2	Monotonluk.....	54
3.1.3	Dış Bükeylik	55
3.1.4	Matematiksel Model.....	56
3.4.	VERİ ANALİZİ VE TEMEL İSTATİSTİKLER	59
3.5.	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ.....	60
3.3.1	CCR-BCC Model Karşılaştırması	61
3.3.2	Ölçeğe Göre Getiri Analizi	66
3.3.3	Bootstrap VZA Analizi	69
3.3.4	Etkinlik Analizi.....	71
3.3.4.1	Yıllık Performans Değerlendirmesi.....	71
3.3.4.2	Malmquist Verimlilik Analizi	72
3.6.	MERKEZLERİN SIRALANMASI	77
SONUÇ		82
KAYNAKLAR.....		84

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ ÇERÇEVESİNDE BİLİM MERKEZLERİNİN
ATÖLYELERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

Yusuf POLAT

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet İlker AKBABA

2025, 107 sayfa

Jüri: Doç. Dr. Ahmet İlker AKBABA (Danışman)
Prof. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK (Üye)
Doç. Dr. Ahmet Kamil KABAKUŞ (Üye)

Bu tez çalışması, Türkiye'nin teknoloji ve inovasyon alanında oluşturma hedeflerinden biri olan Milli Teknoloji Hamlesi çerçevesinde, 11 bilim merkezinin 2021, 2022 ve 2023 verimlilik performanslarını analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bilim merkezleri, toplumun sürdürülebilirliğini artırmak, analitik düşünme ve problem çözümlemelerini geliştirme ve genç nesilleri teknolojik üretime entegre olarak kritik roller üstlenmektedir. Bu bağlamda, Türkiye genelindeki bilim merkezlerinin etkinlikleri, teknik verimlilikleri ve gelişim potansiyelleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Araştırmada, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemiyle bilim merkezlerinin performansları değerlendirilmiş, güçlü ve zayıf dinamikler tespit edilmiştir. Çalışma, bilim merkezlerinin dijital dönüşümü, optimum kaynak kullanımı, uluslararası iş birlikleri ve eğitimin genişletilmesi gibi bölümlerden oluşan öneriler sunmaktadır. Araştırma sonuçları, yalnızca mevcut performans seviyelerinin değerleri ile kalmamış, aynı zamanda bilim merkezlerinin sürdürülebilir ve gelişmiş bir yapıya kavuşması için somut adımlara atılmasına rehberlik etmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, bilim merkezlerinin Türkiye'nin teknoloji ve inovasyona katkı sağlama olanağını ortaya koyması ve bu merkezlerin Milli Teknoloji Hamlesi çerçevesinde daha etkin bir şekilde konumlandırılmasına yönelik oluşturulması bir yol haritası sunmuştur.

Anahtar Kelimler: Milli Teknoloji Hamlesi, Bilim Merkezleri, Verimlilik Analizi, Eğitim

ABSTRACT

Ph.D

EFFICIENCY ANALYSIS OF SCIENCE CENTER WORKSHOPS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE NATIONAL TECHNOLOGY INITIATIVE

Yusuf POLAT

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Ilker AKBABA

2025, 107 pages

Jury: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Ilker AKBABA (Consultant)

Prof. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK (Member)

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Kamil KABAKUŞ (Member)

This thesis study aims to analyze the 2021, 2022 and 2023 productivity performances of 11 science centers within the framework of the National Technology Initiative, which is one of Turkey's goals in the field of technology and innovation. Science centers play critical roles in increasing the sustainability of society, developing analytical thinking and problem solving, and integrating young generations into technological production. In this context, the activities, technical efficiency and development potential of science centers across Türkiye are discussed in detail.

In the study, the performances of science centers were evaluated with the Data Envelopment Analysis (DEA) method, and strong and weak dynamics were determined. The study offers suggestions consisting of sections such as digital transformation of science centers, optimum resource use, international collaborations, and expansion of education. The results of the study did not only remain with the values of current performance levels, but also guided the concrete steps taken for science centers to achieve a sustainable and developed structure.

As a result, this study presented a roadmap for science centers to reveal the opportunity of Turkey to contribute to technology and innovation and for these centers to be positioned more effectively within the framework of the National Technology Initiative.

Keywords: National Technology Initiative, Science Centers, Deneyap Workshops, Efficiency Analysis, Education

TABLO LİSTE

1.1 Dünyanın Büyük Ölçekli Bilim Merkezleri	26
2.2 Girdi ve Çıktı Odaklı BCC Matematiksel Modelleri.....	43
3.1 Monotonluk ilişkileri.....	54
3.2 Etkinlik Skorları.....	55
3.3 Normallik Testi Sonuçları	59
3.4 Girdi-Çıktı Korelasyon Analizi.....	59
3.5 Çıktı Ağırlıkları.....	60
3.6 CCR-BCC Model Karşılaştırması	61
3.7 Tam Etkin Merkezlerin Süper Etkinlik Sıralaması.....	63
3.8 Ölçeğe Göre Getiri Analizi	66
3.9 Bootstrap Analizi Güvenilirlik Göstergeleri.....	69
3.10 Yıllık Özet İstatistikler.....	71
3.11 Malmquist Verimlilik Endeksi Analizi.....	75
3.12 SBM Etkinlik Sıralaması.....	79

ŞEKİL LİSTESİ

1.1 TEKNOFEST Proje Başvuru İstatistikleri.....	34
2.1 Veri Zarflama Analizi Modelleri	39
3.1 Metodolojik Süreç Şeması	58
3.2 Merkez Bazlı Etkinlik Karşılaştırması.....	65
3.3 Yıllara Göre RTS Dağılımı.....	69
3.4 CRS ve VRS Etkinlik Skorları Yıllık Dağılımı.....	72
3.5 Toplam Faktör Verimliliği Değişimi	77

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge

Açıklama

n

: Örneklem büyüklüğü

p

: Anlamlılık düzeyi

θ

: Etkinlik Skoru

ρ

: Gevşek değişken bazlı ölçüm etkinlik skoru

Kısaltma

Açıklama

Ar-Ge

: Araştırma Geliştirme

T3 Vakfı

: Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı

STEM

: Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik

MTA

: Milli Teknoloji Akademisi

VZA

: Veri Zarflama Analizi

KVB

: Karar verme birimi

CCR

: Charnes-Cooper-Rhodes

BCC

: Banker-Charnes-Cooper

VRS

: Ölçeğe göre değişken getiri

CRS

: Ölçeğe göre sabit getiri

GA

: Güven Aralığı

SD

: Standart sapma

TFV

: Toplam Faktör Verimliliği

PECH

: Saf Teknik Etkinlik Değişimi

SECH

: Ölçek Etkinliği Değişimi

TECH

: Teknolojik Değişim

EC

: Etkinlik değişimi

SBM

: Gevşek değişken bazlı ölçüm

ÖN SÖZ

Bu çalışma, Türkiye'deki bilim merkezlerinin verimliliğini ve Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında üstlendikleri rolü detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Günümüzde hızla gelişen teknoloji ve küresel rekabet ortamı, bilim ve eğitim kurumlarının daha etkin ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, bilim merkezleri yalnızca bilgi ve bilim okuryazarlığını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda yerli ve milli üretim, inovasyon ve araştırma süreçlerine doğrudan katkı sunan önemli yapılar haline gelmiştir.

Tez sürecinde, bilim merkezlerinin mevcut durumlarını ve verimliliklerini değerlendirmek için kapsamlı analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veri zarflama analizi (VZA) yöntemi ve diğer performans ölçüm araçları, bilim merkezlerinin güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerini daha açık bir şekilde ortaya koymuştur.

Tezin hazırlanma sürecinde desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Ahmet İlker AKBABA'ya, tezime çok kıymetli geri bildirimleriyle katkıda bulunan Prof. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK'a ve Doç. Dr. Ahmet Kamil KABAKUŞ'a, teşekkür ederim.

Ayrıca, T3 Vakfı Mütevelli Heyet Üyesi ve TÜBİTAK BİTO Başkanı Sayın Ömer KÖKÇAM'a, T3 Vakfı Mütevelli Heyet Üyesi, Yönetim Kurulu Üyesi ve TEKNOFEST Genel Sekreteri Sayın Muhammed SAYMAZ'a, araştırma sürecinde katkı sağlayan bilim merkezi yetkililerine ve verilerin sağlanmasında yardımcı olan tüm kişi ve kurumlara teşekkür ederim. Yine çalışmamı titizlikle yürütmeme büyük sabır gösteren çok kıymetli aileme teşekkür ederim.

Sonuç olarak, bu çalışmanın, bilim merkezlerinin gelişimine ve ülkemizin bilimsel altyapısının güçlendirilmesine katkı sunmasını temenni ederim.

Saygılarımla,

Yusuf POLAT
Erzurum-2025

GİRİŞ

Bugünkü teknolojik gelişmelerin hızlanması, dijital dönüşümlerin toplumların her alanında genişlemesi ve küresel rekabetin giderek artması, ülkelerin ekonomik ve teknolojik dağılımlarını sağlama çabalarını geniş çapta hale getirmeleri. Bu bağlamda, ülkelerin yalnızca teknolojik yeniliklere uyum sağlamaları sağlanıp, aynı zamanda bu yeniliklerin üretilebilmesi ve küresel ölçekte rekabet edebilme imkanına sahip olmayı hedeflemektedir. Türkiye, bu doğrultuda, teknoloji ve yenilik alanında rekabet gücünü artırmayı, yerli ve milli üretim devamlılığını geliştirmeyi ve satışların devamını sağlamayı amaçlayan Milli Teknoloji Hamlesi ile önemli bir adım atmıştır. Bu hamle, yalnızca teknolojik gelişme değil, aynı zamanda inovasyon ekosisteminin gelişimini, tamamlanan insan kaynağının yetiştirilmesini ve toplumsal bilim ve teknolojiye olan ilginin dinlenmesini çoğaltmayı çok boyutlu bir strateji olarak öne çıkarma.

Milli Teknoloji Hamlesinin önemli gelişmelerden biri olan bilim merkezleri, toplumun bilimsel gelişimini artırıyor, geliştirilebilir düşünme gelişmelerini geliştiriyor ve genç nesilleri teknolojik üretime entegre etmek amacıyla kritik bir rol üstleniyor. Bilim merkezlerinde, yalnızca bilim eğitimiyle anlatım, aynı zamanda yaratıcı ve analitik düşünme teknolojileri geliştiren, uygulamalı öğrenme ortamları sunan ve toplumsal sürdürülebilir yaratıcı yapılar olarak modern eğitim sisteminin tamamlayıcı unsurları arasında yer almaktadır. Türkiye'de bilim merkezlerinin yaygınlaştırılması ve etkinliklerinin yapılabileceği, Milli Teknoloji Hamlesinin erişilebildiğinde indirilebilen bir bilgiye sahiptir.

Bu tez çalışması, Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında Türkiye genelindeki bilim merkezlerinin verimlilik performanslarını ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, bilim merkezlerinin yapısı, sürekliliği ve Türkiye'nin teknoloji odaklı kalkınma katkıları kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Araştırmada, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile bilim merkezlerinin etkinlik oranları, proje ekipleri oluşturma kapasiteleri, teknik verimlilik seviyeleri ve dijitalleşme ile süreç uygulamaları gibi performans kriterleri. Bunun yanı sıra, Milli Teknoloji Hamlesi ile ilgili olarak TEKNOFEST gibi teknoloji odaklı etkinlikler ve Milli Teknoloji Akademisi gibi kurumlar da dahil olmak üzere sürdürülmekte, bu yapıların bilim merkezleriyle olan ilişkileri ve genel stratejiye katkıları değerlendirilmiştir.

Araştırmanın temel motivasyonu, bilim merkezlerinin mevcut performanslarını değerlendirerek, bu merkezlerin bakımının artırılmasına yönelik büyüme geliştirmeleri yaygınlaştırılır. Bu doğrultuda, şu ana kadarki yanıtlar aranmıştır:

- Türkiye'deki bilim merkezlerinin verimlilik düzeyinde ve bu derecelerdeki performans farklılıkları.
- Bilim merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesi 'ne olan katkılarının artırılması yolları ele alınmıştır.
- Verimlilik analizleri sonucunda bilim merkezlerinin gelişimini artırmaya yönelik derleme önerileri sunulmaktadır.

Bu konularda saha araştırmaları gerçekleştirilmiş, bilimin aktarıldığı verilerin analizi yapılmış ve elde edilen bulgularla kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada kullanılan Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi, bilim merkezlerinin etkinlik düzeylerini seçmek ve karşılaştırmalı analizler yapmak için uygun bir araç olarak seçilmiştir. Bu yöntem, bilim merkezlerinin güçlü ve zayıf biçimde şekillendirerek belirleyerek, daha etkin kullanımı ve seçeneklerin somut çözümler geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Tez alışması üç ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde Milli Teknoloji Hamlesinin kapsamlı erevesi, yerli ve milli üretim stratejisi ve bu stratejinin Türkiye'nin kalkınma hedeflerindeki önemi ele alındı. Ayrıca, bilim merkezlerinin yapısı, sürekliliği ve Milli Teknoloji Hamlesindeki rolü ayrıntılı bir şekilde ayrılıyor. İkinci bölümde, programlama algoritması açıklanmış ve Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile ilgili teorik bilgiler sunulmuştur. nc bölümde ise bilim merkezlerine yönelik verimlilik analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen bulgular yorumlanmış ve bu bulgularla derleme nerileri sunulmaktadır.

Bu şekilde, Türkiye'deki bilim merkezlerinin gelişimini geliştirmeye yönelik planlama planlamalara katkı sağlanması ve Milli Teknoloji Hamlesinin ulaşılabilir olmasında bir rehber kapsamında taşması sağlanır. Ayrıca bilim merkezlerinin toplumsal faydalarını artırmaya yönelik öneriler sunarak, bu merkezlerin eğitim, teknoloji ve inovasyon alanlarındaki rollerini güçlendirmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, araştırma, Türkiye'nin teknolojik altyapısına ve inovasyona ulaşmak amacıyla literatüre önemli bir katkı sunmayı amaçlamaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ

1.1. YERLİ VE MİLLİ ÜRETİM STRATEJİSİ KAVRAMI

Yerli ve milli üretim stratejisi, bir ülkenin ekonomik ve teknolojik bağımsızlığını sağlamak için, yerli ve milli kaynakların en üst düzeyde kullanılmasını amaçlayan uzun vadeli bir amaçtır. Bu strateji, ülkelerin ulusal rekabet ortamında daha güçlü bir yer edinmesini, ekonomik istikrarını korumasını ve kritik üretim alanlarında dışa bağımlılığını en aza indirmeyi hedefler. Aynı zamanda, bu strateji kapsamında geliştirilen politikalar, toplumun sosyo-ekonomik gücünün artırılması, istihdam olanaklarının genişletilmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi gibi birçok faydayı beraberinde getirir.

Yerli ve milli üretim stratejisi, Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin desteklenmesini öncelikli bir alan olarak ele alır. (TÜBİTAK, t.y.). Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojileri kullanılması, yerli üretim kapasitesinin artırılmasında önemlidir. Ayrıca ülkelerin ekonomik ve ulusal güvenliğini koruması açısından önemli olan savunma sanayii, enerji, tarım, teknoloji ve sağlık gibi alanlarda yerli üretim kapasitesinin artırılmasında kilit rol oynar. Önemli hammaddeler ve bileşenlerin dışa bağımlılığını azaltarak, yerel kaynakların etkin kullanımı ile desteklenir.

21. yüzyıl ekonomisi, teknoloji verilerinin etkin kullanımıyla yeniden şekillenmeye başlamıştır. Bu dönemde ülkelerin dijital dönüşümü yakalaması ve bu dönüşüme ayak uydurması büyük önem taşımaktadır. Günümüzde ekonomik kalkınma, yalnızca sermaye yatırımlarıyla sınırlı kalmayıp, insan kaynağına yapılan yatırımların da kritik bir role sahip olduğunu göstermektedir. Küresel rekabette öne çıkmak için insan kaynağının, teknolojik öğrenme süreçleriyle desteklenmesi ve bu süreçlerin etkili bir şekilde entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Eğitim yoluyla bireylerin teknolojik yeterliliklerinin artırılması, ülkelerin hem ekonomik hem de sosyal kalkınma hedeflerine ulaşmasında önemli bir araçtır.

Yerli ve milli üretim stratejisi, yalnızca ekonomik bağımsızlık sağlamakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal dayanışmayı ve ulusal gururu artıran bir mekanizma olarak da işlev görür. Bu strateji, bireylerin yerli üretime olan güvenini ve bağlılığını pekiştirirken, ülkenin küresel arenada daha güçlü bir şekilde temsil edilmesine de olanak tanır. Örneğin, yerli markaların uluslararası başarıları, toplumda bir birliktelik duygusu yaratabilir ve genç

nesilleri teknoloji ve yenilik alanlarında daha fazla çalışmaya teşvik edebilir. Bu nedenle yerli üretim stratejisinin bir diğer elementi de yerli markaların ulusal ve uluslararası pazarlarda tanınırlığını artırmak ve küresel alanda rekabet edebilirliğini sağlamaktır. Yerli üretim stratejisi, ekonomik katma değer yaratırken aynı zamanda toplumsal refahın artırılmasını da hedefler. Yeni istihdam olanakları yaratılması ve işgücü niteliğinin artırılması bu kapsamda önemlidir.

Milli Teknoloji Hamlesi, Türkiye'nin teknolojik dönüşüm sürecinde benimsediği çok boyutlu bir yaklaşımı temsil etmektedir. Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı'nın (T3 Vakfı'nın) vizyonunda da vurgulandığı üzere, bu hamle yalnızca teknolojik gelişimi değil, insan odaklı bütüncül bir dönüşümü hedeflemektedir. Bu yaklaşım eğitimden diplomasiye, ekonomik kalkınmadan beşerî bilimlere uzanan geniş bir perspektifi kapsamaktadır. Son yıllarda Türkiye, bu stratejik vizyonu ulusal bir öncelik haline getirerek önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Teknolojik yetkinlikleri gelişmiş, yenilikçi bakış açısına sahip ve küresel rekabette söz sahibi olabilecek nesillerin yetiştirilmesi hem ülkemizin uluslararası etkinliğini artıracak hem de yerli ve milli üretim kapasitesinin gelişimine katkı sağlayacaktır.

Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, toplumsal yapıyı ve endüstriyel üretim süreçlerini derinden etkilemektedir. Dijitalleşme sürecinin getirdiği yenilikçi çözümler, ekonomik değer yaratmanın ötesinde, birçok ülkenin endüstriyel stratejilerinin merkezinde yer almaya başlamıştır (İnovasyon, 2021). İş gücü piyasasındaki değişimlerle birlikte, dijital dönüşüm, teknolojilerin geleneksel endüstri üretiminde daha fazla yer alması, eğitim sistemlerini doğrudan etkileyerek bu dönüşüme adapte olmalarını zorunlu kılmaktadır. Yerli üretim stratejileri çerçevesinde, dijitalleşme ve eğitim arasındaki güçlü bağ, inovasyon odaklı bir üretim kültürü oluşturmayı mümkün kılar. Hızla değişen dijital dünyada teknolojinin her alanda kendini göstermesi, bu teknolojilerden etkin bir şekilde faydalanılmasını ve ihtiyaç duyulan iş gücünün yetiştirilmesini gerektirir.

Yerli ve milli üretim stratejisi, sadece ekonomik ve teknolojik bağımsızlıkla sınırlı bir kavram değildir; aynı zamanda bir ülkenin geleceğe dair umutlarını, kendi vatandaşlarına olan güvenini ve uluslararası arenada duruşunu temsil eder. Bu strateji, yalnızca hükümet politikalarıyla değil, aynı zamanda toplumsal katılımı da desteklenmelidir. Yerli üretim sadece fabrikalarda gerçekleşen bir süreç değil, aynı zamanda milletin kendi potansiyelini keşfetmesinin ve geliştirmesinin de bir yoludur.

1.2. YERLİ VE MİLLİ ÜRETİM STRATEJİSİNİN ÖNEMİ

Yerli ve milli üretim stratejisi bir ülkenin kendi ekonomik, teknolojik, ticari ve savunma alanındaki tüm ihtiyaçlarını kendi başına bağımsız bir şekilde karşılamak amacıyla oluşturduğu ulusal politikalar bütünüdür. Bu strateji özellikle küresel çalkantıların yoğun olduğu, coğrafi risklerin arttığı ve özellikle teknolojik gelişmelerin uluslararası arenada güç dengelerinin belirlediği günümüzde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle ülkeler ekonomik bağımsızlığını sağlayarak, ithalata olan bağımlılığını azaltmaya çalışır. Yerli sanayinin güçlenmesi, iş olanaklarının artması milli gelirin yükselmesine olanak sunar. Örneğin, bir ülkenin enerji ihtiyacını yerli kaynaklardan karşılaması, döviz kaybını önler ve ekonomide istikrar sağlar.

Ülkeler teknolojik gelişim ve yenilikçi fikirleriyle küresel arenada rekabet etme gücü elde eder. Özellikle yerli ve milli teknolojilerinin geliştirilmesi ile küresel pazarda söz hakkına sahip olur. Ayrıca savunma sanayinde dışa bağımlılığın azaltılması hem ulusal güvenliği artırır hem de teknolojik gelişimi tetikler. Bu duruma güncel bir örnek olarak, Türk savunma sanayii ürünlerinin çatışma bölgelerindeki başarılı performansı ve bunun sonucunda uluslararası savunma pazarında artan görünürlüğü gösterilebilir (Bayraktar, 2020).

Yerli üretim, toplumda milli bir gurur ve dayanışma duygusu yaratır. Ayrıca, üretimde sağlanan yerlilik oranının artması, halkın kendi ülkesine olan güvenini artırır. Bu durum, ülkenin iş olanaklarını ve sosyal istikrarın sağlanmasında da önemli bir rol oynar. Gıda, ilaç, enerji ve savunma gibi alanlarda yerli üretim kabiliyetine sahip olmak, kriz dönemlerinde ülkenin dayanıklılığını artırır. Pandemi sürecinde maske ve ilaç gibi temel ihtiyaçların tedarikinde yaşanan sıkıntılar, yerli üretimin önemini bir kez daha göstermiştir.

Yerli ve milli üretim, teknolojik yeniliklere dayalı ürün veya hizmetlerin geliştirilmesi ve ticari değer oluşturmak amacıyla piyasaya ürün sunulmasını ifade eder. Girişimciler, mevcut sorunlara yenilikçi çözümler sunarak hem ekonomik büyümeye hem de toplumsal dönüşüme katkıda bulunur. Yani teknoloji girişimcileri, yenilikçi fikirleri ticari ürünlere ve hizmetlere dönüştüren motorlardır. Teknolojik ilerlemeler ve dinamik pazar koşulları, sürekli olarak yeni girişimcilik alanlarının doğmasına zemin hazırlamaktadır. Günümüzde özellikle sürdürülebilir üretim sistemleri, dijital sağlık teknolojileri, uzaktan iş yönetimi çözümleri ve elektronik ticaret sistemleri gibi alanlarda önemli girişimcilik potansiyeli bulunmaktadır (Demir, 2024).

Teknolojik stratejiler, inovatif düşüncelerin ekonomik değere dönüşümünü sağlayan sistematik bir yaklaşımdır. Bu süreçte girişimciler, yenilikleri pazarda somut çıktılara dönüştüren önemli oyuncular olarak öne çıkmaktadır. Burhan'ın (2015) çalışmasında vurguladığı gibi, teknoloji odaklı ekonomik kalkınmanın temelinde çeşitli unsurlar bulunmaktadır. Bunlar arasında bilimsel temelli eğitim sistemi, girişimcilik ruhu taşıyan yeni nesiller ve inovasyona açık ekosistem altyapısı yer almaktadır. Ayrıca, bilgi temelli üretim modeli, uzun vadeli teknolojik yatırım stratejileri ve ulusal kalkınma vizyonu da bu sürecin temel bileşenleri arasındadır.

Bu ilişki, toplumun hem ekonomik kalkınmasına hem de teknolojik gelişimine katkıda bulunur. Özellikle günümüz dijital ekonomisinde teknoloji alanındaki yerlilik, rekabet avantajı sağlamada ve sürdürülebilir büyümeyi desteklemede kritik öneme sahiptir.

Yenilik ve verimlilik, ülkelerin ekonomik gelişimlerini desteklerken, yerli üretim alanında da önemli bir itici güç olarak öne çıkmaktadır. Bu kavramlar, üretim süreçlerinin iyileştirilmesine, yerli işletmelerin rekabet gücünün artırılmasına ve istihdam ile beşerî sermayenin verimli bir şekilde düzenlenmesine olanak sağlamaktadır. Yerel üretim kapasitesinin artırılması, güçlü bir altyapı ve kaynak yönetimi ile mümkündür. Bu bağlamda üretim tesislerinin modernizasyonu, mali destekler ve teşvik mekanizmalarının etkin kullanımı, nitelikli personel yetiştirilmesi ve sürdürülebilir eğitim programlarının uygulanması, yerli üretimin gelişimi açısından hayati önem taşımaktadır (Doğan, 2024).

Altyapı yatırımları, yerli üretimin sürdürülebilir bir şekilde büyümesine katkı sunarak, işletmelere ulusal ve uluslararası piyasalarda daha fazla pazar payı elde etme fırsatı tanımaktadır. Bu bağlamda, altyapı yatırımları, yerli üretimde teknolojik yeniliklerin hayata geçirilmesi ve ekonomik büyümenin sağlanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Yatırımların doğru planlanması ve yönetilmesi, yerli işletmelerin üretim kapasitesini artırırken, aynı zamanda kaynakların etkin kullanımını da desteklemektedir. Böylece, yerli üretim odaklı bir ekonomik modelin güçlenmesi, Türkiye'nin küresel pazarlarda daha rekabetçi bir konuma ulaşmasına imkân tanıyacaktır.

Bu yaklaşımlar, yenilikçi yerli üretim ekosisteminin oluşturulmasını destekleyerek, uzun vadede ekonomik kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

1.3. MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ KAVRAMI

Teknoloji her zaman devletlerin gücünü ve uluslararası arenadaki konumunu belirleyici faktör olmuştur. Tarihsel süreç içerisinde teknolojik gelişmeler, toplumların sosyo-ekonomik yapılarını şekillendirirken, küresel sistemde de köklü dönüşümlere yol açmıştır (Duran vd., 2023). Bu nedenle ilgili devletlerin teknoloji politikalarını güncellemeye dönük ulusal teknoloji hamleleri ve stratejileri oluşturmada kritik rol oynamaktadır.

Teknolojik yeniliklerin küresel yayılımı ile devletlerin bu yenilikleri özümsemeleri arasında doğrudan bir korelasyon bulunmaktadır. Duran vd.'nin (2023) belirttiği gibi, hızla değişen teknoloji, ülkeleri kapsamlı politikalar ve uzun vadeli stratejik planlamalar geliştirmeye yöneltmektedir. Bu bağlamda Türkiye, gelişimin sunduğu fırsatları değerlendirerek küresel etkinliğini artırmayı hedeflemekte ve teknolojik özerklik vizyonu doğrultusunda yerli ve milli teknoloji ekosistemini güçlendirmeye odaklanmaktadır. Bu hamle, Türkiye'nin dışa bağımlılığını azaltmayı, küresel teknoloji yarışında kendine özgü yeniliklerle ön plana çıkmasını, kendi savunma, sanayi, sağlık, ulaşım ve enerji alanlarında kritik teknolojilere sahip olmasını amaçlar.

Ülkemiz, teknolojik dönüşüm sürecinde önemli bir atılım gerçekleştirmektedir. Kamu kurumlarının öncülüğünde şekillenen Dijital Türkiye vizyonu ve Milli Teknoloji Hamlesi ile küresel teknoloji yarışında öncü ülkeler arasında yer alma hedefi doğrultusunda sistematik adımlar atılmaktadır (Duran vd., 2023).

Milli Teknoloji Hamlesi, Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve ulusal güvenlik ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak, yerli imkânlarla ileri teknolojik ürünler ve çözümler üretmeyi hedefleyen geniş kapsamlı bir stratejidir. Bu hamle, Ar-Ge yatırımlarını artırarak ülkenin teknoloji ve inovasyon kapasitesini geliştirmeyi, kritik sektörlerde milli ürün ve hizmetler ortaya koymayı teşvik eder. Türkiye'nin ulusal teknoloji stratejisi olan Milli Teknoloji Hamlesi, yerlilik, millilik ve özgünlük olmak üzere üç temel prensip üzerine inşa edilmiştir. Bu stratejik yaklaşım, ülkenin teknolojik vizyonunu ve öncelikli hedeflerini şekillendirmektedir. Türkiye, bu doğrultuda yerel imkânlarını kullanarak ileri teknoloji ürünlerinin geliştirilmesi ve üretilmesi yoluyla teknolojik inovasyonun temel yapı taşlarını oluşturmayı hedeflemektedir (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019).

Milli Teknoloji Hamlesinin temel prensiplerinden yerlilik, üretimde kullanılan hammadde, yarı mamul ve işgücü kaynaklarının ulusal imkânlarla sağlanmasını ve üretim

süreçlerinin ülke kaynaklarına dayandırılmasını hedeflemektedir. İkinci temel prensip olan millilik, üretim aşamasında yabancı girdiler kullanılsa bile, entelektüel mülkiyet, yönetim süreçleri ve finansal yapının ulusal çıkarlar doğrultusunda şekillendirilmesini amaçlamaktadır. Üçüncü prensip özgürlük ise, teknolojik ürün ve sistemlerin, dış etkenlerden bağımsız biçimde ve stratejik hedefler doğrultusunda geliştirilip üretilmesini öngörmektedir (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019).

Milli teknoloji, günümüzde yalnızca belirli bir sektörde değil, sanayi, ekonomi, savunma, eğitim, sağlık ve dijitalleşme gibi farklı alanlarda uygulanan bütüncül bir politika yaklaşımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu vizyonun temelinde, Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik kapasitesini geliştirerek, ulusal bağımsızlığını dış etkenlerden koruma hedefi yer almaktadır. Bu hedef doğrultusunda atılan adımlar, ekonomik ve siyasi bağımsızlığın güçlendirilmesi amacını taşımaktadır.

Teknolojik gelişmişlik düzeyi, ülkelerin uluslararası sistemdeki etkinliğini belirleyen önemli unsurlardan biri haline gelmiştir. Günümüzde bu alandaki rekabet, inovasyon çalışmaları, ulusal üretim gücü ve dijitalleşme süreçleri etrafında şekillenmektedir. Bu doğrultuda Milli Teknoloji Hamlesi, Türkiye'nin teknolojik bağımsızlığını sağlamak için önemli sektörlerde yerli çözümler geliştirmeye odaklanmaktadır (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019).

Türkiye'nin savunma teknolojileri, yapay zekâ uygulamaları, enerji sistemleri, sağlık teknolojileri ve uzay araştırmaları alanlarındaki gelişimi, ülkenin uluslararası pazardaki konumunu güçlendirmekte ve yeni iş birliği imkanları yaratmaktadır. (Çapanoğlu, 2024) Bu alanlardaki ilerlemeler, yalnızca teknolojik bağımsızlığa katkı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda Türkiye'nin ekonomik kalkınmasını ve inovasyon kapasitesini desteklemektedir. Bu strateji, sadece bir teknoloji geliştirme hedefi değil, aynı zamanda Türkiye'nin uzun vadede bağımsızlığını sağlamlaştırmaya yönelik stratejik bir vizyon olarak değerlendirilmelidir. Bu anlayış, Türkiye'nin gelecekteki teknoloji üretiminde rekabet gücünü artıracak ve ulusal çıkarlarını koruyacak bir temel oluşturmayı hedeflemektedir.

Teknolojide sürdürülebilir bir başarı elde etmek için nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi ve Ar-Ge faaliyetlerinin güçlü bir şekilde desteklenmesi kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda, eğitim sisteminin teknoloji odaklı bir yapıya dönüştürülmesi ve

yenilikçi yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Türkiye, bu vizyon doğrultusunda teknolojik dönüşümde lider bir ülke olmayı hedeflemektedir.

Sanayi 4.0 atılımlarının hayatımıza girmesiyle birlikte, yapay zekâ, akıllı üretim, bulut bilişim ve robotik teknolojiler gibi alanlarda önemli gelişmeler yaşanmış ve endüstride yeni bir dönüşüm başlamıştır. Endüstri 4.0, üretimde maliyetleri düşüren, hız kazandıran ve kişiselleştirilmiş ürünler sunabilen bir sistem olarak dikkat çekmektedir. Bu sistem, insana dayalı iş gücünü azaltarak, yüksek teknoloji kullanımına dayalı bir üretim anlayışını benimsemektedir (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019)

Robotların ve yapay zekanın üretim süreçlerinde daha fazla görev almasını sağlayan bu dönüşüm, kaliteli, hızlı, düşük maliyetli ve minimum israfa dayalı bir üretim hedeflemektedir. Ancak tamamen insansız üretim yerine, insan ve teknolojinin iş birliği içinde çalıştığı bir model öne çıkmaktadır. Bu süreç, üretim verimliliğini artırırken aynı zamanda küresel pazarda rekabet gücünü de yükseltmektedir.

Dördüncü Sanayi Devrimi, sunduğu büyük olanaklar sayesinde ülkeler arasında yeni bir rekabet alanı yaratmıştır. Teknolojik ve ekonomik gücü artırmayı hedefleyen gelişmiş ülkeler ile güç dengelerini lehine çevirmek isteyen gelişmekte olan ülkeler, teknoloji devleriyle iş birliği yaparak bu alanda önemli yatırımlar gerçekleştirmektedir. Bu yatırımlar, teknolojik gelişimin hızlanmasını ve uluslararası rekabetin artmasını sağlamaktadır (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019).

Endüstri 4.0 süreci hem kamu hem de özel sektör kuruluşlarını çeşitli yapısal dönüşümlerle karşı karşıya bırakmaktadır. Bu süreçte organizasyonlar, dijital dönüşüm süreçlerinin yönetimi, uluslararası tedarik ağlarına adaptasyon ve değişen işgücü dinamiklerine uyum sağlama gibi kritik meydan okumalarla yüzleşmektedir. Ülkeler, bir yandan yeni teknolojilere adapte olmaya çalışırken, diğer yandan da bu teknolojilerin beraberinde getirdiği problemlere çözüm üretmek zorunda kalmıştır (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019).

Türkiye, Dördüncü Sanayi Devrimine uyum sağlama çabalarını Milli Teknoloji Hamlesi ile hızlandırmıştır. Bu hamle, yerli üretim, yenilikçi teknolojiler ve kritik alanlarda bağımsızlık hedeflerini içermektedir. Özellikle savunma sanayi, otomotiv, enerji ve sağlık sektörlerinde gerçekleştirilen çalışmalar bu stratejik vizyonun birer örneğidir. Türkiye’de sanayi kuruluşları, Endüstri 4.0’ın gerekliliklerine uyum sağlamak amacıyla

otomasyon ve yapay zekayı üretim süreçlerine entegre etmeye başlamış; akıllı fabrikaların kurulması ve üretim verimliliğinin artırılması öncelikli hedefler arasında yer almıştır (T.C. 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji, 2019).

Türkiye, bu yeni dönemin getirdiği paradigma değişimlerini, küresel rekabette daha güçlü bir konuma ulaşma ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma ile toplumsal refahı artırma fırsatı olarak değerlendirmiştir. Bu hedeflere ulaşabilmek için sanayi ve teknolojiyi bütüncül bir perspektifle ele alan, ülkenin dinamiklerine uygun, geniş katılımlı ve toplumu harekete geçirebilen özgün bir program geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda, teknolojik bağımsızlığı artırarak küresel ölçekte rekabet edebilir ürün ve hizmetler geliştirilmesi amaçlanmıştır

Türkiye'nin teknoloji girişimciliği ekosistemi, temel bileşenler açısından önemli bir altyapıya sahip olmasına rağmen, niteliksel gelişim bakımından hedeflenen seviyeye henüz ulaşamamıştır. Uluslararası karşılaştırmalarda kullanılan on dört temel gösterge bu durumu ortaya koymaktadır: Girişimcilik fırsatlarının algılanması, girişimsel yetkinlikler, risk yönetimi, network yapısı, toplumsal destek mekanizmaları, fırsat odaklı girişimcilik, teknoloji adaptasyonu, insan kaynağı kalitesi, rekabet gücü, ürün inovasyonu, süreç inovasyonu, hızlı büyüme potansiyeli, küreselleşme kapasitesi ve risk sermayesi erişimi. Bu kapsamda T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, ekosistemi güçlendirmek amacıyla yeni bir yaklaşım geliştirmiş ve yerli teknoloji girişimlerini "Teknogirişim" olarak tanımlamıştır. Söz konusu stratejik yaklaşım, mevcut ekosistemde var olan kültürel birikim, nitelikli insan kaynağı ve pazar olanaklarını; kurumsal destekler, finansman kaynakları ve politika araçlarıyla entegre ederek, Türkiye'yi öncü bir teknoloji girişimciliği ekosistemine dönüştürmeyi hedeflemektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022).

Teknoloji girişimciliğinin gelişim hızı ile Milli Teknoloji Hamlesi arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Milli Teknoloji Hamlesi, Türkiye'nin yerli ve milli teknolojilere dayalı bir kalkınma stratejisi benimsemesini sağlayarak bu alanda net hedefler oluşturmuştur. Bu strateji, teknoloji odaklı girişimciliği teşvik ederek Türkiye'nin bağımsız bir üretim ve inovasyon ekosistemi oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, çeşitli paydaşların katkılarıyla hazırladığı 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi'ni, Türkiye'nin dijital çağdaki dönüşümünü yönetmek ve yüksek teknoloji üretimini artırmak amacıyla oluşturmuştur. Bu stratejik plan, "Milli Teknoloji Güçlü Sanayi" vizyonunun gerçekleştirilmesinde temel rehber niteliği

taşımaktadır. Strateji belgesi beş temel bileşen üzerine inşa edilmiştir: Yüksek Teknoloji ve İnovasyon, Dijital Dönüşüm ve Sanayi Hamlesi, Girişimcilik, Beşerî Sermaye ve Altyapı. Bu bileşenler aracılığıyla ülkenin sanayi ve teknoloji alanındaki 2023 hedeflerine ulaşması planlanmaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019).

Tarihi süreçlere bakıldığında, Türkiye'nin gerek stratejik coğrafi konumu gerekse tarihi koşulları, Osmanlı'dan bu yana milli teknolojiye yönelik bir arayışı zorunlu kılmıştır. Ancak Avrupa'da Sanayi Devrimi ile başlayan büyük teknolojik sıçrama, Osmanlı'nın mevcut teknolojik kabiliyetlerinin işlevsiz hale gelmesine neden olmuştur. Cumhuriyet'in ilk yıllarında ise savunma sanayisine büyük önem verilmiş, devlet desteği ve özel girişimlerle çeşitli kalkınma adımları atılmıştır. Bu süreç, Türkiye'nin teknoloji tabanlı sanayi altyapısını geliştirme yolunda önemli bir başlangıç olmuştur.

Dış ticaret dengesinin en kritik unsurlarından biri olan ihracat ve ithalat dengesi açısından Milli Teknoloji Hamlesi büyük bir öneme sahiptir. Bu politika, uzun vadede dışa bağımlılığı azaltarak daha bağımsız bir sanayi ve ekonomik yapı oluşturmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, dış politikada söz sahibi olmayı kolaylaştırarak Türkiye'nin uluslararası arenadaki etkinliğini artıracak stratejik bir zemin hazırlamaktadır.

Milli Teknoloji Hamlesi, Türkiye'nin teknoloji ve inovasyonda ilerleme hedeflerini destekleyen kritik bir yaklaşımdır. Eğitim alanında bu hamle, STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) tabanlı müfredatların geliştirilmesi, yapay zekâ, otonom sürüş ve çip tasarımı gibi yüksek teknoloji alanlarında uzmanlaşmayı teşvik eden eğitimlerin sunulmasını hedeflemektedir. Üniversite öğrencilerine yönelik olarak sektör odaklı dersler, mentorluk ve staj imkânları sağlanarak nitelikli mühendisler, yazılımcılar ve bilim insanları yetiştirilmesi amaçlanmaktadır (<https://t3vakfi.org/tr/>).

Günümüz dünyası, bireylerin çok yönlü becerilerle donanmasını gerektirmektedir. Bu beceriler arasında takım çalışması, etkili iletişim, analitik düşünme, inovasyon kabiliyeti ve çevresel-sosyal konularda farkındalık öne çıkmaktadır. Modern eğitim sistemleri, öğrencileri toplumsal sorumluluk sahibi ve etkin bireyler olarak yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Bu dönüşüm sürecinde, eğitim teknolojilerinin kullanımı, dijital araçların yaygınlaşması ve yapay zekâ uygulamalarının öğrenme ortamlarına adaptasyonu, çağdaş eğitimin vazgeçilmez unsurları haline gelmiştir (www.meb.gov.tr).

Eğitim, insan kaynağının yetiştirilmesinde stratejik bir role sahiptir. Bu kapsamda teknolojinin eğitimle nasıl entegre edileceği ve eğitim sisteminin bu süreçteki konumu, üzerinde dikkatle durulması gereken kritik konular arasında yer almaktadır. Teknolojik dönüşüm sürecinde, eğitim sistemlerinin adaptasyonu, dijital okuryazarlığın artırılması ve yenilikçi düşünce yapısının teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Eğitimde teknoloji kullanımı üzerine yapılan çalışmalar, dijital araçların öğrencilerin çağdaş becerilerini geliştirmede kritik bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Thieman, 2008). Bu çağdaş yetkinlikler yedi temel kategoride sınıflandırılabilir: Sosyo-duygusal gelişim, iletişim ve dil becerileri, analitik düşünme, okuryazarlık, öğrenme stratejileri, öz farkındalık ve mesleki yeterlilikler. Türel vd. (2023), bu becerilerin gelişiminin eğitim sisteminin temel hedefleriyle doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamaktadır. Bu hedefler arasında; özgür düşünebilen, toplumsal katkı sunabilen, değerlere saygılı, etkili iletişim kurabilen, yaşam boyu öğrenmeyi benimseyen, değişime adapte olabilen, dijital yetkinliklere sahip, kendisi ve çevresiyle uyumlu, inisiyatif kullanabilen, sorgulayıcı ve eleştirel bakış açısına sahip bireylerin yetiştirilmesi yer almaktadır.

Milli Teknoloji Hamlesi, geleneksel öğrenme yöntemlerinin sınırlarını aşarak öğrenimi daha geniş kitleler için erişilebilir hale getirmeyi hedeflemektedir. Eğitimde teknolojinin etkin kullanımı, ülkelerin bağımsızlıklarını pekiştirmesi ve küresel rekabet güçlerini artırması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, sanayi ve eğitim arasındaki iş birliklerinin geliştirilmesi, teknoloji odaklı eğitimin yaygınlaştırılması, nitelikli insan kaynağının planlanması ve altyapının güçlendirilmesi gereklilik haline gelmiştir.

Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında, özellikle savunma sanayisi ve mesleki eğitim iş birliklerinin artırılması, sektörel ihtiyaçlara uygun insan kaynağı yetiştirilmesini sağlarken aynı zamanda ulusal teknolojik bağımsızlığa katkıda bulunacaktır (www.meb.gov.tr).

Modern eğitim sistemlerinde teknoloji entegrasyonu, klasik öğrenme ortamlarını daha interaktif ve verimli hale getirmektedir. Dijital teknolojilerdeki hızlı ilerlemeler, eğitim metodolojilerinin çeşitlenmesine, öğrenci etkileşiminin güçlenmesine ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin yaygınlaşmasına imkân sağlamaktadır. Bu teknolojik dönüşüm süreci, bir yandan öğrencilerin analitik düşünme, sorun çözme ve

takım çalışması gibi temel yetkinliklerini geliştirirken, diğer yandan eğitimcileri çağdaş öğretim yaklaşımlarını benimsemeye teşvik etmektedir (Aşık vd., 2023).

Eğitimde dijitalleşmenin önceliklendirilmesi, bireylerin yenilikçi ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmesine imkân tanırken, uluslararası düzeyde rekabet gücü yüksek bireylerin yetiştirilmesi açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Bu hamleler, Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecine uyum sağlamasına, yerli üretim kapasitesinin artırılmasına ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasına katkıda bulunacaktır. Eğitimde teknoloji entegrasyonu, bu sürecin en önemli bileşenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye'nin son yıllarda gerçekleştirdiği yerli ve milli teknoloji atılımları, stratejik sektörlerde önemli gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Savunma sanayiinden uzay araştırmalarına, sağlık teknolojilerinden enerji sistemlerine, eğitim teknolojilerinden bilişim altyapısına uzanan geniş bir yelpazedeki bu dönüşüm, Milli Teknoloji Hamlesi çerçevesinde bütünleşerek ulusal kalkınma sürecine güçlü bir hız kazandırmıştır. Bu çalışmaların temel amacı, ekonomik bağımsızlığı güçlendirmek, stratejik sektörlerde kendi kendine yeterlilik sağlamak ve dışa bağımlılığı en aza indirmektir.

Türkiye, yüksek teknoloji, inovasyon, dijital dönüşüm, sanayi ve girişimcilik alanlarında gerçekleştirdiği kritik yatırımlarla önemli bir mesafe kat etmiştir. 21. yüzyılı “Türkiye Yüzyılı” yapma hedefi doğrultusunda, yerlilik, millilik ve özgün değer üretimi öncelikli hale gelmiştir. Türkiye, bu hedefleri gerçekleştirmek için diğer ülkelerden farklılaşarak özgün projeler ve katma değer yaratmayı stratejik bir yol haritası olarak benimsemiştir.

Milli Teknoloji Hamlesi stratejileri kapsamında, Türkiye'nin ekonomik büyüme hedefleri doğrultusunda en çok ihtiyaç duyduğu alanlardan biri teknolojik ilerleme ve gelişmedir. Bu büyüme, özellikle Ar-Ge faaliyetleri sonucunda elde edilen bilgi birikimleriyle mümkün olacaktır (Duran vd., 2023).

Ar-Ge çalışmaları sonucu ortaya çıkan teknolojik yenilikler, şirketlerin rekabet güçlerini artırmalarına katkı sağlarken, bu avantajlar aynı zamanda pazar paylarının genişlemesine ve kar oranlarının yükselmesine de olanak tanımaktadır.

Teknolojik yenilik, yalnızca verimliliği artırmakla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kaynakların daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu yenilikler, üretim süreçlerini optimize ederek üretim miktarının artırılmasını ve mevcut kaynakların daha uzun süre kullanılabilir hale gelmesini mümkün kılmaktadır. Bunun sonucunda sanayi alanındaki büyüme, ekonomik büyümeyle paralel bir gelişim göstererek yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesini ve yüksek teknoloji ihracatının artmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda yapılan yatırımlar, Türkiye'nin küresel teknoloji rekabetinde önemli bir güç kazanmasına ve stratejik alanlarda sağlam temeller oluşturmaya katkıda bulunmaktadır. Milli Teknoloji Hamlesi, yerli teknoloji üretimini artırmaya, yenilikçi çözümler geliştirmeye ve stratejik altyapıları güçlendirmeye odaklanmaktadır.

1.3.1. Milli Teknoloji Hamlesi Kapsamında Yapılan Çalışmalar

Milli Teknoloji Hamlesi, ülkemizin ileri teknoloji ürünlerinde yerli ve özgün üretim kapasitesini artırmayı öngören kapsamlı bir girişimdir. Bu stratejik yaklaşım, bir yandan teknolojik ve ekonomik özerkliği pekiştirmeyi, diğer yandan kilit teknolojilerde atılım sağlayacak somut adımları içermektedir (Gökkoyun, 2021). Bu bağlamda, "Dijital Türkiye" vizyonu ve "Milli Teknoloji Hamlesi" çerçevesinde önemli projeler hayata geçirilmiştir. Türkiye, yapay zekâ teknolojileri konusunda ulusal stratejisini oluşturmuştur. Bu teknoloji, karmaşık ortamlarda karar alma, örüntü tanıma ve anlam çıkarma gibi insana özgü bilişsel yeteneklerin bilgisayar sistemleri tarafından gerçekleştirilmesini kapsamaktadır. Geliştirilen stratejik çerçeve, Dijital Türkiye ve Milli Teknoloji Hamlesi vizyonları doğrultusunda şekillendirilmiş olup, öncelikli hedefler ve eylem planları bu doğrultuda tasarlanmıştır (Gökkoyun, 2021). Bu stratejiler, ekonomik ve teknolojik bağımsızlığı güçlendirmeyi, küresel rekabet gücünü artırmayı ve ulusal güvenliği sağlamaya olanak sağlayacaktır. Dijital Türkiye vizyonu, toplumsal yaşamın her alanında dijital teknolojilerin etkin kullanımını öngörmektedir. Bu dönüşüm, ekonomik ve kamusal faaliyetlerde veri odaklı değer üretimini artırarak ülkemizin küresel rekabet gücünü yükseltmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda hayata geçirilen “Teknoloji ve yenilik kapasitesinin geliştirilmesi” programı, dijital teknoloji alanında yetkinliklerin geliştirilmesini ve ulusal-uluslararası düzeyde iş birliğine dayalı teknolojik altyapının oluşturulmasını hedeflemektedir (Gökkoyun, 2021).

Dijital Türkiye projesi, kamu hizmetlerinin elektronik platformlar üzerinden vatandaşlara sunulmasını kapsayan bir dönüşüm girişimidir. Bu dijital dönüşüm süreci, devlet hizmetlerinin erişilebilirliğini artırırken, hizmet kalitesini yükseltmeyi ve kesintisiz güvenli erişimi sağlamayı amaçlamaktadır. Geleneksel bürokratik yapıların yerini alan bu

yeni yaklaşım sayesinde, tüm vatandaşlar ve kurumlar, bilgi-iletişim teknolojileri aracılığıyla kamu hizmetlerine kolayca ulaşabilmektedir (CB DDO).

Milli Teknoloji Hamlesi, ayrıca bir ülkenin teknolojik bağımsızlığını sağlamak ve küresel rekabette güçlü bir konum elde etmek için hayata geçirilen kapsamlı bir vizyonu temsil eder. Bu hamlenin en kritik ayaklarından biri de eğitim alanında dijitalleşmeyi ve yenilikçi öğrenmeyi teşvik etmesidir.

STEM eğitimi, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamındaki küresel sorunlara karşı inovatif çözümler üretme potansiyeli taşımaktadır. Endüstri 4.0'ın hızlı gelişimi ve yaşamın her alanına nüfuz etmesi, STEM alanları ile diğer disiplinler arasındaki geleneksel sınırları belirsizleştirmektedir. Teknolojideki hızlı ve köklü değişimler hem STEM alanındaki hem de diğer alanlardaki öğrencilerin eğitim metodolojilerinin yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmaktadır. Eğitim sektörünün, bilgi ve becerilerin konulara göre ayrıldığı geleneksel müfredat sınırlarını yeniden düşünme zamanı geldi. IBE, üye devletlerin 21. yüzyılın hızla değişen dünyasında sürdürülebilir, tatmin edici ve sağlıklı bir yaşam sürmek için gerekli yeterliliklere sahip gençleri hazırlayan yetkinlik temelli müfredat geliştirmelerine yardımcı olmak amacıyla bilgi alanlarını aşan yeterlilikleri belirlemek ve açık hale getirmek için tartışmalara öncülük etmiştir. (UNESCO, 2019). Bu nedenle eğitimde dijitalleşme, Türkiye'nin teknoloji alanındaki geleceğini şekillendirecek stratejik bir adımdır. Bilim merkezleri ve Deneyap atölyeleri gibi uygulamalı öğrenme ortamlarının yaygınlaştırılması, dijital araçların eğitime entegre edilmesi ve öğretmenlerin bu süreçte dahil edilmesi, bu dönüşümün temel taşlarını oluşturur. Teknoloji odaklı bir eğitim modeli, sadece bireysel başarıyı değil, aynı zamanda toplumsal ilerlemeyi de beraberinde getirecektir.

1.3.1.1 BİLİM MERKEZLERİ

Günümüzün hızla değişen ve gelişen dünyasında, bireylere sunulan teknolojik olanaklar ile eğitim sistemleri, programlar ve müfredatlar genellikle öğrenme ve bilgi edinme süreçlerini ezbere dayalı, yüzeysel bir anlayışa yönlendirmektedir. Oysa bilgi, anlamlı ve kalıcı bir şekilde bireylerin zihinlerinde yer edinebilmesi için sebep-sonuç ilişkileri bağlamında sorgulanabilir olmalı, süreçleri şeffaf bir şekilde analiz edilebilmeli ve eleştirel bir düşünceyle değerlendirilebilmelidir. Ancak bu şekilde bilgi, sağlam bir temel üzerine inşa edilebilir ve sürdürülebilir bir yapı kazanabilir.

Bilimsel bilgi, deneyimleyerek ve süreçlerin analiz edilmesi yoluyla daha etkin bir şekilde öğrenilir. Bu doğrultuda, öğrenme çağındaki bireylerin bilimsel merakını, hayal gücünü ve tasarım yeteneğini geliştirecek, temel bilgi ve becerilerini artıracak kalıcı öğrenme ortamları, özellikle bilim merkezleri gibi interaktif platformlar aracılığıyla oluşturulmalıdır. Bilim merkezleri, bireylere bilimsel bilgiyi sadece teorik düzeyde değil, aynı zamanda pratik bir şekilde anlamalarına olanak tanır ve bu bilgiyi gerçek yaşamda etkin biçimde kullanmalarını destekler.

Bilim merkezleri, toplumun bilimsel farkındalığını artırmak ve gençlerin bilime olan ilgisini teşvik etmek amacıyla kurulan yapılardır. Milli Teknoloji Hamlesinin bir parçası olarak, Türkiye genelinde çeşitli illerde bilim merkezleri açılmış ve desteklenmiştir. Ayrıca “bilim merkezleri, farklı yaş gruplarından ve çeşitli bilgi düzeylerine sahip bireylerin:

- Bilimle etkileşim kurmasını,
- Bilim ve teknolojiyi herkes için anlaşılır ve erişilebilir hale getirmeyi,
- Toplumda bilim ve teknolojinin değerini artırmayı,
- DeneySEL ve uygulamalı etkinliklerle bilim ve teknolojiye yönelik farkındalık oluşturmayı,
- İnsanları keşfetmeye ve denemeye teşvik etmeyi hedefler.” (tubitak.gov.tr).

Özellikle bilimsel bilginin üretime katkı sağlayabilmesi için, çocukların ve gençlerin bilginin arka planını analiz edebilme, eleştirel düşünme ve problem çözme yeteneklerinin desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu süreç, yalnızca bireysel gelişime değil, aynı zamanda toplumların bilim ve teknoloji alanındaki ilerlemesine de katkı sağlar.

1.3.1.1.1 Bilim Merkezlerinin Yapısı ve Fonksiyonu

Bilim merkezleri, ziyaretçilerine insan anatomisinden yenilikçi teknolojilere, temel bilimsel kavramlardan uzay bilimine kadar geniş bir yelpazede keşif imkânı sunmaktadır. Bu merkezler, geleneksel öğrenme yöntemlerinin ötesinde, çok duyulu ve etkileşimli deneyimler aracılığıyla bilimsel kavramları keşfetme fırsatı vermektedir. Ziyaretçiler, çeşitli eğitim programlarına katılarak bilimsel deneyimlerini zenginleştirebilmektedir. DNA analizi, kimyasal deneyler, robotik uygulamalar ve moleküler yapı incelemeleri gibi

pratik atölye çalışmaları, öğrenmeyi eğlenceli bir aktiviteye dönüştürmektedir. Ayrıca bilim gösterileri, etkinlikler ve interaktif söyleşiler aracılığıyla bilimin büyüleyici dünyasını yakından tanıma imkânı bulmaktadırlar (www.tubitak.gov.tr).

Yapısal Özellikler

Bilim merkezleri, modern mimari yaklaşımlarla tasarlanarak inşa edilir. Bu yapılar, geniş ve aydınlık iç mekanlar, doğal ışığın etkin kullanımı ve kullanıcı dostu düzenlemeleriyle hem ziyaretçilerin konforunu hem de sergilerin etkin bir şekilde sunulmasını sağlar.

Farklı Bölümlere Ayrılmış Alanlar:

- **Sergi Alanları:** Bilim merkezleri, interaktif sergi alanlarıyla ziyaretçilerine deneysel öğrenme fırsatları sunarak bilimsel kavramları keşfetme imkânı sağlamaktadır. Bu merkezlerdeki sergiler, temel bilimlerden yeni teknolojilere, güncel bilimsel gelişmelerden yenilikçi uygulamalara kadar geniş bir tematik yelpaze sunmaktadır. Geleneksel öğretim yöntemlerinin ötesinde etkileşimli düzenekler kullanılmaktadır. Bu düzenekler arasında dijital uygulamalar, mekanik sistemler, elektronik cihazlar ve basit ahşap materyaller yer almakta, böylece bilimsel gerçekler ziyaretçilere farklı boyutlarıyla aktarılmaktadır (www.tubitak.gov.tr).

- **Atölye ve Laboratuvarlar:** Bilim merkezleri, çeşitli eğitsel aktiviteler aracılığıyla bilimsel içerikleri ziyaretçilerine aktarmaktadır. Bu merkezlerde düzenlenen temel etkinlikler arasında eğitim atölyeleri, ayaküstü atölyeler ve bilim gösterileri yer almaktadır. Özellikle eğitim atölyeleri, katılımcıların bilimsel konuları derinlemesine inceleyebildikleri, yaklaşık bir ila iki saat süren etkileşimli öğrenme ortamları sunmaktadır (www.tubitak.gov.tr).

- **Planetaryumlar ve Gözlemevleri:** Planetaryumlar, uzay bilimlerini ve gök cisimlerini interaktif bir şekilde deneyimleme imkânı sunan özel tasarım merkezlerdir. Bu yapıların en dikkat çekici özelliği, kubbe formundaki dev projeksiyon yüzeyleridir; bu sayede yıldızların, gezegenlerin ve diğer kozmik cisimlerin gerçeğe yakın hareketleri izleyicilere sunulabilmektedir. Özel olarak hazırlanan görsel içerikler aracılığıyla ziyaretçiler, uzayın derinliklerine,

mikroskobik dünyalara veya teknolojik sistemlerin içine sanal yolculuklar yaparak evrenin muhteşem düzenini keşfedebilmektedir (www.tubitak.gov.tr).

- **Dinlenme ve Sosyal Alanlar:** Bilim merkezinin sosyal alanları, ziyaretçilere kapsamlı hizmetler sunmaktadır. Merkez bünyesindeki kafeler, yeme-içme mekanları ve dinlenme alanları, misafirlerin temel ihtiyaçlarını karşılarken aynı zamanda sergi ve etkinlik turları arasında mola verme imkânı sağlamaktadır (www.tubitak.gov.tr).

Bilim merkezlerinin yapısı, işlevsel bir tasarım ve eğitici bir deneyim sunma amacıyla şekillenir. Yapılarının en dikkat çeken özelliği, sadece bilgi aktarma değil, aynı zamanda bireylerin bilimle doğrudan etkileşim kurmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda geniş ve ferah alanlar, teknolojik altyapılar ve interaktif düzenlemeler kritik bir rol oynar.

Bilim merkezlerinin yapısı, öğrenme süreçlerini destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Modern mimari, interaktif düzenlemeler ve bilimsel temaların bir araya gelmesi, bu mekanları hem eğitici hem de ilham verici kılar. Bu özellikler, bilim merkezlerini yalnızca bir sergi alanı değil, aynı zamanda toplumsal bilincin geliştiği, öğrenmenin eğlenceyle bütünleştiği benzersiz mekanlar haline getirir.

Bilim Merkezlerinin Fonksiyonları

Bilim merkezleri, toplumda bilimsel düşünme becerilerini geliştirmek, bilim ve teknolojiye olan ilgiyi artırmak ve bireylerin öğrenme süreçlerini desteklemek amacıyla tasarlanmış çok yönlü mekanlardır. Bu merkezler hem eğitim hem de eğlence odaklı etkinliklerle bireylerin bilimle daha yakından etkileşim kurmasını sağlar ve bilimsel farkındalığı derinleştirir. İşte bilim merkezlerinin öne çıkan temel işlevleri.

- **Bilim Okuryazarlığının Geliştirmek:** Bilimsel gelişmelerin toplum tarafından anlaşılır, erişilebilir ve değerli görülmesi, bilim okuryazarlığının yaygınlaşmasında kritik rol oynamaktadır. Bilim merkezleri, bu doğrultuda toplumun bilimsel farkındalığını artırmayı ve vatandaşların bilimsel süreçlere aktif katılımını teşvik etmeyi temel hedef olarak benimsemektedir. Bu kurumlar, bilimsel bilginin topluma aktarılması ve yaygınlaştırılmasında en etkili platformlardan biri olarak öne çıkmaktadır (Gencer, 2024).

- **Eğitim ve Öğrenme:** Bilim merkezleri, insan vücudunun gizemlerinden uzayın derinliklerine, doğa bilimlerinden teknolojik yeniliklere uzanan kapsamlı bir

bilimsel sergi ve deneyim alanı oluşturmaktadır. Bu merkezlerde bilimsel kavramlar, çok boyutlu öğrenme deneyimleri ve interaktif sergiler aracılığıyla ziyaretçilerin tüm duyularına hitap edecek şekilde tasarlanmıştır (Gencer, 2024).

- **Toplumda Bilim Kültürü Oluşturma:** TÜBİTAK, bilim merkezleri ile toplumumuzda bilim kültürünü yaygınlaştırmayı, toplumun bilime olan ilgi ve merakını artırmayı hedeflemektedir. Ülkemizde bilim merkezlerinin kurulmasını ve yıllar içinde sayılarının artırılmasını destekleyerek toplum ile bilimi buluşturmayı amaçlamaktadır. Ülkemizin pek çok yerinde atölye çalışmalarını desteklemekte, herkesin bilimin eğlenceli dünyasını keşfetmelerini sağlamak adına birçok çalışma yürütmektedir (www.tubitak.gov.tr).

1.3.1.1.2 Bilim Merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesi'ndeki Önemi ve Rolü

Bilim Merkezleri, Türkiye'nin Milli Teknoloji Hamlesi vizyonunun önemli unsurlarından biridir. Bu merkezler, genç nesillerin bilim ve teknoloji ile erken yaşlarda buluşmasını sağlayarak, ülkemizin teknoloji odaklı kalkınma hedeflerine katkıda bulunmaktadır (www.tubitak.gov.tr).

Ülkemizde bu merkezlerin varoluş amacı, bilimle toplum arasında bir köprü kurmaktır. Bu köprünün pasif bir bağlantı olmanın da ötesine geçerek toplumun bilime, bilimin de toplumu ulaşması konusunda önemli bir görev üstlenmiştir. Bu merkezler, genç nesillerin bilim ve teknoloji ile erken yaşta tanışmasını sağlayarak, onların mühendislik, robotik, yapay zekâ, yazılım ve enerji gibi çeşitli alanlarda kendilerini geliştirmelerine olanak tanır. Bu programlar sayesinde gençler hem teknoloji kullanımında yetkinlik kazanır hem de yenilikçi ve üretken bir bakış açısı geliştirir (Fensham, 2008).

Bilim merkezleri farklı yaş gruplarındaki ve çeşitli bilgi seviyelerindeki bireyleri bilimle bir araya getirerek, bilim ve teknolojiyi toplum için daha erişilebilir ve anlaşılır kılmayı amaçlamaktadır. Bu kurumlar, bilimsel farkındalığı artırmaya odaklanan, etkileşimli ve uygulamalı öğrenme deneyimleri sunan, ziyaretçileri keşif ve deneyimlemeye teşvik eden yapılardır. Kamu yararı öncelikli olan bu merkezler, ticari kaygı gütmeyen, kamu veya özel sektör finansmanı ile faaliyetlerini sürdürmektedir.

Bilim merkezleri, genç nesillere STEM alanlarında pratik deneyim kazandıran önemli eğitim platformları olarak öne çıkmaktadır. Bu eğitim üsleri, katılımcı öğrenme yöntemleriyle öğrencilerin analitik düşünme ve problem çözme yeteneklerini

geliştirmektedir. TÜBİTAK koordinasyonunda faaliyet gösteren bu merkezler, öğrencileri yerel ve global bilimsel projelere yönlendirerek, Milli Teknoloji Hamlesi'nin ihtiyaç duyduğu nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr).

1.3.1.1.3. Türkiye’de Bilim Merkezinin Ortaya Çıkışı ve Gelişim Süreci

Bilim müzelerinin tarihsel gelişimi 17. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Bu kurumlar, zaman içinde önemli dönüşümler geçirerek, günümüzün uygulamalı bilim merkezlerine dönüşmüştür (<https://politikakademi.org/>). Tarihsel süreç incelendiğinde bu tür merkezlerin yapılanmasında ve gelişiminde toplumların sahip oldukları sosyo-ekonomik, teknolojik ve bilimsel kültürel önemli bir etken olduğu ve bilim merkezinin gelişim süreçlerinin buna paralel bir şekilde seyrettiği gözlemlenmektedir.

Uygulamalı metodolojisinin müzecilik alanındaki ilk örneklerinden biri, 1888’de Berlin Bilim Müzesi’nde hayata geçirilmiştir. Bu yenilikçi yaklaşım, tarihi icatların fonksiyonel replikalarının üretilmesini ve ziyaretçilerin bu replikalarla etkileşime girmesini temel almıştır. Müze, geleneksel sergileme yöntemlerinin ötesine geçerek, ziyaretçilerine dokunsal ve deneyimsel öğrenme imkanları sunmuştur. Kurulan etkileşimli deney istasyonları sayesinde, bilimsel konseptler daha anlaşılır hale gelmiş ve öğrenme süreci daha etkin bir boyut kazanmıştır (<https://politikakademi.org/>).

Yaparak ve yaşayarak öğrenme yaklaşımı, yalnızca icatlara değil, aynı zamanda bilimsel prensiplerin uygulamalı olarak sergilenmesine de olanak tanımıştır. Bu süreç, deney düzenekleri adı verilen yeni bir bilim merkezi konseptinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu tarihsel gelişmeler sonucunda, günümüzdeki modern yapısına kavuşan bilim merkezleri, artık informal eğitim kurumları olarak tanımlanmaya başlamıştır.

Türkiye'nin modern anlamda ilk bilim merkezi, 23 Nisan 1993’te Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından açılan Feza Gürsey Bilim Merkezi’dir. Merkez, uluslararası bilim dünyasında tanınan ve çeşitli ödüllere layık görülen Türk bilim insanı Feza Gürsey’in adını taşımakta olup, toplumun bilimsel eğitimine katkı sağlamak amacıyla kurulmuştur.

1980’li yıllardan itibaren, bilim merkezlerinin yapısına “teknoloji” kavramı da eklenerek, geleceği şekillendiren bilim ve teknolojiyi bir arada ele alan bir model oluşturulmuştur. Bu bilim ve teknoloji merkezleri, çocukların ve gençlerin bilime ve

teknolojiye olan ilgisini artırmayı, bu alanlarda farkındalık yaratmayı ve enerjilerini bu yönde kullanmalarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu merkezlerde, görme, işitme ve dokunma gibi duyulara doğrudan hitap eden yöntemlerle etkili bir eğitim yaklaşımı uygulanmaktadır.

Türkiye'de bilim merkezlerinin kurulması ve işletilmesi sorumluluğu belediyelere verilmiştir. 2012'de düzenlenen Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında, öncelikle büyükşehirlerde, ardından 2023'e kadar tüm illerde bilim merkezi açılması kararlaştırılmıştır. Bu amaçla TÜBİTAK, 4003 numaralı proje ile belediyelere fon desteği sağlamaktadır. Bu projede belediyeler binaların yapımından sorumluyken, TÜBİTAK eğitim programları, sergi tasarımları ve deney ekipmanlarının sağlanması konularında destek vermektedir (<https://politikakademi.org/>).

TÜBİTAK bilim merkezleri, toplumda bilimsel farkındalığı artırmada önemli bir işlev görmektedir. Bu merkezlerin sayısının artırılması, kurumun öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır. 2012 yılında düzenlenen 23. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında bu konuda önemli kararlar alınmıştır. Bu kararlar doğrultusunda, özellikle genç nesillerin bilime olan ilgisini artırmak ve teknoloji kullanımında bilinçli bireyler yetiştirmek için çalışmalar başlatılmıştır (www.tubitak.gov.tr).

Türkiye'de bilim merkezlerinin yaygınlaştırılması planı doğrultusunda 2016'ya kadar tüm büyükşehirlerde, 2023'e kadar ise tüm illerde bilim merkezlerinin kurulması hedeflenmektedir. Bu projenin başarıya ulaşması için yerel yönetimlerle iş birliği yapılması öngörülmüştür. Bilim merkezlerinin etkin bir şekilde kurulması ve sürdürülebilir olması için TÜBİTAK koordinasyonunda, yerel yönetimler, üniversiteler, eğitim kurumları ve sivil toplum kuruluşlarının ortak çalışması gerekmektedir (www.tubitak.gov.tr).

Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi, 2011 yılında yerel yönetimlerin öncülüğünde kurulmuş ve Türkiye'nin ilk büyük ölçekli bilim merkezi olma özelliğini taşımaktadır. TÜBİTAK 4003 projesi öncesinde faaliyete geçen bu merkez, ülkemizdeki bilim merkezlerinin gelişimi açısından önemli bir mihenk taşı olmuştur. 12.000 metrekarelik kapalı alana sahip merkez, ziyaretçilerine zengin öğrenme ve deney imkanları sunmaktadır. Merkez bünyesinde 14 farklı alanda 270 deney düzeneği bulunmakta, ayrıca bir planetarium, iki sergi alanı ve iki bilimsel atölye sınıfı yer almaktadır. Merkezin kafeteryası da çocukların gelişimini gözeten bir anlayışla tasarlanmış olup, sağlıklı beslenmeyi teşvik eden ürünler sunmaktadır (bursabilimmerkezi.org).

Bilim merkezlerinin en önemli parçalarından biri, bilimsel kavramları somutlaştıran deney düzenekleridir. Bu düzenekler sayesinde ziyaretçiler, bilimsel ilkeleri bizzat deneyerek öğrenme şansı bulurlar. Özellikle fizik yasalarını anlatan etkileşimli düzenekler, öğrenmeyi hem keyifli hem de kalıcı hale getirmektedir (Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi).

Planetaryumlar, kubbe biçimindeki özel tasarlanmış ekranları ve konforlu oturma düzenleriyle, astronomi eğitimini görsel bir deneyime dönüştüren mekanlardır. Ziyaretçiler, uzay bilimleri ve gökyüzü hakkında bilgilendirici içerikleri keyifli bir şekilde izleyerek öğrenme fırsatı bulur. Bu mekanlar, özellikle genç nesillerde uzay bilimlerine yönelik merak uyandırmayı amaçlamaktadır. Bilim merkezlerinde düzenlenen gezici ve süreli sergiler ise, içeriğin sürekli yenilenmesini ve ziyaretçilerin tekrar gelmesini sağlar. Bu sergiler, belirli konulara odaklanarak bilimi günlük hayatla bütünleştirir ve toplumun bilime olan ilgisini dinamik tutar (bursabilimmerkezi.org).

Bilimsel atölyeler, yaparak ve yaşayarak öğrenmeyi teşvik eder. Belirli bir zaman diliminde, tamamen uygulamalı bir yaklaşımla gerçekleştirilen bu çalışmalar, ziyaretçilerin öğrenim süreçlerini daha anlamlı hale getirir. Örneğin, bir radyo yapma atölyesi, katılımcıların radyo frekanslarını öğrenirken kendi radyolarını tasarlamalarını sağlar.

Bilim merkezlerinde düzenlenen etkinlikler, insanların bilimsel merakını artırmakta ve onları yenilikçi projeler üretmeye teşvik etmektedir. Bu duruma somut bir örnek olarak, 2015 Bursa Bilim Şenliği kapsamında geliştirilen ve Microsoft'un desteğini alan "Eventsphere" projesi gösterilebilir. Bu ve benzeri başarı öyküleri, bilim merkezlerinin toplumsal dönüşüme katkısını somut biçimde göstermektedir (dergipark.org).

Bilim merkezleri, dünyada bilimin topluma yayılmasını ve bilimin bir yaşam kültürü haline gelmesini sağlayan önemli kurumlardan biri olmuştur. Türkiye’de ise son 10 yıl içinde bilim merkezleri giderek daha fazla önem kazanmış ve yaygınlaşmıştır. Bu merkezler, eğitimi desteklemenin ötesinde, bireylerde merak duygusunu uyandıran ve öğrenme sürecini ezberden çıkararak deneyim temelli bir yaklaşıma dönüştüren bir yapı sunmaktadır.

Bilim merkezleri, yalnızca öğrenmeyi kolaylaştırmak kalmaz; aynı zamanda bireylerin yenilikçi fikirler geliştirme ve proje üretme kapasitelerini de destekler. Bu yönüyle, gelecekte de insanlığın bilgi ve keşif arzusunu besleyen bir köprü olmayı

sürdüreceklerdir. Bilimsel ilkeleri ve yenilikleri toplumun her kesimine ulaştırma misyonuyla, bu merkezler, teknolojik gelişmelere ve değişen öğrenme ihtiyaçlarına uyum sağlayarak varlıklarını devam ettirecektir.

Her ne kadar formatları zamanla değişse de bilim merkezlerinin özü olan merak uyandırma, öğrenmeyi kolaylaştırma ve bilimi hayatın bir parçası haline getirme misyonu, gelecekte de önemini koruyacaktır. Bu durum, bilim merkezlerini yalnızca bir eğitim aracı değil, aynı zamanda bir kültürün taşıyıcısı haline getirmektedir. Bu nedenle, bilim merkezleri, toplumların bilgiyle şekillenmesine ve bireylerin kendi potansiyellerini keşfetmelerine katkı sağlayan önemli bir araç olmaya devam edecektir.

1.3.1.1.4. Dünyada Bilim Merkezlerinin Ortaya Çıkışı ve Gelişim Süreci

Dünya’da bilim merkezlerinin ortaya çıkışı ve gelişim süreci, tarih boyunca toplumların bilgiye olan ihtiyaçları, bilimsel merak ve teknolojik gelişmelerle şekillenmiştir.

Bilim merkezlerinin tarihsel süreçteki gelişimi iki ana dönemde incelenebilir. Koleksiyonculuk ve sergileme faaliyetlerin ön planda olduğu 17., 18. ve 19. yüzyılları kapsayan ilk dönemin başlangıcında, soylu sınıf antika eşyalar biriktirip bunları çevrelerindeki insanlarla paylaşmaktaydı. Eş zamanlı olarak akademik kurumlar ve tıp okulları da eğitim amaçlı bilimsel materyaller toplamaya başlamıştı. Bu koleksiyonlar, zaman içinde bugünkü doğa tarihi müzelerinin oluşmasına zemin hazırladı. Oxford Üniversitesi'nde 1683'te açılan The Ashmolean Museum, dünyanın ilk bilim müzesi olarak kabul edilmektedir ve günümüzde hala bilim tarihi müzesi olarak hizmet vermektedir (tubitak.gov.tr).

20. Yüzyıla gelindiğinde ise bilim müzeciliğinin önemli örneklerinden biri olan Deutsches Museum, 1903'te Münih'te açılmıştır. Müze, 40.000 metrekareyi aşan sergi alanı ve 10.000'den fazla farklı sergi konusuyla dikkat çekmektedir. Yılda 1,5 milyon ziyaretçinin gezdiği bu önemli bilim ve kültür merkezinde, 50 farklı bilim ve teknoloji alanından 28.000'i aşkın eser sergilenmektedir.

Bilim merkezlerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde, bu kurumların temelinde bilimsel bilginin topluma aktarılması amacının yattığı görülür. Bu merkezlerin yapısı ve gelişimi, bulundukları bölgelerin bilimsel altyapısı, teknolojik kapasitesi ve endüstriyel gelişmişlik düzeyi ile doğrudan ilişkilidir (Aktüre, 1989).

Chicago'nun Illinois eyaletinde bulunan Bilim ve Sanayi Müzesi (*Museum of Science and Industry - MSI*), 1933'te kapılarını açmış ve zamanla dünyanın önde gelen bilim ve teknoloji müzelerinden biri haline gelmiştir. Ziyaretçilerine bilimsel kavramları günlük yaşamla ilişkilendiren interaktif sergiler sunmaktadır(www.msichicago.org). Chicago Bilim ve Sanat Müzesi'nin eğitici rolü çok önemliydi. Hedef kitle çoğunlukla halk olmuştur. Ayrıca müzeler tarihi sanat veya doğa bilimleri müzeleri olsa bile eğitim rolü gizliden gizliye bir akım haline gelmiştir. Chicago Bilim ve Sanat Müzesi'nin herkes için bir müze olma yolundaki amacını belki de kendinden önceki diğer kuruluşlara göre daha iyi gerçekleştirmiştir (www.msichicago.org).

Franklin Enstitüsü, 19. yüzyılda eğitim odaklı çeşitli faaliyetler yürütmüştür. Bu dönemde özel okul programları, topluma açık seminerler, bilimsel atölyeler ve geçici sergiler düzenleyen kurum, 1920'li yıllarda kapsamlı bir bilim ve teknoloji müzesi kurma kararı almıştır. Bu girişimin sonucunda 1934'te Franklin Enstitüsü Bilim Müzesi ziyaretçilere kapılarını açmıştır. Müze, örgün eğitimi desteklemeyi ve yetişkinlere yönelik eğitim programlarını geliştirmeyi temel hedef olarak benimsemiştir (www.bilimsenligi.com)

1950'li yıllarda endüstriyel toplumda teknik gelişmeler hız kazanırken, bilim müzelerinin etkileşimli bilim merkezlerine dönüşüm süreci yavaş ilerlemiştir. Bu süreç 1960'ların başında tekrar hızlanmaya başlamıştır. Bu dönemde birçok önemli proje hayata geçirilmiş, ancak modern bilim merkezi anlayışının yaygınlaşmasında Frank Oppenheimer önemli bir rol oynamıştır. Oppenheimer, önce bilim eğitiminin geliştirilmesi için Fiziksel Bilim Eğitim Müfredatı ve İlköğretim Bilim Çalışması projelerinde görev almış, ardından yeni nesil bilim merkezlerinin öncüsü olan Exploratorium'un kuruluşuna öncülük etmiştir (Oppenheimer,1972).

1960'ların sonunda, modern bilim merkezlerinin öncüleri sayılan iki önemli kurum faaliyete geçmiştir. San Francisco'da kurulan Exploratorium ve Toronto'daki Ontario Bilim Merkezi, 1969 yılında açılarak dünya çapında benzer projelere ilham kaynağı olmuştur. Bu kurumlar, sergi ve eğitim yaklaşımlarıyla yeni nesil bilim merkezlerinin temelini atmıştır (Oppenheimer, 1972). Fizikçi ve eğitimci Dr. Frank Oppenheimer'ın kurduğu Exploratorium, öğrencilere geleneksel sınıf ortamının ötesinde deneyimsel öğrenme fırsatları sunmayı amaçlamıştır. Bu yenilikçi merkez, müzelerin informal eğitim alanlarına dönüşümünde önemli bir rol oynamıştır (tubitak.gov.tr).

Toronto'da 1969'da kurulan Ontario Bilim Merkezi, küresel ölçekte birçok bilim merkezine örnek olmuştur. Merkez, Exploratorium'un izinden giderek ziyaretçilerin aktif katılımını ve deneyimsel öğrenmeyi ön plana çıkaran modern bir anlayış geliştirmiştir. Toplam 50.000 metrekarelik kapalı alana sahip olan merkezin 13.000 metrekarelik sergi alanında, ziyaretçiler 800'ü aşkın farklı sergi ünitesiyle etkileşime girebilmektedir. (Ontario Science Centre,2015) Merkez bünyesinde iç mekân sergi salonlarının yanı sıra bir açık hava sergi alanı da bulunmaktadır. Geçici sergi salonu sayesinde hem Ontario Bilim Merkezi'nin hem de diğer bilim merkezlerinin özel sergilerine ev sahipliği yapılabilmektedir. Ziyaretçiler sergi alanlarının dışında eğitim bölümleri, planetarium, küçük tiyatro salonları, deney laboratuvarları ve IMAX Dome sinemasından da yararlanabilmektedir. Eğitim bölümlerinde öğrenci ve öğretmenler için çeşitli konularda aktiviteler düzenlenmektedir (Ontario Science Centre, 2015).

Ontario Bilim Merkezi, Toronto'da kurulduğu günden bu yana Exploratorium'un izinden giderek ziyaretçi etkileşimine dayalı yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu merkez, geleneksel müzecilik anlayışından farklı olarak tarihi eserlere yer vermek yerine, ziyaretçilerin aktif katılımını merkeze alan bir sergileme modeli benimsemiştir. Bu yaklaşımla birlikte klasik bilim müzesi kavramı yeniden şekillenmiş, bilimsel prensipler ve teknolojik gelişmelerin interaktif sergilerle anlatılması ön plana çıkmıştır (Ontario Science Centre, 2015).

Ontario Bilim Merkezi'ni özel kılan üç temel özellik bulunmaktadır. Öncelikle, kurum kendisini geleneksel müzelerden farklı bir konuma yerleştirmiştir. Ayrıca sergi alanlarında sadece fizik bilimleri ve teknoloji değil, biyoloji, tıp, Kanada'nın doğal yaşamı, astronomi ve uzay araştırmaları gibi geniş bir yelpazede içerik sunulmaktadır. Son olarak, binanın mimarisi başından itibaren bir bilim merkezi olarak hizmet vermek üzere özel olarak planlanmıştır (Ontario Science Centre, 2015).

Paris'te bulunan Universcience ise iki önemli bilim merkezinin bir araya gelmesiyle kurulmuştur. Bu merkez, Cite des Sciences et de l'Industrie ve Le Palais de la Decouverte'nin güçlerini birleştirmesiyle oluşan büyük bir bilim kompleksidir. Film tiyatrosu, modern kütüphane, konser salonu, ticari sergi salonları, spor ve diğer cezbedici faaliyetler oluşan bir kalkınma planının parçasıdır. Bilim ve teknoloji merkezi o kadar büyüktür, (32.000 metrekare) tek bir katta birçok küçük ve orta ölçekli bilim merkezinde içerebilir.

Tablo 1.1 Dünyanın Büyük Ölçekli Bilim Merkezleri

Bilim Merkezi	Konum
BM10 Bilim Merkezi	BM10, Türkiye
Gökmen Uzay ve Havacılık Eğitim Merkezi (GUHEM)	Bursa, Türkiye
BM1 Bilim Merkezi	BM1, Türkiye
Center of Science and Industry (COSI)	Columbus, Ohio, ABD
Liberty Bilim Merkezi	New Jersey, ABD
Museum of Science & Industry (MOSI)	Tampa, Florida, ABD
Ontario Bilim Merkezi	Toronto, Kanada
Exploratorium	San Francisco, ABD
La Cité des Sciences et de l'Industrie	Paris, Fransa
CosmoCaixa Madrid	Madrid, İspanya
Glasgow Science Centre	Glasgow, İngiltere
Science Museum	Londra, İngiltere
Technopolis	Mechelen, Belçika
Phaeno	Wolfsburg, Almanya
Techniquest	Cardiff, İngiltere
Ciudad de las Artes y las Ciencias (CAC)	Valensiya, İspanya

Bilim merkezleri, 20. yüzyıldan başlayarak dünya genelinde hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. 2000 yılında küresel ölçekte 1.200 olan bilim merkezi sayısı, on yıl içinde iki katına çıkarak 2.400'e ulaşmıştır (tubitak.gov.tr) Bu artış, toplumların bilime olan ilgisinin ve bilim merkezlerinin sosyal etkisinin güçlendiğini göstermektedir. 2016 yılında sadece 181 bilim ve teknoloji merkezinin 67 milyondan fazla ziyaretçi ağırlaması, bu ilginin somut bir göstergesidir. Günümüzde dünya çapında yaklaşık 3.000 bilim merkezi aktif olarak çalışmakta ve bu merkezler yıllık 300 milyon civarında ziyaretçi çekmektedir

(tubitak.gov.tr) Bu da bilim merkezlerinin modern toplumların eğitim ve eğlence ihtiyaçlarını karşılama konusundaki rolünün giderek daha fazla benimsendiğini ortaya koymaktadır. Her yıl farklı ülkelerde, çeşitli büyüklüklerde yeni bilim merkezleri kurulmaya devam etmektedir. Bu durum, bilime olan ilginin küresel ölçekte sürdüğünü ve farklı kültürlerin bilimle buluştuğu yeni platformların yaratıldığını göstermektedir. Bilim merkezlerinin bu yoğun ilgiyi sürdürebilmesi ve okul grupları ile bireylerin tercih ettiği yerler arasında kalabilmesi için bilimi eğlenceli, etkileyici ve ilgi çekici bir şekilde sunmaları önemlidir. Bu nedenle, bilim merkezleri yalnızca bilimi öğretmekle kalmamalı, aynı zamanda merak duygusunu harekete geçirerek ziyaretçileri aktif bir şekilde sürece dahil etmelidir.

Dünyadaki bilim müzeleri ve bilim merkezinden tarihsel süreçleri incelendiğinde kurulum ve gelişimlerini oluşturan temel dinamiğin, bilimsel kültürel sonucu ortaya çıkan bilgi ve olguların toplumsal paylaşma isteği olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bölgenin bilimsel dinamiklerini ve bunun sonucu ortaya çıkan teknoloji sanayi, o bölgedeki bilim merkezine şekillenmesini etkileyerek değerlerinden farklı ve kendine has bir yapıya bürünmesine neden olmuştur.

1.3.1.2 DENEYAP ATÖLYELERİ

Deneyap atölyeleri, gençlerin teknoloji alanındaki yeteneklerini geliştirmek için oluşturulmuş öğrenme merkezleridir. Bu merkezlerde öğrenciler, proje temelli bir yaklaşımla teknoloji üretme, sorun çözme ve yenilikçi düşünme konularında deneyim kazanmaktadır. Bu atölyeler, öğrencilerin gerçek hayat problemlerine çözüm üretebilecekleri pratik bir öğrenme ortamı sunmaktadır (Deneyap, 2023).

Öğrenciler, proje tabanlı eğitim sürecinde problemleri farklı açılardan değerlendirmeyi öğrenmekte ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirmektedir. Bu süreçte gençler, mühendislik yaklaşımıyla tasarım yapma, bilimsel bakış açısıyla analiz etme ve girişimci gözüyle değerlendirme yapma fırsatı bulmaktadır. Bu deneyimler, teknik becerilerin yanı sıra özgüven, ekip çalışması ve problem çözme gibi sosyal becerilerin gelişimine de katkı sağlamaktadır.

Bu eğitim modeli, gençleri teknolojinin sadece kullanıcısı değil, aynı zamanda üreticisi olarak yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Böylece atölyeler, gelecekte bilim, mühendislik ve girişimcilik alanlarında çalışmak isteyen gençler için önemli bir başlangıç noktası oluşturmaktadır (Türkiye Eğitim Vakfı, 2023).

1.3.1.2.1. Deneyap Atölyelerinin Yapısı ve Fonksiyonu

Deneyap atölyeleri, gençlerin teknoloji alanındaki yeteneklerini geliştirmek için oluşturulmuş, uygulamalı eğitim veren öğrenme merkezleridir. Bu merkezlerde öğrenciler, teknoloji üretme, sorun çözme ve yenilikçi düşünme konularında kendilerini geliştirme fırsatı bulmaktadır.

Bu atölyeler, teknoloji eğitiminin ötesinde, öğrencilerin günlük hayattaki problemlere çözüm üretebilecekleri bir inovasyon platformu olarak hizmet vermektedir. Öğrenciler burada teorik bilgilerini pratiğe dökme imkânı bulmakta, projeler üzerinde çalışırken hem yaratıcı hem de sistematik düşünme becerilerini geliştirmektedir. Bu süreçte öğrenciler, mühendislik, bilimsel analiz ve girişimcilik perspektiflerini bir arada kullanmayı öğrenmektedir. Ayrıca bu atölyeler, öğrencilere takım çalışması deneyimi de sunmaktadır. Grup projeleri aracılığıyla öğrenciler, farklı fikirleri değerlendirmeyi, etkili iletişim kurmayı ve ortak hedefler doğrultusunda çalışmayı öğrenmektedir (deneyap.org).

- **Eğitim Alanları:** Deneyap atölyelerinde öğrenciler, çalışma alanlarında projeler geliştirebilmektedir. Bu alanlarda 3D yazıcılar, elektronik devre setleri ve robotik kitler gibi çeşitli donanımlar bulunmaktadır (Deneyap Türkiye, 2023).
- **Mentörlük Sistemi:** Atölyelerdeki öğretmenler, öğrenme süreçlerini kolaylaştırarak ve proje geliştirme aşamalarında yol göstererek öğrencilere birebir rehberlik etmektedirler (Deneyap Türkiye, 2023).
- **Proje Tabanlı Çalışmalar:** Öğrenciler atölyelerde sürdürülebilirlik, çevre koruma ve enerji verimliliği alanlarında çeşitli projeler hazırlamaktadır. Bu çalışmalar hem topluma katkı sağlamakta hem de öğrencilerin kendilerine olan güvenini artırmaktadır (Deneyap Türkiye, 2023).

Deneyap Atölyelerinin Fonksiyonları: Deneyap atölyeleri, öğrencilerin teknoloji alanında kendilerini geliştirebildikleri ve yaratıcı projeler üretebildikleri eğitim merkezleridir (deneyap.org). Atölyelerin başlıca işlevleri şunlardır:

- **Teknolojik Yetkinlik Kazandırma:** Öğrencilerin yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT) ve yazılım geliştirme gibi ileri teknolojilere yönelik bilgi ve beceriler kazanmalarını sağlar (UNESCO, 2021).

- **İnovasyon ve Girişimcilik:** Atölyelerde geliştirilen projeler, öğrencilerin yenilikçi düşünme ve girişimcilik becerilerini artırır. Bu projeler, ulusal ve uluslararası yarışmalarda yer alarak tanıtılır (Deneyap Türkiye, 2023).

- **STEM Alanlarına Yönlendirme:** Atölyeler, öğrencilerin mühendislik ve teknoloji gibi STEM alanlarına olan ilgilerini artırır. Bu süreç, uzun vadede nitelikli iş gücüne katkıda bulunur.

Bilim merkezleri ve Deneyap atölyeleri, toplumsal gelişimi destekleyen önemli eğitim ve öğrenme alanlarıdır. Bu yapılar, yalnızca bilim ve teknolojinin yaygınlaştırılmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bireylerin yaratıcı ve analitik düşünme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Fiziksel ve teknolojik altyapılarıyla bu merkezler, toplumun farklı kesimlerine hitap ederken, sundukları eğitim programlarıyla bireylerin potansiyellerini açığa çıkarmalarına yardımcı olur.

1.3.1.2.2 Deneyap Atölyelerinin Milli Teknoloji Hamlesindeki Önemi ve Rolü

Deneyap Atölyeleri, ortaokul ve lise öğrencilerine yönelik 3 yıllık teknoloji eğitim programları sunmaktadır. Bu programlarda öğrenciler robotik, yapay zekâ, elektronik, enerji teknolojileri, havacılık ve uzay alanlarında ileri düzey eğitimler almaktadır (genclikhizmetleri).

Bu eğitim merkezleri, ülkemizin yerli teknoloji üretim kapasitesini geliştirmeyi amaçlamaktadır. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Gençlik ve Spor Bakanlığı, TÜBİTAK ve Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı'nın ortak çalışmasıyla yürütülen atölyeler, 81 ilde faaliyet göstermektedir. Temel hedef, gençleri uluslararası alanda rekabet edebilecek donanıma kavuşturmadır (t3vakfi.org).

Bu merkezlerde gençler, bilimsel süreçleri uygulamalı olarak deneyimlemekte ve kalıcı öğrenme sağlanmaktadır. Hazırlanan atölye çalışmaları ve eğitim programları, her yaş grubundan katılımcıya açıktır. Özellikle gençlerin bilim ve teknolojiye olan ilgisini artırmak için laboratuvar çalışmaları düzenlenmektedir (t3vakfi.org).

Bilim merkezleri, öğrencilerin derslerde öğrendikleri teorik bilgileri uygulama fırsatı buldukları interaktif öğrenme alanlarıdır. Bu merkezler, çocukların ve gençlerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmeyi, teknolojiye olan ilgilerini artırmayı ve yenilikçi fikirler üretmelerini desteklemeyi amaçlamaktadır. Özellikle deneysel ve uygulamalı eğitim yöntemleriyle, katılımcıların araştırma-geliştirme yeteneklerini güçlendiren bu

merkezler, okul dışı öğrenme ortamları sunarak toplumun bilim ve teknolojiyi daha iyi kavramasına katkı sağlamaktadır (deneyap.org).

Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında, teknoloji okuryazarlığı yüksek gençler yetiştirmek hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, teknolojiye ilgi duyan gençlere gerekli imkanlar ve rehberlik hizmetleri sunulmaktadır.

2023 Sanayi Strateji Planı çerçevesinde, bilim merkezlerinin tüm illerde yaygınlaştırılması planlanmıştır. İlk aşamada büyükşehirlerde kurulan merkezlerin, yerel yönetimlerle iş birliği içinde 2023 yılı sonuna kadar tüm şehirlere yayılması öngörülmüştür (Sanayi Strateji Bel. 2023).

Bilim Merkezi Kurulması Destek Programı, büyükşehir belediyeleri ile TÜBİTAK arasında yapılan proje anlaşmaları çerçevesinde yeni bilim merkezlerinin kurulmasını amaçlamaktadır. Program, 4003 kodlu destek kapsamındaki projelerin finansmanını, takibini, sonuçlandırılmasını ve denetimini içermektedir. Bu süreçte teknik, mali ve idari konulardaki tüm kurallar ve işleyiş prosedürleri TÜBİTAK tarafından yürütülmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

TÜBİTAK, ulusal bilim ve teknoloji politikalarının geliştirilmesi ve uygulanmasında kilit bir role sahiptir. Kurum, toplumun farklı kesimleri ve ilgili kurumlarla iş birliği yaparak ülkemizin rekabet gücünü ve refah düzeyini yükseltmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda Ar-Ge çalışmalarını desteklemekte ve yürütmekte, gerekli altyapı olanaklarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır Bilimsel farkındalığın artırılması amacıyla birçok büyükşehirde bilim merkezlerinin kurulmasına öncülük te etmiştir. Ayrıca bilim ve teknoloji kültürünün yaygınlaşması için çeşitli projeler geliştirmektedir. Bu kapsamda Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu kararıyla Bilim ve Toplum Proje Destekleme Programı başlatılmıştır (<https://tubitak.gov.tr/tr>).

1.3.1.2.3 Türkiye’de ki Deneyap Atölyeleri Ortaya Çıkışı ve Gelişim Süreci

Deneyap Atölyeleri, ülkemizin teknoloji üretim kapasitesini geliştirmeyi hedefleyen yenilikçi bir eğitim programıdır. Bu program, gençlerin teknoloji alanındaki yeteneklerini keşfetmelerine ve geliştirmelerine olanak sağlayarak, gelecekte ihtiyaç duyulacak mühendis, yazılımcı ve girişimcilerin yetişmesine katkıda bulunmaktadır. Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı (T3 Vakfı) ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın ortak

çalışmasıyla 2017'de başlatılan atölyeler, pilot uygulamalardan sonra ülke genelinde yaygınlaşmıştır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019).

Deneyap Atölyeleri, 2019 yılında başlayan "Deneyap Türkiye" programıyla birlikte ülke çapında yaygınlaşmıştır. İlk etapta sınırlı sayıda şehirde faaliyete başlayan atölyeler, 2024 itibarıyla Türkiye'nin 81 iline ulaşmıştır. Bu süreçte:

- Eğitim altyapısının iyileştirilmesi,
- Eğitimcilerin teknoloji alanında geliştirilmesi,
- Milli teknoloji hamlesine uygun projelerin desteklenmesi gibi birçok adım atılmıştır (Deneyap, 2023).

Deneyap Atölyeleri, gençlerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirerek teknolojik girişimcilik ruhunu aşılamıştır. Ayrıca, atölyelere katılan öğrencilerin ulusal ve uluslararası yarışmalarda başarı göstermesi, projenin etki alanını artırmıştır. Bu mezunlar, Türkiye'nin yerli ve milli teknolojilerine katkı sağlayan projelerde aktif roller üstlenmektedir.

1.3.1.3 KEŞİF KAMPÜSÜ

T3 Vakfı'nın eğitim alanındaki önemli girişimlerinden biri olan Keşif Kampüsü, çocuklar için özel olarak tasarlanmış bir bilim ve teknoloji merkezidir. Bu merkez, genç nesillerin merak duygusunu besleyerek, onların bilimsel düşünme ve araştırma yeteneklerini geliştirmeyi hedeflemektedir (Keşif Kampüsü)

Kampüs bünyesinde ilkokul ve ortaokul öğrencilerine yönelik çeşitli öğrenme alanları yer almaktadır. Bu alanlarda öğrenciler doğa bilimleri, fizik, matematik, kimya gibi temel bilimlerin yanı sıra teknoloji, astronomi ve havacılık konularında da eğitim görmektedir. Ayrıca sanat ve müzik gibi yaratıcı faaliyetlerle desteklenen atölyelerde, çocuklar uygulama yaparak ve bizzat deneyimleyerek öğrenme imkânı bulmaktadır. (<https://www.kesifkampusu.org/tr/>).

Eğitim modeli, hafta içi ve hafta sonu olmak üzere iki farklı program sunmaktadır.

- **Hafta İçi Modeli:** 1-8. sınıf öğrencileri okul gruplarıyla birlikte "Eğitimde Farklı 1 Gün" kapsamında tam gün atölye çalışmalarına katılım sağlamaktadır (<https://www.kesifkampusu.org/tr/>).

- **Hafta Sonu Modeli:** 4. ve 5. sınıf seviyesindeki öğrencilere yöneliktir. Bu programa, sınav ve proje değerlendirmelerinde başarı gösteren öğrenciler kabul

edilmekte ve iki yıl süresince toplam 384 saatlik uygulamalı eğitim almaktadır (<https://www.kesifkampusu.org/tr/>).

Ülkemizdeki Keşif Kampüsü projesinin ilk örneği Gaziantep'te faaliyete geçmiştir. 2022 yılında öğrencilerini kabul eden bu eğitim merkezi, yerel yönetimler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarının ortak çalışmasıyla kurulmuştur. Projenin paydaşları arasında Gaziantep Valiliği, Büyükşehir Belediyesi, T3 Vakfı, İl Milli Eğitim Müdürlüğü ile şehrin üç büyük üniversitesi olan Gaziantep, Hasan Kalyoncu ve SANKO Üniversiteleri yer almaktadır. (gaziantep.gov.tr)

Keşif Kampüsü, çocuklarda bilimsel merak uyandırmayı ve teknolojiye yönelik ilgiyi güçlendirmeyi amaçlarken, aynı zamanda onların duygusal ve sosyal yönden gelişimlerine katkı sağlamaktadır. Kampüs bünyesinde yer alan DENEYAP Teknoloji Atölyesi ve Girişimcilik Atölyesi, öğrencilerin çeşitli alanlardaki yeteneklerini keşfetmelerine ve geliştirmelerine fırsat sunmaktadır (<https://www.kesifkampusu.org/tr/>).

1.3.1.4 TEKNOFEST

TEKNOFEST, havacılık, uzay ve teknoloji alanlarında toplumsal farkındalık oluşturmayı amaçlayan ulusal bir festivaldir. T3 Vakfı ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde organize edilen bu etkinlik, çok sayıda kamu kurumu ve özel şirketin katkılarıyla yıllık olarak düzenlenmektedir. 2018'den bu yana gerçekleştirilen festival, genç nesillere teknoloji ve inovasyon alanındaki olanakları tanıtmayı hedeflemektedir (ogrencigundemi.com).

Festival kapsamında; teknoloji yarışmaları, hava gösterileri, konferanslar, sergiler, söyleşiler ve konserler gibi pek çok etkinlik düzenlenmektedir. Etkinlikler, toplumda bilim ve teknolojiye olan ilgiyi artırmayı, geleceğin teknoloji liderlerini yetiştirmeyi ve Türkiye'nin teknolojik bağımsızlık hedeflerini desteklemeyi amaçlamaktadır.

TEKNOFEST, geniş bir yaş grubuna hitap eden yarışmalar sunmaktadır. İlkokuldan üniversite sonrası seviyeye kadar katılımcılar için Akıllı Ulaşım Sistemleri, Eğitim Teknolojileri, Çevre ve Enerji Teknolojileri, Robotik ve Yapay Zekâ gibi pek çok farklı kategoride yarışmalar düzenlenir.

TEKNOFEST, her yıl farklı illerde düzenlenerek yerel katılımı güçlendirmeyi ve teknoloji fırsatlarını ülke geneline yaymayı amaçlamaktadır. 2019'da İstanbul'da gerçekleşen festivalde, 19 farklı kategorideki yarışmalara 81 il ve 122 ülkeden 50 bini

aşkın yarışmacı katılım göstermiştir. Festival, aynı zamanda Türkiye'nin havacılık ve uzay alanındaki yeteneklerini gösterme ve yenilikçi gençler yetiştirme misyonunu da üstlenmektedir.

TEKNOFEST yarışmaları, ilkokuldan lisansüstü öğrencilerine kadar geniş bir katılımcı kitlesine ev sahipliği yapmaktadır. Bu organizasyonda katılımcılar, akıllı ulaşım sistemleri, eğitim teknolojileri, çevre ve enerji teknolojileri ile robotik ve yapay zekâ gibi çağın gerektirdiği farklı alanlarda projelerini sergilemektedir.

TEKNOFEST her sene farklı illerde organize edilerek, yerel katılımı güçlendirmeyi ve teknoloji etkinliklerini ülke geneline yaymayı amaçlamaktadır. Festival, aynı zamanda Türkiye'nin havacılık ve uzay alanındaki yeteneklerini tanıtmakta ve genç kuşakların inovasyon kültürünü benimsemesi için önemli fırsatlar sunmaktadır (www.karar.com).

Şekil 1.1 TEKNOFEST Proje Başvuru İstatistikleri



1.3.1.5 MİLLİ TEKNOLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Milli Teknoloji Genel Müdürlüğü, Türkiye'nin teknolojik özerklik vizyonunda önemli sorumluluklar üstlenen bir devlet kurumudur. Kuruluşun temel amacı, yerli teknoloji üretimini destekleyerek ve yenilikçi çözümler geliştirerek ülkenin kalkınma sürecine katkı sağlamaktır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

Öncelikli hedefleri, katma değeri yüksek ürünlerle ekonomik kalkınmayı desteklemek ve dışa bağımlılığı azaltmak olarak belirlenmiştir.

Çalışma Alanları ve Hedefler

- 1. Yerli ve Milli Teknoloji Üretimi:** Milli Teknoloji Genel Müdürlüğü, ülke kaynaklarını etkin kullanarak savunma, enerji, sağlık, ulaşım ve uzay alanlarında ileri teknoloji üretimini desteklemektedir (T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi, 2023).
- 2. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge):** Kurumun öncelikli hedefleri arasında Ar-Ge projelerine yatırım yaparak akademi-sanayi iş birliğini güçlendirmek, böylece yenilikçi fikirlerin uygulamaya geçirilmesini ve teknoloji transferini kolaylaştırmak yer almaktadır (T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi, 2023).
- 3. Girişimcilik ve Teknoloji Ekosistemi:** Genel Müdürlük, startup'lara ve girişimcilere yönelik destek programları ile yenilikçi projeleri teşvik etmekte ve teknoloji odaklı ekonomik gelişimi desteklemektedir (T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi, 2023).
- 4. Dijital Dönüşüm:** Kurum, kamu ve özel sektörün dijitalleşme süreçlerini yönetmekte, bu kapsamda veri güvenliği, yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır (T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi, 2023).
- 5. Uluslararası İş Birlikleri:** Teknoloji transferi ve uluslararası iş birlikleri yoluyla Türk teknoloji ürünlerinin küresel pazarda rekabet gücünü artırmayı hedeflemektedir (T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi, 2023).

Önem ve Katkıları

Milli Teknoloji Genel Müdürlüğü, ülkemizin teknolojik bağımsızlığını artırmak ve önemli sektörlerde dış kaynak kullanımını en aza indirmek için önemli çalışmalar yürütmektedir. Savunma teknolojileri, siber güvenlik sistemleri, yapay zekâ uygulamaları ve uzay araştırmaları alanlarındaki gelişmeler, Türkiye'nin güvenliğini ve ekonomik gelişimini desteklemektedir (dergipark.org.).

Bu kapsamda müdürlük; bilimsel araştırmalar, yenilikçi teknolojik çözümler ve sürdürülebilir üretim modelleriyle Türkiye'yi küresel rekabetin önemli bir aktörü haline getirme misyonu taşır.

1.3.1.6 MİLLİ TEKNOLOJİ ATÖLYELERİ

Milli Teknoloji Atölyeleri, Türkiye'nin teknolojik kalkınma sürecine destek olmak için kurulan modern eğitim merkezleridir. Bu merkezler, farklı yaş gruplarından

katılımcıların teknoloji ile tanışmasını sağlayarak yaratıcı düşünceyi desteklemekte, teknik yetkinlikleri geliştirmekte ve dijital becerilerin toplumda yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu atölyeler, toplumun her kesiminden bireylerin teknoloji eğitimine eşit şartlarda ulaşmasını ve öğrendiklerini uygulamaya geçirmesini sağlamaktadır (www.sanayi.gov.tr).

Milli Teknoloji Atölyelerinin Amaçları:

- 1. Yenilikçi Düşünceyi Teşvik Etmek:** Katılımcılar, çeşitli etkinliklerle problem çözme ve yaratıcı düşünme yeteneklerini geliştirirler. Bu süreç, özgün proje ve ürünlerin ortaya çıkmasına katkı sağlar (tubitak.gov.tr).
- 2. Teknik ve Mesleki Gelişim Sağlamak:** Robotik, kodlama, yapay zekâ, üç boyutlu tasarım ve elektronik alanlarında verilen eğitimler, katılımcıların mesleki tercihlerine ve kariyer planlarına yön vermektedir (tubitak.gov.tr).
- 3. Teknoloji Okuryazarlığını Yaygınlaştırmak:** Teknoloji atölyeleri, bireylerin dijital dünyaya uyumunu kolaylaştırarak teknoloji kullanım becerilerini güçlendirir (tubitak.gov.tr).
- 4. Toplumda Bilim ve Teknoloji Kültürünü Yaymak:** Bu merkezler, uygulamalı projeler yoluyla bilimsel bilginin pratiğe dökülmesini sağlar ve toplumun teknoloji kültürünü zenginleştirir (tubitak.gov.tr).

Çalışma Alanları:

- **Kodlama ve Yazılım:** Katılımcılara temel yazılım geliştirme becerileri kazandırılır ve bilgisayar programlama öğretilir.
- **Robotik ve Otomasyon:** Robot tasarımı ve programlanması üzerine pratik eğitimler sunulur.
- **Yapay Zekâ ve Veri Analitiği:** Geleceğin teknolojilerinden biri olan yapay zekâyı tanıma ve veri analiz tekniklerini öğrenme fırsatı sunar.
- **3D Tasarım ve Baskı Teknolojileri:** Katılımcılar, 3D modelleme yapmayı öğrenerek teknolojik tasarımlarını hayata geçirebilirler.
- **Elektronik ve Mekatronik:** Elektronik devre tasarımı ve mekatronik sistemler üzerine uygulamalı bilgiler sunulur (tubitak.gov.tr).

Milli Teknoloji Atölyelerinin Önemi

Milli Teknoloji Atölyeleri, gençlerin teknolojiye olan ilgisini destekleyerek yeni neslin teknolojik yeteneklerini geliştirmesine katkı sağlamaktadır. Bu program, Türkiye'nin yerli teknoloji üretme kapasitesini artırırken, katılımcıların kariyer fırsatlarını genişletmekte ve ülkenin teknoloji altyapısını iyileştirmektedir. Bu atölyelerde edinilen pratik deneyim ve bilgiler, gençlerin iş hayatına daha hazır bir şekilde adım atmalarını sağlamaktadır (Eczacıbaşı, 2021).

Toplum ve Gelecek İçin Katkıları:

- Teknoloji tabanlı bir nesil yetiştirilmesine katkıda bulunur.
- Yerel ve ulusal kalkınma hedeflerine yönelik insan kaynağı oluşturur.
- Eğitim ve teknoloji arasında bir köprü görevi görerek bilgiye erişimi yaygınlaştırır (tubitak.gov.tr).

Bu atölyeler, bireylerin sadece birer teknoloji kullanıcısı olmanın ötesine geçerek yenilikçi fikirler üreten ve teknoloji geliştiren bireyler haline gelmelerini amaçlar. Bu doğrultuda hem bireysel hem de toplumsal düzeyde önemli bir dönüşümün başlangıç noktası olarak değerlendirilebilir.

1.3.1.7 MİLLİ TEKNOLOJİ AKADEMİSİ

Milli Teknoloji Akademisi (MTA), Türkiye'nin teknoloji alanında ihtiyaç duyduğu nitelikli insan kaynağını yetiştirmek ve yerli teknoloji üretimini desteklemek için oluşturulmuş bir eğitim merkezidir. Akademi, Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında teknoloji odaklı eğitimler ve girişimcilik programları sunarak katılımcıların teknik bilgi ve yeteneklerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (<https://www.sanayi.gov.tr>)

Akademi bünyesinde yapay zekâ, robotik, siber güvenlik, savunma teknolojileri, enerji sistemleri, uzay araştırmaları ve biyoteknoloji alanlarında özel eğitim programları düzenlenmektedir. MTA, gençlerin bu alanlarda kariyer gelişimini desteklemek için düzenli olarak seminerler, uygulamalı atölyeler ve yarışma etkinlikleri organize etmekte ve katılımcıların uygulama tecrübesi edinmesine olanak sağlamaktadır (<https://www.turkiyeteknolojitaakimi.org>).

Bunun yanı sıra, özel sektör ve kamu kurumlarıyla iş birliği yaparak mezunların istihdam olanaklarını artırmayı da hedefler.

Milli Teknoloji Akademisi'nin Önemi

Milli Teknoloji Akademisi, Türkiye'nin yerli teknoloji üretimini artırması ve uluslararası teknoloji alanında daha etkili bir konuma ulaşması için çalışmalarını sürdürmektedir. Akademi bünyesinde teknolojik özerklik hedefi doğrultusunda eğitim alan gençler, ülkemizin teknoloji üretim gücünü artıracak önemli değerler olarak değerlendirilmektedir (<https://www.cumhurbaskanligi.gov.tr>). Milli Teknoloji Akademisi gibi girişimlerin, ülkemizin teknolojik kalkınma yolculuğunda daha geniş çapta yaygınlaşması gerekmektedir. Bu tür yapılar, sadece bireysel gelişime değil, aynı zamanda ulusal hedeflere de büyük katkılar sağlayacaktır.



İKİNCİ BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri Zarflama Analizi (VZA), üretim sınırlarını değerlendirmek için yöneylem araştırmalarında ve ekonomide kullanılması tercih edilen parametrik olmayan bir analiz tekniğidir (Koengkan vd., 2022). Bu analiz yöntemi, şirketlerin, kurumların veya bu kurumların alt birimleri gibi karar verme birimlerinin (KVB'lerin) üretim verimliliğini sayısal verilerle ölçmeyi sağlar (Nepomuceno vd., 2023).

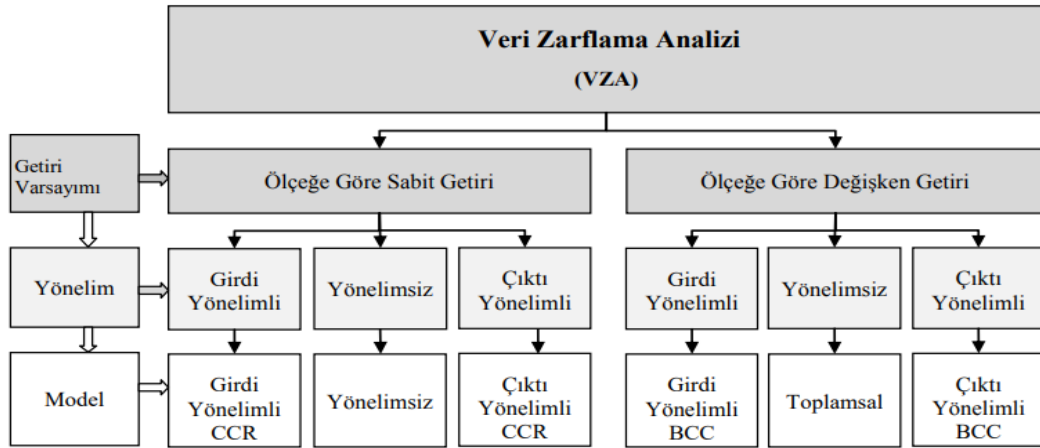
VZA, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında önerilmiş olup, sağlık hizmetleri, ulaşım, finans ve daha birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, birden fazla girdinin ve çıktının yer aldığı üretim süreçlerini ele almakta oldukça yararlıdır; çünkü geleneksel istatistiksel tekniklerle başa çıkması zor olan bu durumları yönetebilir.

VZA, doğrusal programlama temeline dayanan ve parametrik olmayan yöntemler arasında en yaygın kullanılan tekniklerden biridir. Bu yöntem, çoklu girdi ve çıktı değişkenlerini dikkate alarak, girdilere ve/veya çıktılara dayalı göreceli etkinlik ölçümünü gerçekleştirmeyi mümkün kılar. VZA, aynı tür girdileri ve çıktıları kullanan KVB'lerin göreceli etkinliklerini karşılaştırmak için kullanılır ve bu açıdan performans değerlendirme süreçlerinde önemli bir araçtır (Özden, 2010:743).

VZA, matematiksel programlama yöntemlerini kullanarak çalışan sayısı ve sermaye gibi girdi faktörleriyle, satış miktarı ve hizmet kalitesi gibi çıktı faktörlerini aynı anda analiz edebilen bir yöntemdir (Banker vd., 1984). Bu özelliği sayesinde VZA hem özel şirketlerde hem de kamu kurumlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Cooper vd., 2007).

VZA, parametrik yöntemlerden farklı olarak, her birimi sadece en yüksek performans gösteren birimlerle kıyaslar. Bu sayede her birimin, en iyi örneklerle göre ne durumda olduğu açıkça görülür. Bu durum, birimlerin hangi alanlarda gelişime ihtiyaç duyduğunu ve verimliliği artırmak için ne tür adımlar atılması gerektiğini belirlemeyi kolaylaştırır (Özden, 2008) Bu yöntem, özellikle performans iyileştirmeye yönelik öneriler geliştirmek için kullanılabilir. VZA'nın en dikkat çeken özelliklerinden biri, birimler arasında hangi girdilerin daha verimli kullanıldığını ve hangi çıktıların artırılması gerektiğini öne çıkarmasıdır.

Şekil 2.1 Veri Zarflama Analizi Modelleri



(Karaali, 2001; Akt. Demirci,2018)

2.1 VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

VZA tekniği, KVB'lerin etkinliğini değerlendirmek için kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Matematiksel temelleri, doğrusal cebir ve optimizasyon teorisine dayanır. VZA'nın temel amacı, girdi ve çıktılar arasındaki ilişkileri inceleyerek en etkin birimleri belirlemektir

VZA, iki önemli özelliğiyle öne çıkmaktadır (Kazançoğlu, 2008):

1. İstatistiksel bir dağılım varsayımı gerektirmediğinden **deterministiktir** ve istatistiksel bir yapıya dayanmaz.
2. Girdi ve çıktı arasındaki ilişki için belirli bir fonksiyonel yapı varsayımında bulunmadığından **parametrik değildir**.

Bu yöntem, birden fazla girdi ve çıktıyı dikkate alarak doğrusal bir çerçevede birleştirme işlemi gerçekleştirir. Karar birimlerine ait girdilerin ağırlıklı toplamı şu formülle hesaplanır:

$$\text{Ağırlıklı Toplam Girdi} = \sum_{i=1}^m v_i x_i$$

Benzer şekilde, çıktılar da doğrusal bir biçimde ağırlıklandırılarak aşağıdaki formülle toplam hesaplanır:

$$\text{Ağırlıklı Toplam Çıktı} = \sum_{j=1}^n u_j y_j$$

VZA, karar birimlerinin etkinliğini, ağırlıklı toplam girdi ve çıktılar arasındaki oranla değerlendirir. Bu oran şu şekilde ifade edilir:

$$\text{Etkinlik} = \frac{\sum_{j=1}^n u_j y_j}{\sum_{i=1}^m v_i x_i}$$

Burada n çıktı sayısını, m ise girdi sayısını temsil eder.

Bu formülasyon, kesirli bir programlama problemi olduğundan çözümü zordur. Bu nedenle, paydanın 1'e eşit olduğu varsayımıyla doğrusal programlama yöntemine dönüştürülür ve çözülebilir hale getirilir. Bu özellik, yöntemin birden fazla girdiyi ve çıktıyı analiz edebilmesini sağlar. Ayrıca, analiz edilen verilerin ölçü birimlerinin aynı olması gerekmemesi, yöntemin esnekliğini artırır. Her bir girdi ve çıktı ayrı ayrı ağırlıklandırılarak farklı ölçü birimlerinde verilerle çalışılabilir (Tarhan, 2017).

VZA'nın matematiksel temelleri, doğrusal programlama ve optimizasyon teorisinden beslenirken, yöntemin kullanım alanları oldukça çeşitlidir. Örneğin, eğitim, sağlık, bankacılık ve lojistik gibi farklı sektörlerde etkinlik ölçümü için uygulanabilir. Bununla birlikte, yöntem yalnızca "etkin" ve "etkin olmayan" birimler arasındaki ayrımı yapmakla kalmaz, aynı zamanda etkin olmayan birimlerin performanslarını nasıl geliştirebileceklerine dair yol gösterici bilgiler de sunar (Thanassoulis, 2001).

2.2 VZA MODELLERİ

Sınırlı kaynakların en etkin şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla oluşturulan VZA modelleri, doğrusal programlama yöntemlerinin geliştirilmiş bir versiyonu olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, doğrusal programlama modellerine özgü tüm özellikler ve varsayımlar VZA modelleri için de geçerlidir. Tıpkı doğrusal programlama yaklaşımlarında olduğu gibi, VZA modelleri de sınırlayıcı kısıtlar altında bir amaç fonksiyonunun maksimize edilmesi ya da minimize edilmesi problemleriyle ilgilenir. Bu bağlamda, aşağıdaki varsayımların sağlanması beklenir (Ünsal vd., 2000; Bal, 2010, 43).

Veri Zarflama Analizinde kullanılan yöntemler arasında CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Oran Yöntemi, BCC (Banker-Charnes-Cooper) Ölçeğe Göre Getiri Yöntemi, Toplamsal Yöntem ve Çarpımsal Yöntem bulunmaktadır.

2.2.1 CCR Modeli

CCR modeli hem girdilerin azaltılması hem de çıktıların artırılması amacıyla kullanılabilen, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile doğrusal programlama temeline dayanan bir veri zarflama analizi yöntemidir. Bu yöntem, karar birimlerinin genel etkinlik düzeylerini değerlendirirken, kaynakların ne ölçüde verimli kullanıldığını analiz eder ve yetersiz ya da âtıl kullanılan kaynakları belirlemeyi hedefler. (Doğan, 2010)

CCR modeli hem girdi hem de çıktı odaklı uygulamalarda kullanılabilir. Ancak, bir karar verici, karar noktalarının etkinliğini bu yöntemle değerlendirmek istiyorsa, tanımlanan modeli tüm karar noktalarına uygulaması gerekmektedir. Bu analizde, etkinlik ölçüsü 1'e eşit olan karar noktaları tam etkin kabul edilirken, 1'den küçük değerler karar noktalarının etkin olmadığını gösterir. (Yadın ve Borat, 2020)

Tam etkinlik düzeyine ulaşamayan karar birimlerinin iyileştirilmesi ve referans kümelerinin belirlenmesi için CCR modelinin dual formu kullanılır. Dual CCR modeli, bu referans kümelerini ve gölge fiyatlarını hesaplayarak karar birimlerini etkin hale getirmek için gerekli analizleri sağlar. (Savaş, 2015)

Girdi ve çıktı odaklı CCR modellerinin primal ve dual matematiksel formları, Tablo 2.1'de detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Girdi ve Çıktı Odaklı CCR Matematiksel Modelleri

	Primal Form	Dual Form
Girdi Odaklı CCR Modeli	$Max e_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0}$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ $j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 0$ $r = 1, \dots, s \quad ; \quad i = 1, \dots, m$	$\min \theta$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ij0} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj0} \quad r = 1, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0$ $\theta \text{ serbest}$
Çıktı Odaklı CCR Modeli	$Mine_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj0} = 1$ $-\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq 0$ $j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 0$ $r = 1, \dots, s \quad ; \quad i = 1, \dots, m$	$\max \theta$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij0} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \theta y_{rj0}$ $r = 1, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0$ $\theta \text{ serbest}$

(Karaali, 2001; Akt. Demirci, 2018)

2.2.2 BCC Modeli

Banker, Charnes ve Cooper (BCC) modeli, CCR modelinde yer alan varsayımların bir kısmının değiştirilmesiyle geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu model, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında tüm karar birimlerinin performansını ölçmeyi mümkün kılar. BCC modeli, CCR modelinden farklı olarak, ölçek etkilerini dikkate alır ve bu nedenle BCC sınırı, her zaman CCR sınırının altında yer alır. Bu özellikten dolayı, CCR etkinlik skoru genellikle BCC etkinlik skoruna eşit ya da daha düşük bir değer alır (Aydın ve Borat, 2020).

BCC modellerinin primal ve dual matematiksel formlarına ilişkin detaylar aşağıdaki Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Girdi ve Çıktı Odaklı BCC Matematiksel Modelleri

	Primal Form	Dual Form
Girdi Odaklı BCC Modeli	$Maxe_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0} - u_0$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ $j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 0$ $r = 1, \dots, s \quad ; \quad i = 1, \dots, m$ $u_0 \text{ serbest}$	$\min \theta$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ij0}$ $i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj0}$ $r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0$ $\theta \text{ serbest}$
Çıktı Odaklı BCC Modeli	$Mine_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{ij0} - w_0$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj0} = 1$ $-\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - w_0 \geq 0$ $j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 0$ $r = 1, \dots, s \quad ; \quad i = 1, \dots, m$ $w_0 \text{ serbest}$	$\max \theta$ Kısıt Denklemleri; $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ij0} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \theta y_{rj0}$ $r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0$ $\theta \text{ serbest}$

(Karaali, 2001;Akt. Demirci,2018)

2.2.3 VZA Uygulama Alanları

Dünya genelinde Veri Zarflama Analizi uygulamaları oldukça yaygınlaşmışken, Türkiye’deki çalışmaların genellikle sağlık sektörü ve bankacılık alanlarına yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun dışında, ülkemizdeki VZA çalışmalarının önemli bir kısmı ekonomi ve yöneylem kongrelerinde sunulan bildirilerle sınırlı kalmaktadır. VZA’nın görece etkinlik analizi sonuçları, sahip olduğu belirgin özellikler nedeniyle özellikle endüstri mühendisleri, yöneylem araştırmacıları ve yönetim bilimciler için ilgi çekici hale gelmiştir (Charnes vd., 1994).

Veri Zarflama Analizi, üretim, hizmet ve finans sektörleri başta olmak üzere iç ve dış rekabet koşulları altında faaliyet gösteren her kurum için uygulanabilir bir yöntemdir. Klasik verimlilik analizlerinin aksine, VZA tekli girdi ve çıktı yerine çoklu girdi ve çoklu çıktı temeline dayanır. Bu yaklaşım, teorik gelişimi hızla ilerleyen VZA'nın, uygulama alanında da aynı hızla yaygınlaşmasını sağlamıştır. Sağlık, ulaşım, haberleşme, bankacılık, yargı ve eğitim gibi pek çok kamu hizmeti alanında binlerce çalışma gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta, kâr amacı gütmeyen kamu kuruluşlarının karşılaştırmalı verimliliğini ölçmek amacıyla kullanılan VZA, zamanla kâr amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde işletmeler arası teknik verimliliği değerlendirmek için de yaygın bir şekilde uygulanmaya başlamıştır. (Gülcü vd., 2004)

Veri Zarflama Analizi, performans ölçümü ve karar birimlerinin etkinlik değerlendirmesi için kullanılan etkili bir yöntemdir. Çeşitli sektörlerde geniş bir uygulama alanına sahiptir. İşte VZA'nın başlıca uygulama alanları:

❖ **Sağlık Hizmetleri:** VZA, hastaneler, sağlık merkezleri ve diğer sağlık kuruluşlarının etkinliğini değerlendirmek için sıkça kullanılır. Örneğin, hastanelerin hasta kabul oranları, kullanılan kaynaklar ve hizmet kalitesi gibi kriterler değerlendirilir (Hollingsworth, 2003).

❖ **Eğitim Sektörü:** Üniversiteler, okullar ve diğer eğitim kurumlarının performanslarını ölçmek amacıyla kullanılır. Bu değerlendirmelerde öğretim üyeleri, öğrenci başarıları, yayın sayıları ve diğer girdiler ile çıktılar dikkate alınır (Johnes^a, 2006).

❖ **Finans ve Bankacılık:** Bankalar ve finansal kurumlar, şube etkinliklerini ve genel finansal performanslarını ölçmek için VZA'yı kullanır. Kaynakların (çalışan sayısı, şube alanı) verimli kullanımını ve çıktılar (gelir, müşteri memnuniyeti) arasındaki ilişkiyi analiz eder (Berger ve Humphrey, 1997).

❖ **Enerji ve Çevre:** Elektrik üretim tesisleri, enerji dağıtım ağları ve çevresel sürdürülebilirlik çalışmalarında VZA kullanılarak enerji tüketiminin etkinliği değerlendirilir. Ayrıca karbon emisyonlarını azaltma çabalarının etkinliği analiz edilebilir (Zhou, Ang ve Poh, 2008).

❖ **Tarım ve Gıda Sektörü:** Çiftlikler, tarım kooperatifleri ve gıda üretim tesislerinin verimlilik analizinde VZA önemli bir rol oynar. Girdiler (tarım alanı, iş gücü) ve çıktılar (ürün miktarı, kalite) arasındaki ilişkiyi inceler (Huang, 2003).

❖ **Ulaştırma ve Lojistik:** Havaalanları, limanlar, demiryolu sistemleri ve diğer ulaştırma hizmetlerinde etkinlik analizi için kullanılır. Ulaşım hatlarının ve lojistik ağlarının performansı bu yöntemle değerlendirilebilir (Scheel, 2000).

❖ **Kamu Hizmetleri ve Yönetim:** Yerel yönetimler, belediyeler ve kamu kurumları, hizmet sunum etkinliklerini ölçmek için VZA'yı uygular. Kaynak tahsisi ve hizmet kalitesi arasındaki dengenin sağlanması hedeflenir (Thanassoulis, 2001).

❖ **Endüstriyel Üretim:** Fabrikalar ve üretim hatlarının verimliliği, kullanılan malzeme ve iş gücünün etkinliği bu yöntemle analiz edilebilir. Özellikle toplam üretim maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenir (Färe ve Grosskopf, 2000).

Son yıllarda geliştirilen bilgisayar destekli yazılım paketleri, VZA modellerinin uygulanmasını önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Bu teknolojik gelişme, yöntemin daha geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından benimsenmesini ve kullanım alanlarının hızla yaygınlaşmasını sağlamıştır.

2.2.4 VZA Uygulama Aşamaları

Veri Zarflama Analizi, karar birimlerinin etkinliklerini değerlendirmek için sistematik bir süreç izler. VZA uygulamalarında aşağıdaki aşamalar takip edilir:

- **Problem Tanımlama ve Amaç Belirleme:** İlk aşamada, VZA'nın hangi amaçla kullanılacağı ve hangi tür karar birimlerinin değerlendirileceği belirlenir. Örneğin, bir bankacılık uygulamasında şubelerin etkinliği ölçülecekse, değerlendirme ölçütleri (girdiler ve çıktılar) net bir şekilde tanımlanmalıdır (Charnes vd., 1978).

- **Karar Birimlerinin ve Girdiler/Çıktıların Seçimi:** VZA'da analiz edilecek birimler, genellikle benzer özelliklere sahip ve aynı amaçla faaliyet gösteren karar birimleridir. Girdiler (kullanılan kaynaklar) ve çıktılar (elde edilen sonuçlar) dikkatlice seçilmeli, ölçülebilir ve anlamlı olmalıdır. Seçimde uzman görüşü ve literatürden yararlanılabilir (Banker vd., 1984).

- **Veri Toplama ve Hazırlama:** Karar birimlerine ilişkin tüm gerekli veri toplanır ve doğruluğu kontrol edilir. Eksik veya tutarsız veri varsa, analiz öncesinde düzeltilmelidir. Girdiler ve çıktılar, aynı ölçü birimine getirilerek analiz için uygun bir veri seti hazırlanır (Cooper vd., 2007).

- **Model Seçimi:** VZA’da kullanılacak model, probleme ve amaca göre belirlenir. Örneğin; CCR Modeli, sabit ölçek getirisi varsayımı ile çalışır. BCC Modeli, değişken ölçek getirisini dikkate alır. Analizin girdi veya çıktı odaklı olup olmayacağına da bu aşamada karar verilir (Thanassoulis, 2001).

- **Analiz ve Çözümleme:** Belirlenen VZA modeli, seçilen veri seti üzerinde uygulanır. Çözüm, genellikle bilgisayar destekli yazılımlar (örneğin DEA Solver, MaxDEA veya R yazılımı) kullanılarak gerçekleştirilir. Bu aşamada karar birimlerinin etkinlik puanları hesaplanır ve etkin/etkin olmayan birimler belirlenir. (Gülcü ve Başar, 2004)

- **Sonuçların Yorumlanması:** Analiz sonucunda elde edilen etkinlik puanları, karar birimlerinin performansını yansıtır. Etkin olmayan birimlerin iyileştirilmesi için referans birimler ve gölge fiyatlar gibi bilgiler değerlendirilir (Charnes vd., 1978)

- **İyileştirme Önerilerinin Geliştirilmesi:** Etkin olmayan birimlerin performansını artırmak için stratejik iyileştirme önerileri geliştirilir. Bu öneriler, kaynakların daha etkin kullanımı veya çıktının artırılması yönünde olabilir (Cooper vd., 2007).

2.2.5 VZA Güçlü ve Zayıf Yönleri

Veri Zarflama Analizi, karar birimlerinin performansını değerlendirmek için kullanılan popüler bir yöntemdir. Girdiler ve çıktılar arasında doğrusal bir ilişki kurarak etkinlik analizi yapar. Ancak, her yöntem gibi VZA’nın da güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır.

Güçlü Yönleri

1. **Çoklu Girdi ve Çıktıları Analiz Edebilme Yeteneği:** VZA, birden fazla girdi ve çıktıyı eş zamanlı olarak değerlendirebilmesi nedeniyle klasik verimlilik

analizlerine göre daha kapsamlıdır. Bu özellik, özellikle karmaşık sistemlerde etkinlik analizi yapmak için idealdir (Charnes vd., 1978).

- 2. Karşılaştırmalı Performans Ölçümü:** Karar birimlerinin birbirine göre performanslarını ölçerek hangi birimlerin etkin olduğunu ve hangilerinin iyileştirilmesi gerektiğini belirler (Banker vd., 1984).
- 3. Birime Özgü İyileştirme Önerileri:** Etkin olmayan karar birimleri için referans birimler belirler ve kaynakların nasıl daha verimli kullanılabileceğine dair somut öneriler sunar (Cooper vd., 2007).
- 4. Model Esnekliği:** Sabit ölçek getirisi (CCR) veya değişken ölçek getirisi (BCC) gibi farklı varsayımlarla kullanılabilir. Bu esneklik, analizin farklı bağlamlarda uygulanabilmesini sağlar (Thanassoulis, 2001).
- 5. Ekonomik ve Yönetimsel Kararlar İçin Destek Sağlama:** VZA, karar vericilere işletme yönetimi, kaynak tahsisi ve süreç iyileştirme gibi konularda veri destekli karar alma imkânı sunar (Gülcü ve Başar, 2004).

VZA'nın en belirgin avantajlarından biri, çoklu girdiler ve çıktılar arasında karmaşık bir ilişki kurabilmesidir. Özellikle sağlık, finans, eğitim gibi farklı sektörlerde kullanılabilir olması, yöntemin esnekliğini ortaya koyar. Ayrıca, karar birimleri arasında karşılaştırmalı bir analiz yapması, hangi birimlerin etkin olduğunu ve iyileştirilmesi gereken alanları belirlemede oldukça faydalıdır.

Karar vericilere sunduğu referans birimler ve iyileştirme önerileri, kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak tanır. Bu durum, özellikle sınırlı kaynaklarla çalışan organizasyonlar için büyük bir avantajdır. Model esnekliği sayesinde sabit ölçek getirisi (CCR) veya değişken ölçek getirisi (BCC) gibi farklı varsayımlarla uygulanabilir. Bu durum, analizlerin bağlama uygun şekilde yapılmasını sağlar.

Zayıf Yönleri

- 1. Veri Hassasiyeti:** VZA, analiz edilen verinin doğruluğuna oldukça bağımlıdır. Eksik, hatalı veya çelişkili veri, sonuçların güvenilirliğini ciddi şekilde etkileyebilir (Charnes vd., 1978).

2. **Karşılaştırma Sınırlılığı:** Analiz, sadece incelenen karar birimlerine göre etkinlik ölçümü yapar. Dışarıda kalan veya farklı bağlamda olan birimlerle kıyaslama yapamaz (Cooper vd., 2007).
3. **Homojen Karar Birimleri Gerekliliği:** VZA'nın doğru sonuçlar üretebilmesi için analiz edilen birimlerin benzer girdilere ve çıktılara sahip olması gerekir. Heterojen birimler analiz edildiğinde sonuçlar yanıltıcı olabilir (Banker vd., 1984)
4. **Girdi ve Çıktı Seçimindeki Zorluklar:** Kullanılacak girdiler ve çıktılar dikkatlice seçilmeli, analizde yanlış bir seçim yapılması yöntemin güvenilirliğini azaltabilir (Thanassoulis, 2001).
5. **Statik Yaklaşım:** VZA, genellikle belirli bir zaman dilimine ait verilerle analiz yapar. Zamanla değişen performansı ölçmek için dinamik analiz yöntemleri gereklidir (Gülcü ve Başar, 2004).
6. **Gölge Fiyatlarının Yorumu:** Etkin olmayan birimlere yönelik gölge fiyatlar gibi bazı sonuçların anlaşılması ve uygulanması, analize aşına olmayan karar vericiler için zor olabilir (Cooper vd., 2007).

Bununla birlikte, VZA'nın zayıf yönleri de dikkate alınmalıdır. Öncelikle, veri hassasiyeti yöntemin en büyük sınırlamalarından biridir. Verilerin eksik ya da hatalı olması, analiz sonuçlarının güvenilirliğini doğrudan etkiler. Bu nedenle, veri toplama ve doğrulama süreçleri titizlikle yürütülmelidir.

Bir başka sınırlama, VZA'nın sadece benzer karar birimlerini karşılaştırabiliyor olmasıdır. Heterojen birimler arasında yapılan analizlerde sonuçların yanıltıcı olma riski yüksektir. Ayrıca, girdiler ve çıktılar arasındaki seçim sürecinde yapılan yanlış bir değerlendirme, analizin doğruluğunu olumsuz etkileyebilir.

Statik bir yaklaşım benimsemesi, zaman içinde değişen performansı değerlendirmede yetersiz kalmasına neden olabilir. Bu durumda, dinamik modellerin entegre edilmesi gerekebilir. Ayrıca, etkin olmayan birimlere yönelik önerilen gölge fiyatlar gibi sonuçların yorumlanması, yönteme aşına olmayan kullanıcılar için zorlayıcı olabilir.

Veri Zarflama Analizi, çok boyutlu verilerle çalışabilmesi ve karar birimlerini detaylı bir şekilde değerlendirebilmesi nedeniyle oldukça güçlü bir yöntemdir. Ancak, doğru sonuçlar elde edebilmek için zayıf yönlerinin farkında olunması ve analiz sürecinde bu sorunların en aza indirilmesi önemlidir. VZA, doğru veri yönetimi ve uzman bir yaklaşımla kullanıldığında, organizasyonların performanslarını artırmak için etkili bir araç olmaya devam edecektir.

Bu güçlü ve zayıf yönlerin dikkatle ele alınması, VZA'nın farklı sektörlerdeki kullanımını daha verimli ve etkili hale getirebilir. Önemli olan, yöntemin özelliklerini analiz edilen bağlama uygun şekilde optimize etmektir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MİLLİ TEKNOLOJİ HAMLESİ ÇERÇEVESİNDE BİLİM MERKEZLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu tez çalışmasının temel amacı, Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında Türkiye genelindeki bilim merkezlerinin mevcut verimlilik performanslarını kapsamlı bir şekilde analiz ederek, bu merkezlerin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek ve gelişim alanlarını tespit etmektir. Bu kapsamda 35 bilim merkezi örneklem seçilmiştir. Fakat 24 bilim merkezinin son 3 yıla dair verisi olmadığı için analiz dahil edilmemiştir. Bu örnekleme uyan bilim merkezi sayısı 11'dir. Bunlar, Kayseri Bilim Merkezi, Bilim Erzurum, Müzeyyen Erkul Bilim Merkezi, Bilim Zeytinburnu, Bilim Beyoğlu, Elâzığ Bilim Merkezi, Kocaeli Bilim Merkezi, Bilim Fatih, Bilim Şahinbey, Konya Bilim Merkezi ve Bilim Gaziosmanpaşa'dır (Burada ki sırlama karışık yapılmıştır). Bu analiz sonucunda, bilim merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesi'ne olan katkılarını artırmaya yönelik stratejiler geliştirmek ve bu merkezlerin daha etkin ve verimli çalışmalarına katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Bu kapsamda aşağıdaki sorulara cevap aranmaktadır.

Türkiye'deki bilim merkezlerinin verimlilik düzeyleri nelerdir ve bu düzeylerdeki performans farklılıkları nelerdir?

Bilim merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesi'ne olan katkıları nasıl artırılabilir?

Verimlilik analizleri sonucunda bilim merkezlerinin gelişimini desteklemeye yönelik hangi öneriler sunulabilir?

3.2. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Bu araştırma, Türkiye'nin teknoloji odaklı kalkınma hedeflerine ulaşmasında kritik bir rol oynayan bilim merkezlerinin performanslarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Milli Teknoloji Hamlesi'nin başarısı, bu hamlenin temel unsurlarından biri olan bilim merkezlerinin etkin ve verimli çalışmasına bağlıdır. Bu çalışma, bilim merkezlerinin mevcut durumunu analiz ederek, gelişim alanlarını belirleyerek ve iyileştirme önerileri sunarak, Milli Teknoloji Hamlesi'nin hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda araştırmanın önemi şu şekilde özetlenebilir bilim merkezlerinin performanslarının objektif ve kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, bu merkezlerin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesine olanak

sağlayacaktır. Verimlilik analizleri sonucunda elde edilen bulgular, bilim merkezlerinin gelişim alanlarına odaklanılmasını ve kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlayacaktır. Araştırma sonuçları, bilim merkezlerinin Milli Teknoloji Hamlesi'ne olan katkılarının artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Çalışma, bilim merkezi yöneticilerine, politika yapıcılara ve araştırmacılara, bilim merkezlerinin geliştirilmesi ve etkinliğinin artırılması konusunda değerli bilgiler sunacaktır.

3.3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ÖNCESİ TESTLER

Veri Zarflama Analizi, birden fazla girdi ve çıktıları olan karar verme birimlerinin karşılaştırmalı etkinliklerini ölçmek için kullanılan bir yöntemdir (Charnes vd., 1978). VZA, özellikle eğitim kurumları gibi kâr amacı gütmeyen organizasyonların performans değerlendirmesinde tercih edilmektedir (Johne^b, 2006). Bu çalışmada bilim merkezlerinin etkinlik analizinde VZA'nın tercih edilmesinin temel nedeni, farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıları ortak bir değerlendirme çerçevesinde inceleme imkânı sunmasıdır. Bu çalışmada VZA analizi R 4.3.3 versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri şunlardır:

Girdiler:

- Eğitim Sınıfı Sayısı (sınıf),
- Eğitimci Sayısı (eğitmen)

Çıktılar:

- Yıllık Eğitim Verilen Öğrenci Sayısı (öğrenci),
- Yıllık Ziyaret Sayısı (ziyaret),
- Yıllık Etkinlik Sayısı (etkinlik),
- Yıllık Yapılan Atölye Sayısı (atölye).

Bir Veri Zarflama Analizi (VZA) yapmadan önce verinin sağlanması gereken şartlar şunlardır (Banker vd., 1984):

1. Tüm girdi ve çıktılar pozitif olmalıdır.

- Bilim merkezinizde atölye, eğitmen, etkinlik ve diğer girdi-çıktı değişkenlerinin sayısı negatif olamaz.

2. Minimum karar verme birimi (KVB) sayısı sağlanmalı.

- KVB sayısı $\geq \max\{\text{Girdi sayısı} \times \text{Çıktı sayısı}, 3(\text{Girdi sayısı} + \text{Çıktı sayısı})\}$

3. Girdi artışı, çıktıyı arttırmalı. Yani aralarında monoton bir ilişki olmalı.

- Öğitmen sayısı arttırıldığında ve atölye ile öğrenci sayısının düşmesi beklenmez, aksine artması beklenir.

4. İki verimli noktanın arasındaki her noktanın da verimli olması gerekir. Bu ilişkiye dış bükeylik denir.

- Bir bilim merkezi 4 atölye ve 5 eğitmen ile 2000 öğrenciye hizmet veriyor ve bir diğeri 6 atölye ve 8 eğitmen ile 4000 öğrenciye hizmet veriyorsa dış bükeylik varsayımına göre 5 atölye ve 6 eğitmen ile 3000 öğrenciye hizmet verilebilmelidir.

Verimlilik ve Etkinlik:

Kurumsal performans değerlendirmede yaygın olarak kullanılan verimlilik ve etkinlik kavramları, birbiriyle bağlantılı fakat özünde farklı anlamlar taşıyan iki temel ölçüm yaklaşımıdır.

Verimlilik, matematiksel olarak çıktıların girdilere bölünmesiyle elde edilen bir orandır. Bu hesaplama, belirli miktardaki kaynak kullanımıyla ne kadar üretim yapıldığını sayısal olarak gösterir (Coelli vd., 2005). Somut bir örnek vermek gerekirse, bir üretim tesisinde günlük vardiyada çalışan 10 personelin toplam 200 birim ürün üretmesi durumunda, kişi başına verimlilik 20 birim olarak hesaplanır. Verimlilik ölçütü genellikle tek boyutlu bir analiz sunar ve karşılaştırmalı değil, doğrudan sayısal bir değer olarak ifade edilir.

Etkinlik kavramı ise daha kapsamlı bir anlam taşır. Akal (2003) tarafından yapılan araştırmada, kurumların en uygun hedefleri belirleyebilme ve bu hedeflere ulaşabilme kapasitesi olarak tanımlanmıştır. Yönetim perspektifinden bakıldığında, etkinlik değerlendirmeleri, organizasyonların gelecek planlamalarında ve stratejik konumlandırma süreçlerinde kritik bir rehber işlevi görür (Akt. Ağaoğlu ve Çadırcı, 2019).

Vural (2000) çalışmasında etkinliği farklı bir açıdan ele alarak, belirlenen kurumsal amaçlara ulaşma sürecinde mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılması olarak değerlendirmiştir. Bu yaklaşım, kaynak optimizasyonunu etkinliğin merkezine yerleştirir (Akt. Ağaoğlu ve Çadircı, 2019).

Farrell (1957)'e göre etkinlik, bir karar biriminin mevcut teknoloji ve koşullar altında ulaşabileceği en iyi performans düzeyine ne kadar yaklaştığını gösteren göreceli bir ölçümdür. Etkinlik analizi, gerçekleşen performansın optimal performansa oranını değerlendirir.

Bu iki kavram arasındaki temel farklılıklar şu şekilde özetlenebilir:

1. Ölçüm Yaklaşımı: Verimlilik mutlak bir değer sunarken, etkinlik göreceli bir değerlendirme sağlar (Fried vd., 1993).
2. Karşılaştırma Boyutu: Verimlilik genellikle zaman içindeki değişimleri izlemek için kullanılırken, etkinlik benzer karar birimlerinin performanslarını karşılaştırmak için kullanılır (Cooper vd., 2007).
3. Optimal Performans: Etkinlik ölçümü, teorik olarak ulaşılacak en iyi performans düzeyini referans alırken, verimlilik böyle bir karşılaştırmayı içermez (Thanassoulis, 2001).
4. Çok Boyutluluk: Etkinlik analizleri genellikle çoklu girdi ve çıktıları eşzamanlı olarak değerlendirebilirken, geleneksel verimlilik ölçümleri çoğunlukla tek boyutludur (Fried vd., 2008).

Örneğin iki eğitim kurumu düşünelim: A Kurumu 20 öğretmenle 400 öğrenciye eğitim veriyor (verimlilik: 20 öğrenci/öğretmen). B Kurumu ise 15 öğretmenle 345 öğrenciye eğitim veriyor (verimlilik: 23 öğrenci/öğretmen). Verimlilik açısından B Kurumu daha iyi görünse de etkinlik analizi yapıldığında, öğrencilerin başarı oranları, eğitim kalitesi ve diğer kaynaklar (fiziki imkanlar, teknolojik altyapı vb.) dikkate alındığında, A Kurumu daha etkin olabilir.

3.1.1 Karar Verme Birimi sayısı

Karar verme birimleri, aynı amaç için çalışan (örneğin, aynı sektördeki okullar, hastaneler veya mağazalar gibi), benzer girdileri kullanarak benzer çıktılar üreten ve kendi

kararlarını verebilen birimlerdir (Charnes vd., 1978). Bu çalışmada KVB sayısını belirlemek için Cooper vd. (2011) önerdikleri pencere analizi yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda karar verme birimleri belirli zaman aralıklarında analiz edilir, sonra analiz değerleri toplanır. Yani her yıl-merkez ikilisi bağımsız bir karar birimi olarak değerlendirilir. Buna göre bu çalışmadaki karar birimi sayısı $n = 11 \text{ merkez} \times 3 \text{ yıl} = 33 \text{ Karar birimi}$, $Girdi sayısı (m) = 2$ ve

$\text{Çıktı sayısı (s)} = 4$ olmak üzere;

$$n \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\} \Rightarrow 33 \geq \max\{2 \times 4, 3(2 + 4)\}$$

$33 \geq \max\{8, 18\} \Rightarrow 33 \geq 18$ olduğundan VZA için yeterli gözlem sayısı vardır.

3.1.2 Monotonluk

VZA'nın temel varsayımlarından biri, tüm girdi-çıkı ilişkilerinin monoton olmasıdır (Banker vd., 1984). Monotonluk analizi sonuçlarına bakıldığında girdi-çıkı değişkenlerinin çoğunun orta ve güçlü düzeyde monoton ilişkiler gösterdiği gözlenmiştir. Sınıf girdisi açısından bakıldığında, en güçlü monoton ilişki ziyaretçi sayısı (0.773) görülürken, bunu sırasıyla öğrenci sayısı (0.695), atölye sayısı (0.623) ve etkinlik sayısı (0.602) takip etmektedir. Bu değerler, fiziksel alan kapasitesinin tüm hizmet çıktılarıyla güçlü bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir. Özellikle sınıf-ziyaret ilişkisinin yüksekliği, fiziksel alanların ziyaretçi kapasitesini doğrudan etkilediğine işaret etmektedir. Eğitimci girdisi incelendiğinde, ziyaret (0.698) ve etkinlik (0.668) sayılarıyla daha güçlü monoton ilişkiler görülürken, bunlara kıyasla öğrenci sayısı (0.522) ve atölye sayısı (0.426) daha düşük ilişkiler tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, insan kaynağının özellikle ziyaretçi ve etkinlik yönetiminde kritik rol oynadığını göstermektedir.

Tablo 3.1 Monotonluk ilişkileri

	öğrenci	ziyaret	etkinlik	atölye
sınıf	0.695	0.773	0.602	0.623
eğitmen	0.522	0.698	0.668	0.426

3.1.3 Dış Bükeylik

Dış bükeylik, üretim olanaklarının kümesindeki herhangi iki nokta arasındaki doğrusal kombinasyonların da bu kümenin içinde olması özelliğidir (Banker vd., 1984). VZA modelimizdeki etkinlik değerleri, KVB'lerin birbirlerine göre performansını (üretim sınırına olan uzaklığını) gösterir. 1.00 tam etkin, 1.00'den küçük değerler ise göreceli olarak daha az etkin birimleri işaret eder. Dış bükeylik testinde üç KVB'nin dış bükey kombinasyonu alınır. Bu kombinasyonun etkinlik skoru (θ) hesaplanır. Eğer $\theta > 1$ ise bu

nokta üretim olanakları kümesinin dışında kalır, yani dış bükey değildir.

Tablo 3.2 Etkinlik Skorları

KVB	2021	2022	2023
BM5	1.000	1.000	1.000
BM6	1.000	1.000	0.714
BM2	0.574	0.810	1.000
BM8	1.000	0.472	0.606
BM11	1.000	0.892	0.867
BM1	0.926	1.000	0.427
BM7	0.644	0.644	0.644
BM10	0.844	1.000	1.000
BM3	0.952	0.974	1.000
BM9	1.000	0.999	0.946
BM4	1.000	1.000	1.000

Tablo 3.2 incelendiğinde, karar verme birimlerinin etkinlik skorlarında belirgin bir değişkenlik görülmektedir. BM5 ve BM4 merkezlerinin üç yıl boyunca tam etkinliğe (1.000) ulaşması, bu merkezlerin üretim imkanları kümesinin sınırında yer aldıklarını ve referans birimler olarak değerlendirilebileceklerini göstermektedir. Etkinlik skorları genel olarak üç grupta değerlendirilebilir. BM5, BM4, BM3 ve BM9 merkezleri gibi üretim

imkanları kümesinin sınırına yakın konumlanan karar verme birimleri 0.900-1.000 aralığında yüksek performans sergilemektedir. Üretim sınırından orta düzeyde uzaklıkta yer alan BM11 ve BM2 merkezleri 0.700-0.899 aralığında performans gösterirken, BM8 merkezinin 2022'de 0.472'ye ve BM1 merkezinin 2023'te 0.427'ye düşmesi, bu merkezlerin üretim imkanları kümesinin iç bölgelerinde konumlandığını ve görece düşük performans sergilediğini göstermektedir. Bu dağılım, üretim imkanları kümesinin dış bükey yapısını doğrularken, bazı merkezlerin dönemler arasında üretim sınırına olan uzaklıklarının değiştiğini göstermektedir. Örneğin BM2 merkezi, 2021'de 0.574'ten başlayarak kademeli bir iyileşmeyle 2023'te üretim sınırına ulaşmıştır. BM7 merkezi ise üç yıl boyunca 0.644 ile üretim sınırından sabit bir uzaklıkta kalmıştır. Bu değişimler, üretim teknolojisinin dış bükey yapısı içinde merkezlerin konumlarındaki değişimleri yansıtmakta olup, bu çalışmada toplam $n = 33$ için

$C(n, 3) = \frac{n!}{3!(n-3)!} = 5456$ kombinasyonda dış bükeylik şartının ihlal edilmediği

tespit edilmiştir.

3.1.4 Matematiksel Model

Çalışmada, bilim merkezlerinin operasyonel özelliklerini dikkate alan bir model seçimi yapılmıştır. Bilim merkezlerinin çıktılarının (öğrenci sayısı, ziyaretçi sayısı vb.) iklim koşulları gibi dışsal faktörlerden etkilenmesi ve fiziksel kapasite kısıtları nedeniyle girdi odaklı VZA yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yaklaşım, mevcut çıktı düzeylerini koruyarak, girdilerin ne kadar daha verimli kullanabileceğini incelemeye olanak sağlar.

Analizde ölçeğe göre sabit getiri varsayımına (CRS - Constant Returns to Scale) dayanan CCR modeli (Charnes vd., 1978) ve ölçeğe göre değişken getiri (VRS - Variable Returns to Scale) varsayımına dayanan BCC modeli (Banker vd., 1984) kullanılmıştır. CCR modeli tüm KVB'leri aynı ölçekte değerlendirirken, BCC modeli farklı ölçekteki KVB'lerin kendi grupları içinde değerlendirilmesini sağlar. BCC modeline, ölçeğe göre değişken getiriye sağlamak için (CCR modelinden farklı olarak), $\sum \lambda_j = 1$ dış bükeylik

kısıtı eklenmiştir. İki modelin etkinlik skorları arasındaki ilişki, karar verme birimlerinin optimal ölçekte faaliyet gösterip göstermediğini belirlemeye yardımcı olur.

Çalışmanın devamında, teknik açıklamalarda model isimleri olarak CCR ve BCC, sonuçların yorumlanmasında ise, sırasıyla, CRS ve VRS terimleri kullanılmıştır

Girdi Odaklı Matematiksel Model (Cooper vd., 2011):

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_i^+ \right)$$

$$\sum \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \quad (i = 1, \dots, m) \Rightarrow \sum \lambda_j x_{ij} - \theta x_{i0} + S_i^- = 0 \quad (i = 1, \dots, m)$$

BCC	CCR	$\sum \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \Rightarrow \sum \lambda_j y_{rj} - y_{r0} - S_i^+ = 0 \quad (r = 1, \dots, s)$
$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \\ \sum \lambda_j = 1 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda_j, S_i^-, S_i^+ \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \\ \sum \lambda_j = 1 \end{array} \right.$		

Burada;

θ : etkinlik skoru,

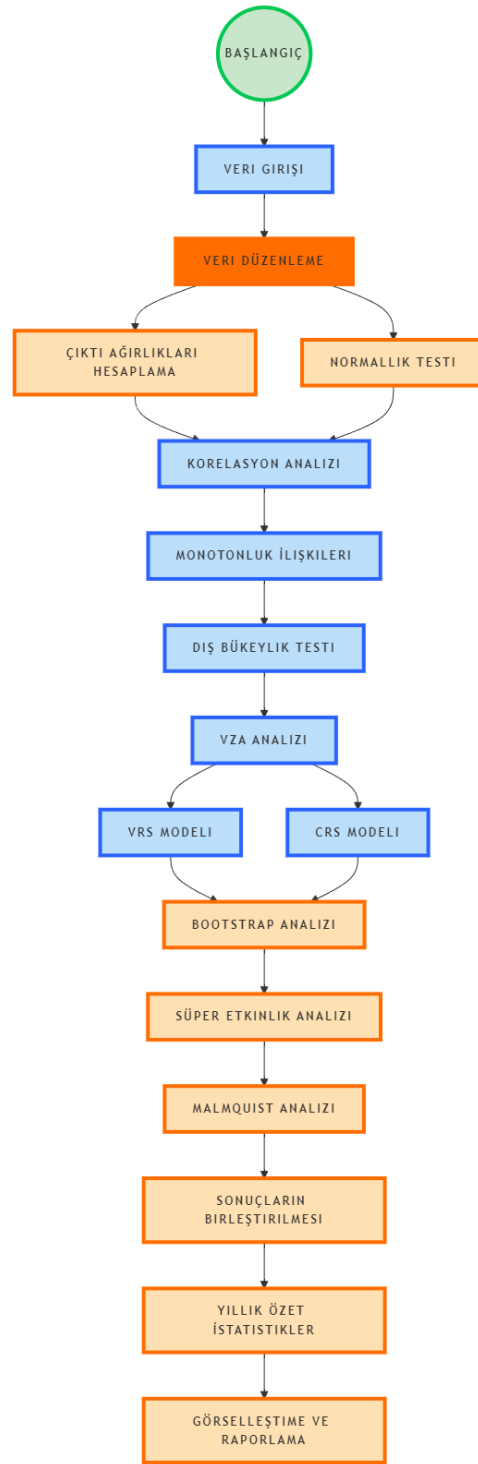
λ_j : ağırlıklar,

x_{ij} : j Karar biriminin i girdisi,

y_{rj} : j Karar biriminin r çıktısı,

ε : Sıfırdan büyük herhangi bir sayı.

Şekil 3.1 Metodolojik Süreç Şeması



Şekil 3.1, veri girişinden sonuç aşamasına kadar uygulanan analiz sürecini göstermektedir. Süreç, veri girişi ile başlayıp görselleştirme ve raporlama ile sonuçlanan kapsamlı bir analiz zincirini göstermektedir. Her bir aşama, bir sonraki adımın girdisini oluşturacak şekilde sıralı olarak düzenlenmiştir

3.4. VERİ ANALİZİ VE TEMEL İSTATİSTİKLER

Normallik testi: Girdi-Çıktı ilişkilerini test etmenin bir yolu da korelasyon analizidir. Veriye uygun korelasyon analizini seçmek için de verini normal dağılıma uyup uymadığına bakılması gerekir. Örneklem büyüklüğü $n = 33$ olduğundan normallik testi olarak

Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır (Mishra vd., 2019). Tablo3'teki tüm $p < 0.05$ olduğunda veri normal dağılımlı değildir.

Tablo 3.3 Normallik Testi Sonuçları

Değişken	W istatistiği	p
sınıf	0.8384	2e-04
eğitmen	0.8142	1e-04
öğrenci	0.8504	3e-04
ziyaret	0.6811	0e+00
etkinlik	0.6535	0e+00
atölye	0.8436	2e-04

Girdi-Çıktı İlişkileri: Değişken ilişkilerini doğrulamak için Girdi-Çıktı korelasyonları kullanılmıştır. Kullanılan verinin; sürekli değerleri olması, normal dağılıma uymaması, küçük bir örneklem ($n = 33$) olmasından dolayı bu çalışmada korelasyon analizi Kendall tau-b testi kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 3.4 Girdi-Çıktı Korelasyon Analizi

Girdi\Çıktı	Öğrenci	Ziyaret	Etkinlik	Atölye
Sınıf	0.329	0.461	0.152	0.204
Eğitmen	0.040	0.362	0.288	-0.140

Tablo 3.4'teki sonuçlara göre sınıf değişkeninin ziyaretçi sayısı ile (0.461) en güçlü pozitif bağlantıya sahip olduğu görülmektedir. Bunu öğrenci sayısı (0.329) ve atölye (0.204) takip etmektedir. Sınıf ile etkinlik arasındaki ilişki ise zayıf pozitifdir (0.152).

Eğitmen değişkeni ele alındığında, en belirgin ilişkinin ziyaretçi sayısı ile olduğu (0.362) tespit edilmiştir. Eğitimci sayısı ile etkinlik arasında orta düzeyde pozitif (0.288), öğrenci sayısı ile çok zayıf pozitif (0.040) bir bağlantı gözlemlenmiştir. Eğitimci ve atölye sayıları arasında ise nispeten zayıf negatif bir korelasyon görülmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, merkezlerdeki fiziki kapasitenin (sınıf) ziyaretçi sayısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, ancak insan kaynağının (eğitmen) atölye faaliyetleri üzerinde ters yönlü bir etkisinin bulunduğu görülmektedir. Bu durum, kaynakların etkin kullanımı açısından dikkat çekici bir bulgudur.

Korelasyon analizi sonuçları, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkileri göstermektedir. Bu ilişkiler, verimlilik açısından tek boyutlu bir değerlendirme sunsa da etkinlik analizinde kullanılacak değişkenlerin seçiminde önemli ipuçları sağlar. Örneğin, sınıf sayısı ile ziyaretçi sayısı arasındaki güçlü pozitif korelasyon (0.461), fiziksel kapasitenin verimli kullanımına işaret ederken; eğitimci sayısı ile atölye sayısı arasındaki negatif korelasyon (-0.140), insan kaynağının optimal kullanılmadığını gösterebilir.

Çıktı Ağırlıklandırma:

Tablo 3.5 Çıktı Ağırlıkları

Çıktı Türü	Ağırlık
Öğrenci	0.25
Ziyaretçi	0.25
Etkinlik	0.25
Atölye	0.25

Tablo 3.5'te tüm çıktılarının ağırlıklarının eşit olduğu (0.25) görülmektedir, bu da VZA modelinin çıktılar arasında herhangi bir önceliklendirme yapmadan dengeli bir değerlendirme yaptığını gösterir.

3.5. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ

VZA'da üç temel kavram bulunmaktadır, bunlar; VRS (Değişken Ölçek Getirisi), CRS (Sabit Ölçek Getirisi) ve Ölçek Etkinliğidir. VRS, bir merkezin girdilerindeki değişimin çıktılarda orantısız değişimlere yol açabileceğini kabul eden modeldir. Bu yaklaşım, farklı ölçeklerde çalışan merkezlerin daha gerçekçi değerlendirilmesini sağlar (Banker, 1984). CRS, girdilerdeki artışın çıktılarda aynı oranda artış yaratacağını varsayar.

Bu model, tüm merkezlerin optimal ölçekte faaliyet gösterdiğini kabul eder (Charnes vd., 1978). Ölçek Etkinliği, bir KVB'nin optimal ölçekte çalışıp çalışmadığını gösterir ve CRS/VRS oranıyla hesaplanır. Bu karşılaştırmalı sonuç, bilim merkezlerinin hem teknik

hem de ölçek etkinliğini değerlendirme olanağı sunar (Banker, 1984).

3.3.1 CCR-BCC Model Karşılaştırması

Tablo 3.6'da görüldüğü üzere, VZA sonuçları merkezler arasında önemli farklılıklar ortaya koymaktadır.

Tablo 3.6 CCR-BCC Model Karşılaştırması

Merkez	Yıl	VRS (BCC)	CRS (CCR)	Fark
BM5	2021	1.000	0.440	0.560
BM5	2022	1.000	0.444	0.556
BM5	2023	1.000	0.469	0.531
BM6	2021	1.000	0.429	0.571
BM6	2022	1.000	0.525	0.475
BM6	2023	0.714	0.268	0.446
BM2	2021	0.574	0.364	0.210
BM2	2022	0.810	0.779	0.031
BM2	2023	1.000	1.000	0.000
BM8	2021	1.000	0.349	0.651
BM8	2022	0.472	0.266	0.206
BM8	2023	0.606	0.538	0.068
BM11	2021	1.000	1.000	0.000
BM11	2022	0.892	0.823	0.069
BM11	2023	0.867	0.783	0.084
BM1	2021	0.926	0.876	0.050
BM1	2022	1.000	1.000	0.000

Merkez	Yıl	VRS (BCC)	CRS (CCR)	Fark
BM1	2023	0.427	0.089	0.338
BM7	2021	0.644	0.580	0.064
BM7	2022	0.644	0.580	0.064
BM7	2023	0.644	0.580	0.064
BM10	2021	0.844	0.723	0.121
BM10	2022	1.000	1.000	0.000
BM10	2023	1.000	0.963	0.037
BM3	2021	0.952	0.812	0.140
BM3	2022	0.974	0.740	0.234
BM3	2023	1.000	1.000	0.000
BM9	2021	1.000	0.664	0.336
BM9	2022	0.999	0.922	0.077
BM9	2023	0.946	0.945	0.001
BM4	2021	1.000	0.077	0.923
BM4	2022	1.000	1.000	0.000
BM4	2023	1.000	1.000	0.000

Tablo 3.6'daki analiz sonuçlarına göre bazı merkezler istikrarlı, bazıları ise değişken performans sergilemiştir. BM5 merkezi, üç yıl boyunca BCC modelinde tam etkinlik (1.000) gösterirken, CCR modelinde 0.440-0.469 aralığında performans sergilemiştir. Bu durum, merkezin teknik olarak etkin çalıştığını ancak ölçek etkinliğinde iyileştirme potansiyeli olduğunu göstermektedir. BM4 merkezi büyük bir gelişim göstermiş, 2021'de BCC-CCR model farkı 0.923 iken, 2022 ve 2023 yıllarında her iki modelde de tam etkinliğe ulaşmıştır. Bu gelişim, merkezin hem girdilerini etkin kullanma hem de uygun ölçekte faaliyet gösterme kapasitesini artırdığını gösterir. BM2 merkezi de benzer bir gelişim göstererek, 2021'den 2023'e kadar sürekli iyileşme kaydetmiş ve 2023'te her iki modelde de tam etkinliğe ulaşmıştır. Bu durum, merkezin kaynak yönetimini

iyileştirirken aynı zamanda operasyonel ölçeğini de optimize ettiğini ortaya koymaktadır. Bazı merkezler ise performans düşüşü yaşamıştır. BM6 merkezi 2021 ve 2022'de BCC modelinde tam etkinken, 2023'te 0.714'e gerilemiş, CCR modelinde ise 0.525'ten 0.268'e düşmüştür. BM102022'de her iki modelde tam etkinken, 2023'te ciddi bir düşüş yaşayarak BCC'de 0.427'ye, CCR'de 0.089'a gerilemiştir. Bu düşüşler, merkezlerin hem kaynak yönetiminde hem de operasyonel ölçek optimizasyonunda sorunlar yaşadığını göstermektedir. BM7 merkezi üç yıl boyunca hem BCC (0.644) hem de CCR (0.580) modellerinde sabit performans sergileyerek istikrarlı ancak iyileştirmeye açık bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Bu durum, merkezin kaynak kullanımında ve ölçek verimliliğinde iyileştirme potansiyeli olduğuna işaret etmektedir. BM3 ve BM10 merkezleri sürekli bir iyileşme trendi göstererek 2023'te yüksek performans seviyelerine ulaşmıştır. BM9 merkezi ise CCR modelinde kademeli bir iyileşme gösterirken, BCC modelinde küçük bir gerileme yaşamıştır. Bu sonuçlar, merkezlerin çoğunun değişken ölçek getirisi (VRS) altında daha iyi performans gösterdiğini, ancak sabit ölçek getirisi (CRS) varsayımında önemli iyileştirme fırsatları bulunduğunu ortaya koymaktadır. BCC-CCR farkının yüksek olduğu merkezlerde özellikle ölçek etkinliğine yönelik stratejilerin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

VZA analizi sonucunda 16 merkez tam etkin (1.0000) çıkmıştır. Bu merkezleri kendi aralarında sıralamak ve performans farklılıklarını ortaya koyabilmek amacıyla süper etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir (Seiford ve Zhu, 1999).

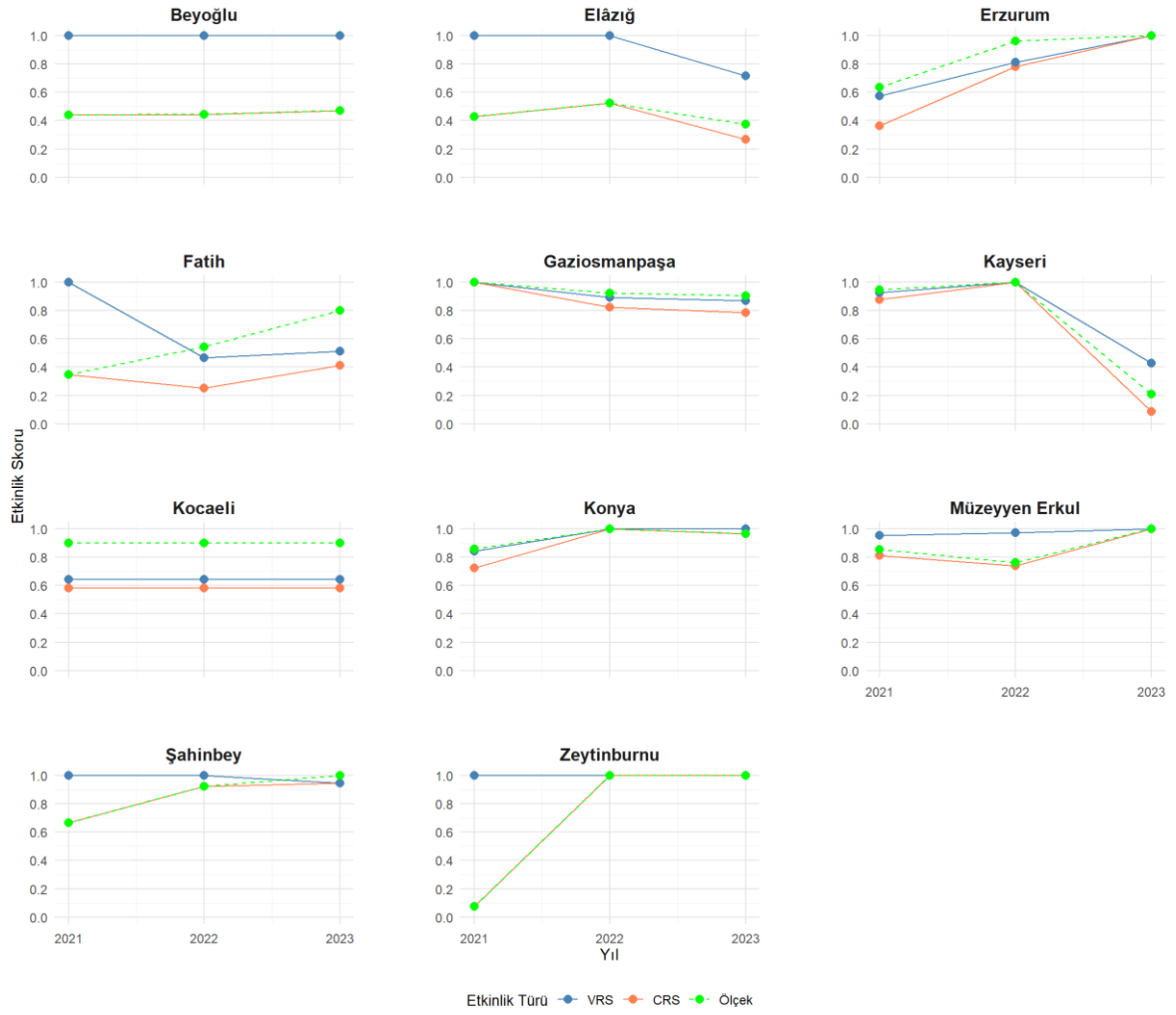
Tablo 3.7 Tam Etkin Merkezlerin Süper Etkinlik Sıralaması

	Merkez	Yıl	Süper
1	BM1	2022	5.0000
2	BM2	2023	5.0000
3	BM4	2022	5.0000
4	BM4	2023	5.0000
5	BM6	2022	5.0000
6	BM9	2021	5.0000

	Merkez	Yıl	Süper
7	BM10	2022	5.0000
8	BM10	2023	5.0000
9	BM6	2021	3.6664
10	BM3	2023	1.7123
11	BM11	2021	1.0705
12	BM4	2021	1.0000
13	BM5	2021	1.0000
14	BM5	2022	1.0000
15	BM5	2023	1.0000
16	BM8	2021	1.0000

Tablo 3.7’den görüleceği üzere, tam etkin merkezlerin beş farklı performans seviyesinde gruplandığı gözlemlenmektedir. En yüksek süper etkinlik değerine (5.000) ulaşan merkezler BM2 (2021), BM1 (2021), BM10 (2021, 2023) ve BM4 (2022) olmuştur. Bu merkezler, kendi ölçeklerinde diğer merkezlere kıyasla daha yüksek performans sergilemişlerdir. İkinci performans grubunda, BM3 (2021) 1.296 ve BM4 (2023) 1.208 süper etkinlik değerleriyle yer almaktadır. Bu merkezler, tam etkinlik sınırının üzerinde, ancak ilk gruptaki merkezlere göre daha düşük bir performans göstermişlerdir. Üçüncü grupta, BM6 (2022) 1.100, BM9 (2021) ve BM11 (2021) 1.042 süper etkinlik değerleriyle etkinlik sınırını az da olsa aşmayı başarmışlardır. Dördüncü grupta BM5 merkezi üç yıl boyunca 1.000 süper etkinlik değeriyle tam etkinlik sınırında kalmıştır. Beşinci grupta ise üç yıl boyunca 0.644 değerinde sabit bir performans sergileyen BM7, 2021’de 1.000 değerinden 2022’de 0.472’ye düşen ve 2023’te 0.606’ya yükselen BM8 1.000’in altında kalmıştır.

Şekil 3.2 Merkez Bazlı Etkinlik Karşılaştırması



Şekil 3.2, merkezlerin performans trendlerinin üç farklı davranış sergilediğini ortaya koymaktadır. BM5, VRS değerlerinde tam etkinlikte (1.000) sabit bir çizgi izlerken, CRS ve ölçek etkinliği değerleri 0.400-0.500 bandında yatay bir seyir göstererek istikrarlı bir performans sergilemiştir. Benzer şekilde BM7 de tüm etkinlik türlerinde dalgalanma göstermeden sabit bir trend sergilemiştir. BM2 merkezi, üç etkinlik türünde de düzenli bir yükseliş trendi sergilemiş, grafikte yukarı kademeli bir iyileşme göstermiştir. BM3 merkezi, başlangıçta hafif düşüş gösterse de 2022'den sonra tüm etkinlik değerlerinde belirgin bir artış kaydetmiştir. BM4 merkezi, özellikle CRS ve ölçek etkinliğinde 2021-2022 arasında büyük bir iyileşme göstermiştir. BM1 merkezi, 2022'ye kadar yükseliş gösterirken, 2023'te keskin bir düşüşle dalgalı performans göstermiştir. BM6 merkezi, ilk iki yıl istikrarlı bir performans gösterirken, son yılda belirgin bir düşüş sergilemiştir. BM8

merkezi, VRS değerlerinde sürekli düşüş gösterirken, CRS ve ölçek etkinliğinde dalgalı bir seyir izlemiştir.

3.3.2 Ölçeğe Göre Getiri Analizi

VZA’da ölçeğe göre getiri (Return to Scale: RTS) kavramı, KVB’lerin ölçek büyüklüklerindeki değişimlerin çıktıları üzerindeki etkisini incelemektedir (Thanassoulis, 2001, s. 39). Bu analiz, verimlilik endekslerindeki değişimlere dayanarak, birimlerin mevcut ölçek büyüklüklerinin etkinliğini ortaya koyar ve potansiyel gelişim alanlarını belirler (Ray, 2004, s. 51). Cooper vd. (2007, s. 138), bir KVB’nin, ölçeğe göre getirisini üç kategoride sınıflandırmıştır: (1) Ölçeğe göre sabit getiri (girdilerdeki artış, çıktıları da aynı oranda artışa yol açar), (2) ölçeğe göre artan getiri (girdilerdeki artış, çıktıları da daha yüksek oranda artışa neden olur) ve (3) ölçeğe göre azalan getiri (girdilerdeki artış, çıktıları da daha düşük oranda artışa sebep olur). Banker ve Thrall (1992), bu sınıflandırmanın matematiksel olarak λ değerlerinin toplamı ile

belirlenebileceğini göstermiştir: Sabit getirili merkezlerde $\sum \lambda_j = 1$, artan getirilerde

$\sum \lambda_j < 1$ ve azalan getirilerde $\sum \lambda_j > 1$ ’dir (Banker vd., 1984; Cooper vd., 2011, s.139).

Tablo 3.8 Ölçeğe Göre Getiri Analizi

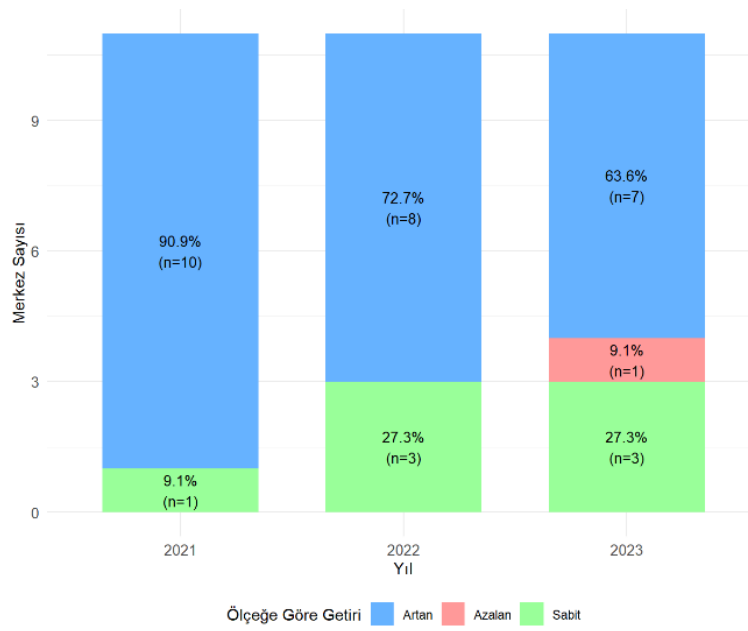
Merkez	Yıl	CRS Skor	VRS Skor	Ölçek Etkinliği	RTS	$\sum \lambda_j$
BM5	2021	0.440	1.000	0.440	Artan	0.440
BM5	2022	0.444	1.000	0.444	Artan	0.444
BM5	2023	0.469	1.000	0.469	Artan	0.469
BM6	2021	0.429	1.000	0.429	Artan	0.110

Merkez	Yıl	CRS Skor	VRS Skor	Ölçek Etkinliği	RTS	$\Sigma \lambda_j$
BM6	2022	0.526	1.000	0.526	Artan	0.121
BM6	2023	0.268	0.714	0.376	Artan	0.123
BM2	2021	0.364	0.574	0.634	Artan	0.396
BM2	2022	0.779	0.810	0.962	Artan	0.750
BM2	2023	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000
BM8	2021	0.349	1.000	0.349	Artan	0.273
BM8	2022	0.266	0.472	0.563	Artan	0.320
BM8	2023	0.538	0.606	0.888	Artan	0.699
BM11	2021	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000
BM11	2022	0.823	0.892	0.923	Artan	0.823
BM11	2023	0.783	0.867	0.903	Artan	0.779
BM1	2021	0.876	0.927	0.945	Artan	0.876
BM1	2022	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000
BM1	2023	0.089	0.427	0.208	Artan	0.089
BM7	2021	0.580	0.644	0.900	Artan	0.519
BM7	2022	0.580	0.644	0.900	Artan	0.519
BM7	2023	0.580	0.644	0.900	Artan	0.519
BM10	2021	0.724	0.844	0.858	Artan	0.724
BM10	2022	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000
BM10	2023	0.963	1.000	0.963	Azalan	1.257
BM3	2021	0.812	0.953	0.853	Artan	0.695
BM3	2022	0.740	0.974	0.760	Artan	0.568
BM3	2023	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000
BM9	2021	0.664	1.000	0.664	Artan	0.373
BM9	2022	0.922	0.999	0.922	Artan	0.843

Merkez	Yıl	CRS Skor	VRS Skor	Ölçek Etkinliği	RTS	$\Sigma \lambda_j$
BM9	2023	0.945	0.946	0.999	Artan	0.974
BM4	2021	0.077	1.000	0.077	Artan	0.056
BM4	2022	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000
BM4	2023	1.000	1.000	1.000	Sabit	1.000

Tablo 3.8 incelendiğinde, merkezlerin dört farklı ölçek özelliği sergilediği görülmektedir. Ölçeğe göre sabit getiri gösteren; BM2 (2023), BM10 (2021), BM1 (2022), BM10 (2022), BM3 (2023) ve BM4 (2022-2023) merkezleri optimal ölçekte ($\lambda=1.000$) faaliyet göstermektedir. Bu merkezler, girdilerindeki artışın çıktılarda aynı oranda artışa yol açtığı verimli bir operasyonel yapıya sahiptir. BM9 merkezi sürekli iyileşme göstererek lambda değerini 0.373'ten 0.974'e yükseltmiştir. Bu gelişim, merkezin kaynak kullanımındaki optimizasyonu ve operasyonel ölçeğini ideal seviyeye yaklaştırma başarısını göstermektedir. Benzer şekilde, BM7 merkezi üç yıl boyunca sabit lambda değeri (0.519) sergilemiştir, bu da merkezin teknik etkinlik açısından sabit bir çizgide ilerlerken, ölçek verimliliğinde belirli bir seviyede durağanlaştığını ortaya koymaktadır. Her iki merkez de optimal ölçeğe yakın çalışmakta olup, özellikle BM9'in gösterdiği kademeli iyileşme, kaynakların daha verimli kullanımına doğru olumlu bir trendi yansıtmaktadır. BM4 (2021, $\lambda=0.056$), BM6 (2021-2023, $\lambda=0.110-0.123$) ve BM8 (2021, $\lambda=0.273$) merkezleri düşük ölçekte faaliyet göstermektedir. Bu, merkezlerin ölçek büyütme potansiyeline işaret etmektedir. BM10 optimal ölçekten uzaklaşarak lambda değerini 1.000'den 0.779'a düşürmüştür. BM10 merkezi ise 2023'te lambda değeri 1.257 ile tek azalan ölçek özelliği gösteren merkez olmuştur. Bu, merkezin ölçeğini küçültmesi gerektiğini göstermektedir.

Şekil 3.3 Yıllara Göre RTS Dağılımı



3.3.3 Bootstrap VZA Analizi

Etkinlik puanlarının %95 güvenle hangi aralıklarda olduklarını görmek için Bootstrap analizi yapılmıştır. Bu yöntem, orijinal veri setinden tekrarlı örneklemeler yaparak etkinlik tahminlerinin dağılımını elde eder (Simar ve Wilson, 1998). Bu çalışmada B=5000 tekrar kullanılmış ve %95 güven aralıkları hesaplanmıştır.

Tablo 3.9 Bootstrap Analizi Güvenilirlik Göstergeleri

Merkez	Ort.Etkinlik	GAGenişlik	GAKapsama	Yanlılık	OutlierCount
BM5	1.0000	0.0000	1.0000	0.5489	0
BM6	0.9048	0.3299	0.6667	0.4971	0
BM2	0.7949	0.4264	0.3333	0.0804	0
BM8	0.6926	0.5488	0.3333	0.3083	0
BM11	0.9197	0.1413	0.3333	0.0510	0
BM1	0.7845	0.6234	0.3333	0.1296	0
BM7	0.6443	0.0000	0.0000	0.0647	0
BM10	0.9479	0.1806	0.6667	0.0525	0
BM3	0.9753	0.0476	1.0000	0.1248	0

Merkez	Ort.Etkinlik	GAGenişlik	GAKapsama	Yanlılık	OutlierCount
BM9	0.9818	0.0620	0.6667	0.1381	0
BM4	1.0000	0.0000	1.0000	0.3078	0

Tablo 3.9'dan görüldüğü üzere bootstrap analizi güven aralığı (GA) genişlikleri 0.0000-0.6234 arasında değişmektedir. BM5, BM4 ve BM7 merkezlerinin GA genişliklerini 0.0000 olması, bu merkezlerin etkinlik değerlendirmesinin yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu gösterir. Buna karşılık, BM1 (0.6234) ve BM8 (0.5488) merkezlerinin geniş güven aralıkları, etkinlik tahminlerindeki belirsizliğe işaret etmektedir. BM5, BM4 ve BM3 merkezlerinin tam kapsama (1.0000) göstermesi, bu merkezlerin etkinlik değerlendirmesinin yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu ve verimlilik-etkinlik ilişkisinin tutarlı bir şekilde ölçüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu merkezlerin performans değerlendirmesinde, girdilerin çıktılara dönüşüm sürecinin istikrarlı olduğu ve etkinlik skorlarının tesadüfi faktörlerden minimum düzeyde etkilendiği söylenebilir. Buna karşılık, BM6, BM10 ve BM9 orta düzey kapsama (0.6667) sergilemesi, bu merkezlerin etkinlik değerlendirmesinde belirli bir güvenilirlik olduğunu, ancak verimlilik-etkinlik ilişkisinin daha değişken olabileceğini göstermektedir. Bu durum, söz konusu merkezlerin kaynak kullanımı ve çıktı üretimi arasındaki ilişkinin daha karmaşık olduğuna ve etkinlik değerlendirmesinde daha geniş bir belirsizlik aralığı bulunduğu işaret eder. BM7 merkezinin 0 kapsama oranına sahip olması, bu merkezin etkinlik değerlendirmesinin güvenilirliğinin düşük olduğunu ve verimlilik-etkinlik ilişkisinin tutarsız olabileceğini göstermektedir.

Yanlılık değerlerindeki farklılıklar, merkezlerin etkinlik tahminlerindeki sistematik sapmaları göstermektedir. Bu değerler 0.510 ile 0.5489 arasında değişkenlik göstermektedir. BM5 (0.5489) ve BM6 (0.4971) merkezlerindeki yüksek yanlılık, bu merkezlerin etkinlik değerlendirmesinde daha fazla ihtiyatlı olunması gerektiğini ve verimlilik-etkinlik ilişkisinin daha karmaşık olabileceğini ortaya koymaktadır. BM10 (0.0510) ve BM10 (0.0525) merkezlerindeki düşük yanlılık ise, bu merkezlerin etkinlik değerlendirmesinin daha doğru olduğunu ve verimlilik-etkinlik ilişkisinin daha net bir şekilde ölçülebildiğini göstermektedir. Ayrıca genel olarak hiçbir merkezde aykırı değer (outlier) tespit edilmemesi, veri setinin tutarlılığına işaret etmektedir.

3.3.4 Etkinlik Analizi

3.3.4.1 Yıllık Performans Değerlendirmesi

Bilim merkezlerinin yıllık performansları, VRS ve CRS etkinlik skorları ile ölçek etkinliği açısından değerlendirilmiştir.

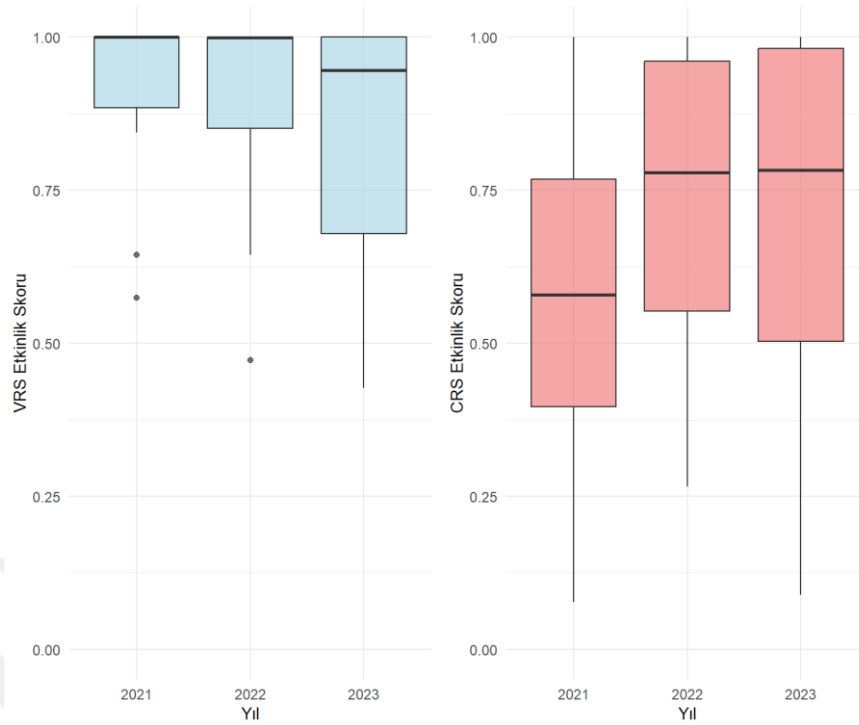
Tablo 3.10 Yıllık Özet İstatistikler

Yıl	Ort_VRS	Ort_CRS	Ort_Ölçek	Min_VRS	Max_VRS	SD_VRS	SD_CRS
2021	0.904	0.574	0.650	0.574	1	0.154	0.272
2022	0.890	0.734	0.818	0.472	1	0.179	0.251
2023	0.837	0.694	0.791	0.427	1	0.205	0.326

SD: Standart sapma

Tablo 3.10'daki yıllık özet istatistikler, bilim merkezlerinin zaman içindeki etkinlik ve verimlilik trendlerini ortaya koymaktadır. VRS etkinlik değerlerinin 2021'den 2023'e doğru kademeli düşüşü (0.904'ten 0.837'ye), merkezlerin teknik etkinliğinde bir gerileme olduğunu gösterirken; standart sapmanın artışı (0.154'ten 0.205'e), merkezler arası performans farklılıklarının büyüdüğüne işaret etmektedir. Tüm yıllarda maksimum VRS değeri 1.000 olarak gerçekleşirken, minimum değerler düşüş göstermiştir. Bu trend, en kötü performans gösteren merkezlerin durumunun giderek kötüleştiğini göstermektedir. CRS etkinlik değerlerindeki dalgalanma (2021: 0.574, 2022: 0.734, 2023: 0.694) ve ölçek etkinliğindeki benzer trend (2021: 0.650, 2022: 0.818, 2023: 0.791), merkezlerin ölçek verimliliğinde önce iyileşme, sonra kısmi bozulma yaşandığını göstermektedir. Ölçek etkinliği açısından da benzer bir trend gözlemlenmiş, 2021'deki 0.650 değerinden başlayarak, 2022'de 0.818'e ve 2023'te 0.791'e gerilemiştir. Bu değerler, merkezlerin optimal ölçeğe yaklaştığını, ancak son yılda bu trendin hafif gerilediğini göstermektedir.

Şekil 3.4 CRS ve VRS Etkinlik Skorları Yıllık Dağılımı



Şekil 3.4 incelendiğinde VRS skorlarının 2021 yılında üst çeyrekte yoğunlaştığı, medyan yaklaşık 0.90 seviyesinde olduğu görülmektedir. Yani merkezlerin çoğu yüksek performans göstermiştir. 2022'de dağılım aralığı genişlemiş, ancak medyan yüksek seviyesini (0.90) korumuştur. 2023'te ise dağılım aralığı daha da genişlemiş, alt çeyreklik 0.70 seviyesine kadar inmiştir. Buradan 2022 ve 2023'te merkezler arasındaki performans farklarının arttığı anlaşılmaktadır. CRS etkinlik skorları ise 2021'de 0.40-0.75 aralığında yoğunlaşmış ve medyanı yaklaşık 0.55 seviyesindedir. Bu, merkezlerin performansları orta düzeyde olduğu anlamına gelmektedir. 2022'de dağılım yukarı yönlü genişlemiş, medyan 0.75'e yükselmiş ve genel bir iyileşme görülmüştür. 2023'te dağılım aralığı benzer kalmış ancak alt çeyreklik biraz daha aşağı inmiştir. Buradan bazı merkezlerin performansı düşmeye başladığı anlaşılmaktadır. VRS'de üst çeyrekte yoğunlaşma görülürken, CRS'de daha dengeli bir dağılım gözlenmiştir. Her iki modelde de yıllar içinde dağılım aralıklarının genişlemesi merkezler arası performans farklılıklarının arttığını göstermektedir. 2023 yılında her iki modelde de performans düşüşü ve dağılım genişlemesi görülmektedir.

3.3.4.2 Malmquist Verimlilik Analizi

Malmquist Verimlilik Endeksi veya Toplam Faktör Verimliliği (TFV), farklı dönemlerdeki verimliliklerini karşılaştırmak için kullanılır. TFV analizi, bilim

merkezlerinin 2021-2022 ve 2022-2023 dönemlerindeki performans değişimlerini üç temel bileşen üzerinden incelemektedir (Ağaoğlu ve Çadırcı, 2019): Saf Teknik Etkinlik Değişimi (PECH), yönetsel etkinliği; Ölçek Etkinliği Değişimi (SECH), operasyonel büyüklüğün optimal kullanılıp kullanılmadığını ve Teknolojik Değişim (TECH), inovasyon ve teknolojik ilerlemeyi temsil eder. TECH, aynı girdi miktarıyla daha fazla çıktı üretebilme kapasitesindeki artışı gösterir (Chowdhury vd., 2011). İki farklı dönemin etkinlik değişiminin geometrik ortalamasına eşittir. PECH ile SECH'in çarpımı Etkinlik değişimi (EC) endeksine eşittir, yani $EC=PECH \times SECH$ 'dir. EC, merkezlerin mevcut kaynaklarını ne kadar iyi kullandığını gösterir. TVF, EC ile TECH çarpımına eşittir, yani $TVF=EC \times TECH$ 'dir (Färe vd.,1994).

TFV endeksinin hesaplanmasında kullanılan mesafe fonksiyonları, " x " girdi ve " y " çıktı değişkenleriyle S üretim kümesi içinde tanımlanır. Bu fonksiyonlar şu şekilde ifade edilebilir (Färe vd.,1994; Lee vd., 2011):

$$D_0^s(x, y) = \min \left\{ \delta : \left(\frac{y}{\delta} \right) \in S \right\}$$

Zaman içindeki değişimleri analiz etmek için iki farklı dönem (t ve $t + 1$)

incelenir:

t Dönemi için etkinlik

$$M^t = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)}$$

değişimi

$t + 1$ Dönemi için etkinlik

$$M^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)}$$

değişimi

Bu iki dönemin geometrik ortalaması, toplam faktör verimliliğindeki değişimi gösterir.

$$PECH = \frac{D_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}$$

$$SECH = \left[\frac{\frac{D_{VRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{CRS}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}}{\frac{D_{VRS}^{t+1}(x^t, y^t)}{D_{CRS}^{t+1}(x^t, y^t)}} \times \frac{\frac{D_{VRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{CRS}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}}{\frac{D_{VRS}^t(x^t, y^t)}{D_{CRS}^t(x^t, y^t)}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Teknolojik değişim ise aşığıdaki formülle hesaplanır:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \sqrt{\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)}}$$

Bu formül yeniden düzenlendiğinde, TFFV'yi oluşturan bileşenler şu şekilde ifade edilir:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \sqrt{\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)}}$$

Tablo 3.11 Malmquist Verimlilik Endeksi Analizi

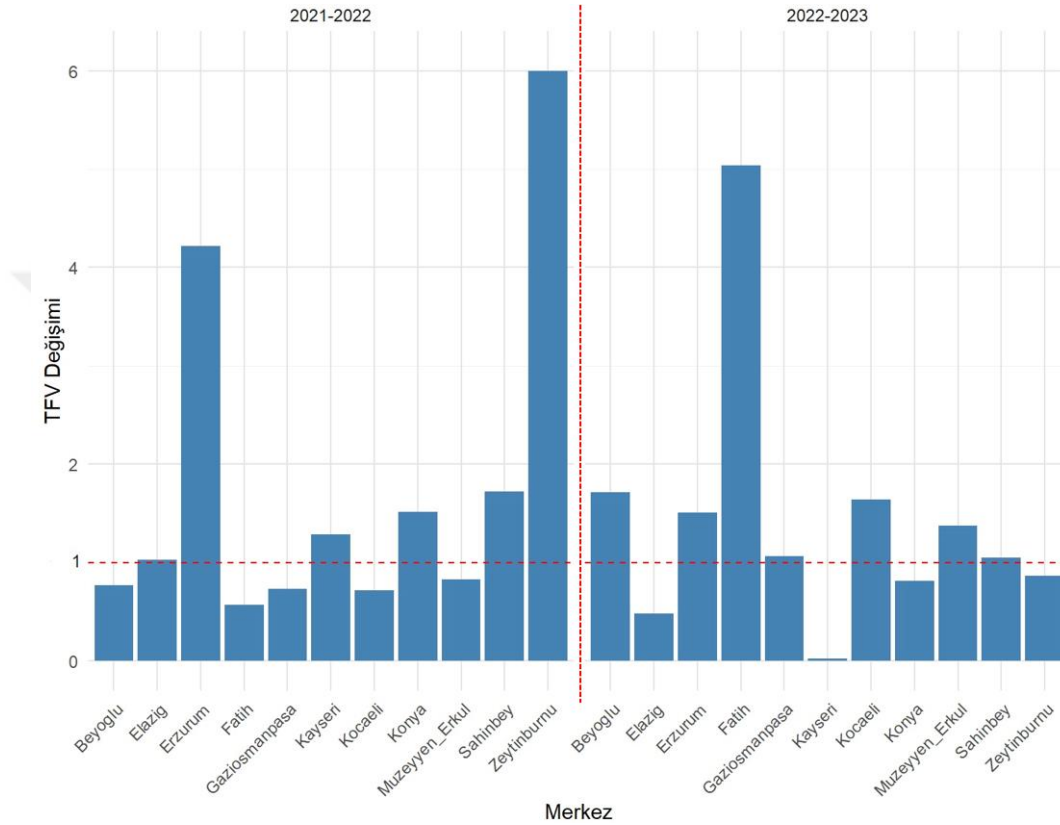
Dönem	Merkez	PECH	SECH	TECH	TFV
2021-2022	BM1	1.000	1.000	1.285	1.285
	BM2	1.489	1.293	2.192	4.220
	BM3	1.000	0.930	0.892	0.830
	BM4	1.000	8.805	11.605	102.192
	BM5	1.000	0.760	1.012	0.770
	BM6	1.000	0.847	1.217	1.030
	BM7	0.765	0.938	1.000	0.717
	BM8	0.492	1.554	0.744	0.569
	BM9	1.000	1.128	1.525	1.720
	BM10	1.000	1.000	1.516	1.516
	BM11	0.935	0.948	0.827	0.733
2022-2023	BM1	0.822	0.334	0.087	0.024
	BM2	1.067	1.024	1.378	1.505
	BM3	1.000	1.075	1.277	1.373
	BM4	1.000	1.000	0.866	0.866
	BM5	1.000	1.620	1.058	1.714
	BM6	1.000	0.948	0.509	0.483
	BM7	1.552	1.057	1.000	1.640
	BM8	1.722	1.283	2.279	5.036
	BM9	1.000	1.000	1.048	1.048
	BM10	1.000	1.000	0.812	0.812
	BM11	1.069	1.055	0.946	1.068

Tablo 3.11'deki sonuçlar, 2021-2022 döneminde BM4 merkezinin ölçek etkinliğinde (SECH: 8.805) ve teknolojik değişimde (TECH: 11.605) kaydettiği büyük ilerlemenin, toplam faktör verimliliğinde (TFV: 102.192) çarpıcı bir artışa yol açtığını göstermektedir. Bu durum, merkezin hem teknik hem de ölçek etkinliğinde önemli bir iyileşme sağladığını ortaya koymaktadır. Bu dönemde BM2 merkezide, teknolojik değişimdeki 2.192'lik ve ölçek etkinliğindeki 1.293'lük artışların katkısıyla 4.220'lik TFV değeri elde etmiştir. Bu sonuç, merkezin hem kaynak kullanım etkinliğini artırdığını hem de teknolojik kapasitesini geliştirdiğini göstermektedir. BM9 merkezi ise teknolojik değişimdeki (TECH) 1.525'lik artışın katkısıyla 1.720'lik TFV değerine ulaşmıştır. Bu durum, merkezin mevcut kaynaklarını daha verimli kullanabilme kapasitesini geliştirdiğini göstermektedir. 2022-2023 dönemine bakıldığında, 2022-2023 döneminde ise BM8 merkezi, saf etkinlikte (PECH: 1.722), teknolojik değişimde (TECH: 2.279) ve ölçek etkinliğinde (SECH: 1.283) dengeli bir ilerleme kaydederek, toplam faktör verimliliğinde (TFV: 5.036) önemli bir artış sağlamıştır. Bu gelişim, kaynak optimizasyonu ve hedeflere ulaşma kapasitesinin birlikte iyileştirildiğini göstermektedir. BM5 merkezi de ölçek etkinliğindeki 1.620 katlık artışın katkısıyla 1.714'lük kayda değer bir TFV değeri elde etmiştir. Bu durum, merkezin kaynak kullanım ölçeğini optimize ederek, aynı girdi miktarıyla daha fazla çıktı üretme kapasitesini geliştirdiğini göstermektedir. BM2 merkezi bu dönemde de istikrarlı performansını sürdürerek, tüm bileşenlerde artış göstermiş ve 1.505'lik TFV değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, merkezin hem yönetsel etkinliğini hem de teknolojik kapasitesini geliştirerek, kaynaklarını daha verimli kullandığını göstermektedir. Buna karşın bazı merkezlerde ise belirgin performans düşüşleri gözlenmiştir. Örneğin BM1, 2022-2023 döneminde teknolojik değişimdeki ciddi gerileme (0.087) nedeniyle 0.024 gibi düşük bir TFV değeri göstermiştir. Bu durum, merkezin teknolojik altyapısını ve üretim süreçlerini etkin kullanmadığını, dolayısıyla aynı girdi miktarıyla daha az çıktı üretir hale geldiğini göstermektedir. Benzer şekilde BM6 merkezi de teknolojik değişimdeki azalma (0.509) sonucu 0.483'lük TFV değerine gerilemiştir. Her iki merkezde de görülen bu düşüş, kaynakların etkin kullanımında ve teknolojik kapasiteden yararlanmada yaşanan sorunlara işaret etmektedir.

Dönemler arası karşılaştırmada, ilk dönemde teknolojik değişim odaklı ilerlemeler ön plandayken, ikinci dönemde teknoloji yatırımlarının tamamlanıp kullanım aşamasına geçilmesinde dolayı saf ve ölçek etkinliklerinde daha dengeli bir gelişim gözlenmiştir. Bu

dönüşüm, merkezlerin sürdürülebilir performans artışı için kaynak kullanımı ve operasyonel süreçlerde optimizasyona yöneldiklerini göstermektedir. Ayrıca, teknolojik altyapı yatırımlarının ardından bu yatırımların etkin kullanımına odaklanıldığı söylenebilir. Bu sonuçlar, merkezlerin yönetsel ve operasyonel etkinliklerinin teknolojik gelişimden daha belirleyici olduğunu göstermektedir.

Şekil 3.5 Toplam Faktör Verimliliği Değişimi



*1.0 çizgisi değişimin olmamasını gösterir

3.6. MERKEZLERİN SIRALANMASI

Bu çalışmada merkezlerin etkinlik sıralamasını yapmak için Tone (2002) tarafından önerilen Gevşek değişken bazlı (Slacks-Based Measure: SBM) etkinlik modeli tercih edilmiştir. Bu model hem etkin hem de etkin olmayan karar verme birimlerini tek bir ölçekte değerlendirebilme özelliğine sahiptir.

Girdi odaklı SBM modeli, girdi fazlalıklarını minimize ederken çıktı eksikliklerini de dikkate alır. Bu modeli matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir (Tone, 2002; Cooper vd. 2007, 100-103):

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}}}$$

$$\text{Girdi kısıtı: } \sum_{i=1}^m \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \forall i = 1, 2, \dots, m$$

$$\text{Çıktı kısıtı: } \sum_{i=1}^m \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{r0}, \forall r = 1, 2, \dots, s$$

$$\text{Ağırlık kısıtı: } \sum_{i=1}^m \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, \forall j = 1, 2, \dots, n$$

$$s_i^-, s_r^+ \geq 0, \forall i, r$$

Burada;

ρ : SBM etkinlik skoru. $0 \leq \rho \leq 1$,

n : KVB sayısı,

m : Girdi sayısı,

s : Çıktı sayısı,

x_{i0} : Analiz edilen KVB'nin i . girdi değeri,

y_{rj} Analiz edilen KVB'nin r . çıktı değeri,

x_{ij} : i . girdinin j . KVB'deki değeri,

y_{rj} : r . çıktının j . KVB'deki değeri,

λ_j : j . KVB'nin ağırlık katsayısı,

s_i^- : i . girdi için fazlalık,

s_r^+ : r . çıktı için eksiklik.

SBM etkinlik skorlarına sıralama yaparken önce azalan sırada sıralama yapılmıştır. SBM skorları eşit olan merkezler ise önce en düşük toplam gevşek değişken değerine göre sıralanmıştır. Bir KVB için toplam girdi gevşek değişkeni o KVB'deki girdi fazlalığının ne kadar azaltılabileceğini ve toplam çıktı gevşek (slack) değişkeni o KVB'deki çıktı eksikliği ne kadar azaltılabileceğini gösterir. Bundan dolayı toplam gevşek değişken değeri düşük KVB'lerin sıralaması daha iyi kabul edilmiştir.

Tablo 3.12 SBM Etkinlik Sıralaması

Sıra	Merkez	Yıl	ρ	Girdi_Slack	Çıktı Slack	Toplam_Slack
1	BM6	2021	1	0	0	0
	BM6	2022	1	0	0	0
	BM2	2023	1	0	0	0
	BM11	2021	1	0	0	0
	BM1	2022	1	0	0	0
	BM10	2022	1	0	0	0
	BM10	2023	1	0	0	0
	BM3	2023	1	0	0	0
	BM9	2021	1	0	0	0

	BM4	2022	1	0	0	0
	BM4	2023	1	0	0	0
2	BM9	2022	0.989	0.128	0	0.128
3	BM3	2022	0.957	0.428	267.322	267.75
4	BM9	2023	0.945	0.769	2.851	3.62
5	BM3	2021	0.942	0.613	0	0.613
6	BM1	2021	0.925	1.186	53902.34	53903.53
7	BM8	2021	0.887	1.134	35139.17	35140.3
8	BM11	2022	0.877	1.386	27641.55	27642.94
9	BM11	2023	0.859	1.566	28656.21	28657.78
10	BM5	2023	0.838	1.625	43750.92	43752.55
11	BM5	2021	0.829	1.711	44728.21	44729.92
12	BM5	2022	0.829	1.711	43727.21	43728.92
13	BM10	2021	0.801	4.224	20277.85	20282.07
14	BM2	2022	0.797	2.661	16097.26	16099.92
15	BM4	2021	0.711	2.888	31907.29	31910.18
16	BM7	2021	0.639	7.238	27959.77	27967.01
17	BM7	2022	0.639	7.238	27959.77	27967.01
18	BM7	2023	0.639	7.238	27959.77	27967.01
19	BM6	2023	0.611	3.967	0.154	4.121
20	BM8	2023	0.587	7.931	26929.03	26936.96
21	BM2	2021	0.523	7.515	11616.96	11624.48
22	BM8	2022	0.449	9.781	23420.81	23430.59
23	BM1	2023	0.424	9.756	30980.34	30990.1

Tablo 3.12'ye bakıldığında merkezlerin dört farklı grupta toplandığı görülmektedir. Birinci grupta yer alan tam etkin (SBM Etkinlik=1) merkezler hem girdi hem de çıktı

toplam gevşek değerleri sıfırdır. Bu grupta BM6 (2021-2022), BM2 (2023), BM11 (2021), BM1 (2022), BM10 (2022-2023), BM3 (2023), BM9 (2021) ve BM4 (2022-2023) merkezleri bulunmaktadır. Bu merkezler, ilgili dönemlerde kaynaklarını optimal düzeyde kullanarak maksimum çıktı elde etmişlerdir. İkinci grupta ise etkinlik skorları 0.9 ile 1 arasında olan merkezler yer almaktadır. BM9 (2022: 0.989), BM3 (2022: 0.957) ve BM9 (2023: 0.945) bu grubun öne çıkan örnekleridir. Bu merkezlerin diğer merkezlere kıyasla yüksek etkinlik skorlarına rağmen, özellikle BM3'un 2022 yılında 267.75'lik toplam gevşek değeri, iyileştirme potansiyelinin varlığına işaret etmektedir. Üçüncü grupta, etkinlik skorları 0.7 ile 0.9 arasında değişen merkezler bulunmaktadır. Bunlar: BM11 (2022-2023), BM5 (2021-2023) ve BM10 (2021)'dir. Bu grupta özellikle BM5 merkezinin üç yıl boyunca benzer etkinlik skorları (0.829-0.838) ve yüksek toplam gevşek değerleri (43,728-44,729) sergilemesi, sistematik bir iyileştirme ihtiyacını göstermektedir. Son grupta ise etkinlik skorları 0.7'nin altında olan merkezler yer almaktadır. BM7 merkezinin üç yıl boyunca aynı etkinlik skoru (0.639) ve toplam gevşek değerleri sergilemesi, bir soruna işaret etmektedir. BM1'nin 2023 yılında 0.424'lük etkinlik skoru ve 30,990'lık toplam gevşek değeri ile en düşük performansı göstermesi, iyileştirme ihtiyacını ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Bu araştırma, 2021-2023 yılları arasında Milli Teknoloji Hamlesi çerçevesinde Türkiye'deki 11 bilim merkezinin verimliliğini detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamıştır. Araştırma yapılmayan bilim merkezi sayısı 24 adettir. Bunların her yıl verisi olması ve bir çoğunun son 1-2 yıl içerisinde kurulması sebebiyle araştırma dahil edilememiştir. Toplam merkez sayısı 35'tir. Çalışmada, veri zarflama analizi (VZA) ve ilgili modeller (CCR, BCC, ölçeğe göre getiri, bootstrap VZA, Malmquist verimlilik analizi) kullanılarak kurumların performansları, teknik etkinlikleri ve gelişim potansiyelleri kapsamlı olarak değerlendirilmiştir.

Analizler, Türkiye'deki bilim merkezlerinin inovasyon kapasitesi, eğitim kalitesi ve yerli üretim destekleri açısından güçlü yönleri sahip olduğunu; ancak altyapı, teknolojik donanım ve Ar-Ge süreçlerinde belirli eksiklikler barındırdığını ortaya koymuştur. CCR ve BCC modelleri ile yapılan değerlendirmelerde, bazı bilim merkezlerinin tam verimlilik seviyesine ulaşamadığı, ölçek getirilerinde eksikliklerin bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum, kurumların ölçek yapılandırmalarının ve operasyonel süreçlerinin yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Araştırma boyunca yürütülen saha çalışmalarında yapılan gözlemler, bilim merkezlerinin toplumun her kesiminden büyük ilgi gördüğünü, bu ilginin mevcut kapasiteleri zorladığını, bilim merkezlerinde yürütülen çalışmaların Milli Teknoloji Hamlesi ve Milli Teknoloji Seferberliğinde bir dip dalga oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırmanın bulguları doğrultusunda, bilim merkezlerinin verimliliklerini artırmaya yönelik şu somut stratejik öneriler sunulmaktadır:

1. Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Yatırımları

- Bilim merkezleri, süreçlerini daha etkin yönetebilmek için profesyonel iş takip programları kullanmalıdır.
- Veri yönetimi sistemleri, online eğitim platformları ve sanal laboratuvar uygulamaları bilim merkezlerinde hayata geçirilmelidir.
- Dijital içerik üretimi artırılmalı ve uzaktan eğitim araçları ile desteklenmelidir.

2. Operasyonel Yapının Güçlendirilmesi

- Ölçek getirilerinde yaşanan eksiklikler göz önüne alınarak, kurumların operasyonel yapılandırmaları ve kaynak dağılımları analiz edilmiş verilere dayalı olarak yeniden düzenlenmelidir.
- Optimum ölçeklendirme stratejileri geliştirilerek, kaynakların daha verimli kullanılması sağlanmalıdır.
- Kurumların performans izleme ve değerlendirme süreçleri için veri analitiği ve yapay zekâ destekli karar mekanizmaları entegre edilmelidir.

3. Eğitim ve Araştırma Süreçlerinin Geliştirilmesi

- Kurum personeline yönelik sürekli eğitim programları uygulanmalı ve mesleki gelişim desteklenmelidir.

- Yenilikçi düşünce ve problem çözme becerileri teşvik edilerek eğitim programları bu doğrultuda güncellenmelidir.
- Eğitim müfredatında yapay zekâ, robotik ve büyük veri analitiği gibi alanlara daha fazla yer verilmelidir.
- Araştırma projelerinin desteklenmesi için üniversitelerle iş birlikleri artırılmalı, ortak çalışma grupları oluşturulmalıdır.

4. Etkinlik ve Atölyenin Ayrımı

- Kurum içi ve kurum dışı etkinlikler birbirinden net ayrılmalı verilerin sağlıklı olması için. Yine etkinlikler içerisinde atölye çalışması varsa bu verilerde ayrı tutulması gerekiyor.

5. Bilim Merkezleri Ölçek Ayrımı

- Çeşit faktörler belirlenerek bilim merkezleri birbirinden ayrılabilir büyük ve küçük olarak. Hatta dönemsel kendi içerisinde değerlendirmelere göre ödüllendirilebilir.

6. Kaynak Kullanım Verimliliğinin Artırılması

- Bilim merkezlerinin finansal kaynakları etkin tahsis edilmeli, bütçe planlamasında performans bazlı finansman modeli uygulanmalıdır.
- Fiziksel altyapının iyileştirilmesi için kamu-özel sektör iş birlikleri geliştirilmelidir.
- Bilim merkezlerinde proje bazlı finansman modelleri uygulanarak sürdürülebilir gelir kaynakları oluşturulmalıdır.
- Enerji verimliliğini artırmaya yönelik yenilenebilir enerji sistemleri (güneş panelleri, enerji depolama sistemleri) bilim merkezlerine entegre edilmelidir.

Sonuç olarak, Türkiye'deki bilim merkezleri, dijital dönüşümü hızlandırarak, eğitim ve araştırma süreçlerini geliştirmeli, uluslararası iş birliklerini artırarak verimliliklerini en üst seviyeye çıkarmalıdır. Yapılan analizler, bu kurumların stratejik aktörler olarak konumlandığını ve Milli Teknoloji Hamlesi hedeflerine ulaşmada kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır. Sunulan öneriler, kurumların mevcut verimlilik seviyelerini artırarak sürdürülebilir ve yenilikçi bir yapıya kavuşmalarına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- TÜBİTAK. (t.y.). *Yerli ve milli üretim stratejisi*. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. <https://www.tubitak.gov.tr>
- Aday, S., ve Aday, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on the Food Supply Chain. **Food Quality and Safety**, 4 (4), 167-180.
- Ağaoğlu, F. O., & Çadircı, B. D. (2019). İller Bazında Hastanelerde Veri Zarflama ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi Yaklaşımı ile Verimlilik Analizi: 2012-2017 Dönemi Türkiye Örneği. **Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi**, 6(9), 36-51.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of econometrics**, 6(1), 21-37.
- Aktüre, T. (1989). Bilim ve Teknoloji Müzeleri ve Merkezleri, **Bilim ve Teknik Dergisi**. 254,42, 45.
- Anadolu Ajansı: Milli Teknoloji Hamlesi ve altyapı yatırımlarıyla ilgili haberler ve gelişmeler aa.com.tr
- Anderson, C. (2012). **Makers: The New Industrial Revolution**. New York: Crown Business.
- Anderson, D. (2017). Learning Science in Informal Environments: The Role of Museums and Science Centers. **Journal of Science Education**, 45(3), 123-136. <https://doi.org/10.1234/jse.2017.45.3>
- ASTC (Association of Science-Technology Centers) raporları.**
- Aşık, F., Yıldız, A., Kılınç, S., Aytekin, N., Adalı, R., & Kurnaz, K. (2023). Yapay zekânın eğitime etkileri. International **Journal of Social and Humanities Sciences Research**, 10(98), 2100–2107. <https://zenodo.org/records/8307107>
- Aydin, B. I., & BORAT, O. (2020). Bitkisel Tarım Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçümü: Türkiye’de İl Düzeyinde Bir Çalışma. **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 20(39), Bahar 2021, 1-18.
- Bakırcı, Ç. M., **Turkiyede-evrim-ve-bilim-egitimi-1-turkiyede-bilimin-kisa-gecmisi-ve-gunumuzdeki-durum-278-** <https://evrimagaci.org>

- Banker, R. D., & Thrall, R. M. (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. *European Journal of operational research*, 62(1), 74-84.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). **Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning**. Edutopia.
- Bayraktar, H. (2020). **Savunma Sanayiinde Yerli ve Milli Teknolojiler**. Ankara: Savunma Araştırmaları Enstitüsü.
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. National Academies Press.
- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1997). Efficiency of financial institutions: International survey and directions for future research. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 175-212.
- Biggs, J. B. (1996). "Enhancing Teaching through Constructive Alignment." *Higher Education*, 32(3), 347-364.
- Bilim Merkezi - Vikipedi. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/Bilim_merkezi
- Bilim Merkezleri ve Eğitimdeki Rolü" - **Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi**
- Bilim Merkezleri, Türkiye’de Bilim Merkezi Kavramının Doğuşu ve Gelişimi**; Erişim: <https://politikakademi.org/2018/09/bilim-merkezleri-turkiyede-bilim-merkezi-kavraminin-dogusu-ve-gelisimi/>
- Bilim Merkezlerindeki Eğitim Atölyeleri: Geliştirilme, Uygulanma ve Değerlendirme Süreci**. Erişim: https://www.academia.edu/40437240/Bilim_merkezlerindeki
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2014). *Türkiye’de Bilim Merkezleri Raporu*. <https://www.sanayi.gov.tr>
- Bitgood, S. (2010). An Analysis of Visitor Circulation: Movement Patterns and the General Dynamics of Visiting. Curator: *The Museum Journal*, 53(2), 149-166.
- Braun, V., & Clarke, V. "Using Thematic Analysis in Psychology" (2006).

- Burhan, M. (2015). Sürdürülebilir rekabet için teknoloji ve yenilik yönetimi. *Bilişim Dergisi*, 171.
- Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi Resmi Web Sitesi: bursabilimmerkezi.org
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- CB DDO, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi - Dijital Türkiye, Erişim Tarihi : 12.12.2024
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units." *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin, ve L. M. Seiford. "**Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application**", Kluwer Academic Publishers, Boston, 393-438 (1994).
- Chin, C., & Chia, L. G. (2004). Problem-Based Learning: Using Students' Questions to Drive Knowledge Construction. *Science Education*, 88(5), 707-727.
- Chowdhury, H., Wodchis, W., & Laporte, A. (2011). Efficiency and technological change in health care services in Ontario: An application of Malmquist Productivity Index with bootstrapping. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(7), 721-745.
- Coelli, T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. New York: Springer.
- Cook, W. D., & Zhu, J. (2014). **Data Envelopment Analysis: A Handbook on the Modeling of Internal Structures and Networks**. Springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (Vol. 2, p. 489). New York: springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). **Data envelopment analysis: History, models, and interpretations**. *Handbook on data envelopment analysis*, 1-39.
- Creswell, J.W., "Araştırma Yöntemleri ve Uygulamaları" (2017).

Creswell, J.W., "Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches" (2017).

[Çağatay DEMİR](#), Yeni Girişimcilik Fikirleri - Haziran 28, 2024, [Girişimcilik](#)

Çapanoğlu, M., [2025 Savunma Sanayi: Yeni Teknolojiler ve Küresel Güvenlik](#), 2024, Erişim Tarihi: 12.12.2024

DEMİRCİ, A. (2018). "Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi", Ankara: Gazi Kitabevi.

Deneyap Atölyeleri ve Gençlerin Gelişimindeki Rolü - Türkiye Eğitim Vakfı Yayınları.

Deneyap Türkiye (2023). **Deneyap Atölyeleri Raporu**. İstanbul: T3 Vakfı Yayınları.

Deneyap Türkiye (2023). **Teknoloji Atölyelerinin Eğitimdeki Rolü ve Katkıları**. Deneyap Eğitim Programı Yayınları. <https://www.deneyapturkiye.org>

dergipark.org.tr/en/download/article-file/1036118 - Kurt, A. S. (2020). Dijital dönüşümün ekonomiye etkileri: Türkiye Ekonomisi'ne yansımaları. **OPUS International Journal of Society Researches**, 16(30), 3083-3109.

dergipark.org.tr: TEKNOLOJİ POLİTİKALARI VE TÜRKİYE: BİR İNCELEME İsmail SEYREK, Murat SARIKAYA - Seyrek, İ., & Sarıkaya, M. (2008). TEKNOLOJİ POLİTİKALARI VE TÜRKİYE: BİR İNCELEME. **Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, 8(15), 53-79.

Doğan R., [Yerli Üretim İçin Gerekli Altyapı ve Kaynaklar - Kobi Hayat - Finans Yönetim Danışmanlık](#), 2024

DOĞAN, Z.(2010). "1992 Yılında Kurulan Devlet Üniversitelerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması", Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, İktisat Teorisi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bolu.

Dougherty, D. (2012). *The Maker Movement*. Innovations: Technology, **Governance, Globalization**, 7(3), 11-14.

Dougherty, D. (2013). **Maker Movement Manifesto**. McGraw Hill Professional.

Drucker, P. (1985). **Innovation and Entrepreneurship**. New York: Harper & Row.

- Duran, B & Pirinççi, F& Özdemir. G (Eds) 2023. **Türkiye'nin İstiklali , Milli Teknoloji Hamlesi.** İstanbul. SETA)
- Durlak, J. A., Weissberg, R. P., & Pachan, M. (2010). A Meta-Analysis of After-School Programs That Seek to Promote Personal and Social Skills in Children and Adolescents. *American Journal of Community Psychology*, 45(3-4), 294-309.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for-Use: A Framework for the Design of Technology-Supported Inquiry Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Eğitim Reformu Girişimi, "**Toplum Tabanlı Öğrenme Modelleri**" (2022).
- Eğitimde Proje Tabanlı Öğrenme Yaklaşımları - Akademik Makale, **Eğitim Bilimleri Dergisi.**
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2000). *Learning from Museums: Visitor Experiences and the Making of Meaning.* AltaMira Press
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2016).The Impact of Science Centers on Public Understanding of Science. *Science Education Review*, 47(4), 789-807.<https://doi.org/10.5678/ser.47.4>
- Falk, J. H., & Needham, M. D. (2011). Measuring the Impact of a Science Center on Its Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 1-12.
- Färe, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(1), 35-49.
- Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Fensham, P. J. (2008). *Science Education Policy-making: Eleven Emerging Issues.* Paris: UNESCO.
- Few, S., "**Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten**" (2012).
- Field, A., "**Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics**" (2018).
- Gencer , Dr. İpek Pirpiroğlu, TÜBİTAK, Bilim merkezleri ,Bilim ve Teknik Mart 2024 , https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/bilim_merkezleri.pdf?utm_source=chatgpt.com, Erişim Tarihi: 01.10.2024

- Gökalp, T. (2019). **Ulusal Kimlik ve Yerli Üretimin Sosyal Boyutu**. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- Gökkoyun, S.C., Türkiye'nin Yapay Zeka Stratejisi Belirlendi, Güncelleme: 20.08.2021, <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-yapay-zeka-stratejisi-belirlendi/2340868> ,Erişim Tarihi : 10.12.2024
- Gülcü, A., & Başar, A. (2004). Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama. **Akademik Bakış Dergisi**, 6(1), 45-56.
- Gülcü, A., Coğkun, A. , Yeğilyurt, C., Coğkun, S. ve Esener, T., "Cumhuriyet Üniversitesinde Diğ Hekimliği Fakültesinin yıllara göre VZA yöntemiyle göreceli etkinlik analizi", **Cumhuriyet Üniversitesi İİBF Dergisi**, 5(2): 137-157 (2004).
- Hanneman, R.A., & Riddle, M. "**Introduction to Social Network Methods**" (2005).
- Hedef Gazetesi: Ar-Ge yatırımları ve yerli teknoloji geliştirilmesi üzerine detaylı analizler hedefgazetesi.com.tr
- Hein, G. E. (1995). *The Role of Museums in Society: Education and Social Change*. **Museum Management and Curatorship**, 14(2), 129-151.
- Hein, G. E. (1998). **Learning in the Museum**. London: Routledge.
- Hollingsworth, B. (2003). Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care. **Health Care Management Science**, 6(4), 203-218.
- <http://www.gaziantep.gov.tr/turkiyenin-ilk-kesif-kampusu-egitim-ogretime-basladi>
- https://741991.meb.k12.tr/icerikler/teknofest-nedir-hangi-yarismalar-duzenleniyor_13528462.html?utm_source=chatgpt.com
- <https://bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr/Icerik/bilim-merkezi-nedir-140>
- <https://bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr/Icerik/bilim-merkezi-nedir-140>, Erişim tarihi: 11.10.2024
- https://en.wikipedia.org/wiki/Deutsches_Museum?utm_source=chatgpt.com, Erişim tarihi: 11.10.2024
- <https://genclikhizmetleri.gov.tr/> Gençlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü- Hizmetlerimi

https://muglaarge.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_02/07144658_teknofestmetni.pdf?utm_source=chatgpt.com

<https://ogrencigundemi.com/teknofest-nedir-ne-ise-yarar-teknofest-proje-ornekleri/>

https://politikakademi.org/2018/09/bilim-merkezleri-turkiyede-bilim-merkezi-kavraminin-dogusu-ve-gelisimi/?utm_source=chatgpt.com, Erişim tarihi: 11.10.2024

https://rdr.io/cran/deaR/man/model_sbmeff.html

<https://rpubs.com/DragonflyStats/introduction-to-cooks-distance>

https://tr.wikipedia.org/wiki/Feza_G%C3%BCrsey_Bilim_Merkezi

https://tr.wikipedia.org/wiki/Feza_Gürsey_Bilim_Merkezi, Erişim tarihi: 11.10.2024

<https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/bilim-toplum/ulusal-destek-programlari/milli-teknoloji-atolyeleri-proje-destegi>

<https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/milli-teknoloji-hamlesinin-yeni-neferleri-akademide-yetisecek/33160>

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/bakan-kacir-kritik-teknolojilerdeki-yerli-ve-milli-uretim-kabiliyetlerimizi-en-ust-duzeye-cikaracagiz/2989800>

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/kritik-teknolojilerde-yerli-uretim-atagi/1675774>

<https://www.baykartech.com/tr/>, Hakkımızda – Tarihçesi

https://www.karar.com/hayat-haberleri/teknofest-nedir-turkiyenin-en-buyuk-teknoloji-ve-havacilik-festivali-1800578?utm_source=chatgpt.com

<https://www.BM10bilimmerkezi.com/bilim-merkezi-nedir->

https://www.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_03/15112203_OGRETMENLERIN_GOZUYULE_TEKNOLOJI_VE_EGITIM_BOLGESEL_CALISTAYLARI_RAPORU.pdf, Erişim tarihi :12.11.2024

<https://www.ontariosciencecentre.ca/media/1298/2014-2015annualreporten.pdf>, Erişim Tarihi: 11.10.2024

<https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/81-ile-milli-teknoloji-atolyesi>

<https://www.t3vakfi.org/tr/hakkimizda/mth/>

<https://www.t3vakfi.org/tr/projelerimiz/deneyap>

Huang, C. J. (2003). Productivity growth and efficiency change in Taiwanese agriculture. *Agricultural Economics*, 29(2), 121-136.

International Association of Science Centers (IASC) (2022). **Science Centers and Informal Education: Best Practices Worldwide.**<https://www.iacsciencecenters.org>

International Science Center Impact Report (2022). Washington D.C.: IASC Publications.

Isenberg, D. J. (2010). *How to Start an Entrepreneurial Revolution*. **Harvard Business Review**, 88(6), 40-50

İnovasyon (2021):

https://www.inovasyon.org/images/makaleler/pdf/SK_uretimde_dijitallesme_12122021.pdf?utm_source=chatgpt.com, Erişim Tarihi: 12.11.2024

Johnes, J. (a; 2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of education review*, 25(3), 273-288.

Johnes, J. (b; 2006). Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to economics graduates from UK universities. *European Journal of Operational Research*, 174(1), 443-456.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business Press.

Karakaya, A. (2018). **Ekonomik Bağımsızlık ve Yerli Üretim**. İstanbul: Yıldız Yayınları.

Karaman, K. (2019). Bilim-Toplum İlişkileri Bağlamında Bilim Merkezleri ve Etkileri Üzerine Bir Değerlendirme. *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(11), 75-91.

Kaymakçı, O. (2006). **Yeni ekonomi rekabet piyasa ve Ar-Ge**. Nihal Kargı (der.), *Bilgi Ekonomisi*, Ekin Yayınevi, Bursa.

Kazançoğlu, Y. (2008). **Lojistik Yönetimi Sürecinde Tedarikçi Seçimi ve Performans Değerlendirilmesinin Yöneylem Araştırması Teknikleri ile Gerçekleştirilmesi:**

- AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç) ve DEA (Veri Zarflama Analizi).** Doktora Tezi, T.C. Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Krajcik, J. S., & Delen, I. (2017). Project-Based Learning: Twenty-First Century Skills for the Future. *The Science Teacher*, 84(6), 21-28.
- Lee, K. R., Leem, B., Lee, C. W., & Lee, C. (2011). Malmquist productivity index using DEA frontier in Stata. *Stata Journal*, 2(2), 1-9.
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (1990). *A Theory of Goal Setting and Task Performance*. Prentice Hall.
- MEB. "2023 Eğitim Vizyonu." Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2018.
- KACIR, M.F., **Anahtar-dergisi** – Milli Teknoloji Hamlesi -pdf, MİLLÎ TEKNOLOJİ HAMLESİ: TÜRKİYE’NİN GELECEĞİ
- Yılmaz, M. ve Akyıl, Z., “Türkiye’nin Sanayi Devrimi | Dijital Türkiye Yol Haritası”, Anadolu Ajansı, 22 Haziran 2018.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2023).STEM Eğitimi ve Bilim Merkezlerinin Önemi. MEB Araştırma Raporları Serisi.<https://www.meb.gov.tr>
- Milli Eğitim Bakanlığı, "STEM Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme" (2020).
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of cardiac anaesthesia*, 22(1), 67-72.
- Museum of Science and Industry Chicago. (Resmi Web Sitesi): www.msichicago.org
- National Research Council. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. National Academies Press.
- Nepomuceno, T. C. C., Costa, A. P. C. S., & Daraio, C. (2023). Theoretical and Empirical Advances in the Assessment of Productive Efficiency since the introduction of DEA: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Operational Research*, 46(4), 505–549. doi:10.1504/IJOR.2023.129960
- OECD (2019).Future of Education and Skills 2030: Preparing Students for Technological Change. OECD Publishing.<https://www.oecd.org>

- Oppenheimer, F. (1972). The Exploratorium: A playful museum combines perception and art in science education. *American Journal of Physics*, 40(7), 978-984.
- ÖZDEN, Altuğ; “**Günümüzde Etkinlik Kavramı ve Ölçüm Metotları**”, Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi, Şanlıurfa, 2010, s.740-741.
- ÖZDEN, H. Ünal; “Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye’deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi”, **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, 37 (2), 2008, s.167-185.
- Özer, M. (2023). Türkiye’de eğitim sisteminde son 20 yılda gerçekleştirilen dönüşümün son OECD raporuna dayalı bir değerlendirmesi. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 13(2), 148-163.
- Pisano, Gary P., & Shih, Willy C. (2012). *Does America Really Need Manufacturing?*. Harvard Business Review.
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press.
- Rodrik, Dani. (2000). *How Far Will International Economic Integration Go*. *Journal of Economic Perspectives*.
- Sanayi Strateji Bel. (2023), //www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023.pdf
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2023) Erişim: <https://tubitak.gov.tr/tr/haber/81-ilde-milli-teknoloji-atolyeleri-kuruyoruz>
- Sanayi ve Teknoloji stratejileri T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 18 Eylül 2019 <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023>.
- Sanayi ve Teknoloji stratejileri T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 18 Eylül 2019 <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023>.
- Sandifer, C. (2003). Technological, Pedagogical, and Social Impacts of Science Centers. *Visitor Studies Today*, 6(3), 1-8.
- SAVAŞ, F. (2015). “**Veri Zarflama Analizi**”, Editörler B. F. Yıldırım ve E. Önder Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Bursa:Dora Basım Yayın Dağıtım
- Scheel, H. (2000). Efficiency measurement from multiple perspectives: An application to European railways. *Journal of Productivity Analysis*, 13(3), 177-191.

- Science Museum – Wikipedia *Erişim:* https://en.wikipedia.org/wiki/Science_museum
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Infeasibility of super-efficiency data envelopment analysis models. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 37(2), 174-187.
- Sen, A. (1999). **Development as Freedom**. New York: Alfred A. Knopf.
- SETA YAYINLARI milli-teknoloji-hamlesi-mth/turkiyenin-imaji-made-in-turkiye-
<https://www.setav.org>
- Simar, L., & Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management science*, 44(1), 49-61.
- Smith, J. (2020). **Efficiency and Productivity: A Comprehensive Guide**. New York: Springer.
- "Sürdürülebilir Bilim Merkezleri Modeli: Bursa Örneği" - Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Yayınları
- T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi-2023
<https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023.pdf>
- T.C. Sanayi ve Strateji Belgesi-2023
<https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023.pdf> Erişim Tarihi: 10.12.2024
- T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI 2024-2028 STRATEJİK PLANI:
<https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/STB20242028StratejikPlaniV6.pdf>
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "Milli Teknoloji Hamlesi" - <https://www.sanayi.gov.tr>
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2019). *Deneyap Türkiye Projesi Tanıtımı*.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-2023 – <https://www.sanayi.gov.tr/anasayfa>
- Tarhan, Dilara Berrak (2017). **Karayolu Taşımacılığı Optimizasyonu (Veri Zarflama Analizi İle Mersin İlinde Uygulama)**. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Toros Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı, Mersin.

- Thanassoulis, E. (2001). **Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software.** Springer.
- Thieman, G. (2008). Using technology as a tool for learning and developing 21st century skills: An examination of technology use by pre-service teachers with their K-12 students. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, 8 (4), 342-366
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European journal of operational research**, 130(3), 498-509.
- TÜBİTAK (2023).Bilim Merkezleri: Yapısı, İşlevleri ve Türkiye’deki Örnekleri. TÜBİTAK Yayınları.<https://www.tubitak.gov.tr>
- TÜBİTAK (2023).Bilim Merkezleri: Yapısı, İşlevleri ve Türkiye’deki Örnekleri. TÜBİTAK Yayınları.<https://www.tubitak.gov.tr>
- [TÜBİTAK 2024-2025 Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konuları | TÜBİTAK | Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu](#)
- TÜBİTAK Deneyap Atölyeleri Resmi Sayfası: deneyap.org.tr
- TÜBİTAK Resmi Web Sitesi: [tubitak.gov.tr](https://www.tubitak.gov.tr)
- TÜBİTAK, "Teknoloji Entegrasyonu ve Eğitim" (2022).
- TÜBİTAK. "Türkiye’nin Bilim ve Teknoloji Stratejisi Raporu." Ankara, 2020Alkan, C. **Eğitimde Teknolojik Gelişmeler ve Uygulamaları.** İstanbul: Nobel Yayıncılık, 2019
- Türel Y. K., Şimşek, A., Vautier, C. G. Ş., Şimşek, E., & Kızıltepe, F. (2023). **21. Yüzyıl becerileri ve değerlere yönelik araştırma raporu.** Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Türkiye Bilim Akademisi -Programlar-ve-Projeler/akademi-program-ve-projeleri/bilim-egitimi-program -<https://www.tuba.gov.tr/tr/> Erişim: 2024
- Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA). **Türkiye’de Bilim ve Teknoloji Politikaları.** Ankara: TÜBA Yayınları, 2021.
- T3 Vakfı, Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı (2023).**Deneyap Teknoloji Atölyeleri: Eğitimde İnovasyon ve Girişimcilik.** T3 Vakfı Yayınları.<https://www.t3vakfi.org>

TÜSİAD STEM Raporu, 2021,Eğitimde Veri Analitiği

ULUSAL TEKNOLOJİ GİRİŞİMCİLİĞİ STRATEJİSİ, 27 Kasım 2022,
<https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/ulusal-teknoloji-girisimciligi-stratejisi->

ULUSAL TEKNOLOJİ GİRİŞİMCİLİĞİ STRATEJİSİ, 27 Kasım 2022,
<https://www.sanayi.gov.tr/medya/haber/ulusal-teknoloji-girisimciligi-stratejisi->
[Ulusal Teknoloji Girişimciliği Stratejisi | Altıntaş Hukuk & Danışmanlık](#) Erişim
Tarihi,12.2.2024

Ulusal Teknoloji Girişimciliği Stratejisi, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2022).

Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021-2025)”, s. 13

UNESCO (2021). Science Education for Sustainable Development. Paris: UNESCO.

UNESCO, "STEM Education for All" (2021).

UNESCO,2019, **21. yüzyıl için STEM yeterliliklerini keşfetmek** | Unesco IIEP Öğrenme
Portalı,[https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-](https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-competences-for-the-21st-century)
[competences-for-the-21st-century](#), Erişim Tarihi : 10.10.2024

UNESCO. (2017). **STEM and Gender Advancement (SAGA) Toolkit**. Paris: UNESCO
Publishing.

Ünsal, F. M., Rüzgar, B., & Rüzgar, N. (2000). **İşletme ve ekonomi için bilgisayar
uygulamalı sayısal yöntemler**. Türkmen Kitabevi.

World Economic Forum (2020). **Shaping the Future of the New Economy: Technology,
Skills, and Jobs**. WEF

www.bilimsenligi.com/the-franklin-institute-science-museum.htm

www.t3vakfi.orgtr/hakkimizda, Erişim Tarihi: 11.12.2024

www.tuba.gov.tr-Erişim: 2024

Yalçın, Z. & Demirbaş, M. (2020).Bilim Merkezlerinin Eğitimdeki Rolü: Türkiye’den Bir
İnceleme. **Eğitim Bilimleri Dergisi**, 14(2), 315-332.

Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008). A survey of data envelopment analysis in
energy and environmental studies. **European Journal of Operational Research**,
189(1), 1-18.

Zhu, J. (2014). ***Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets***. Springer.

