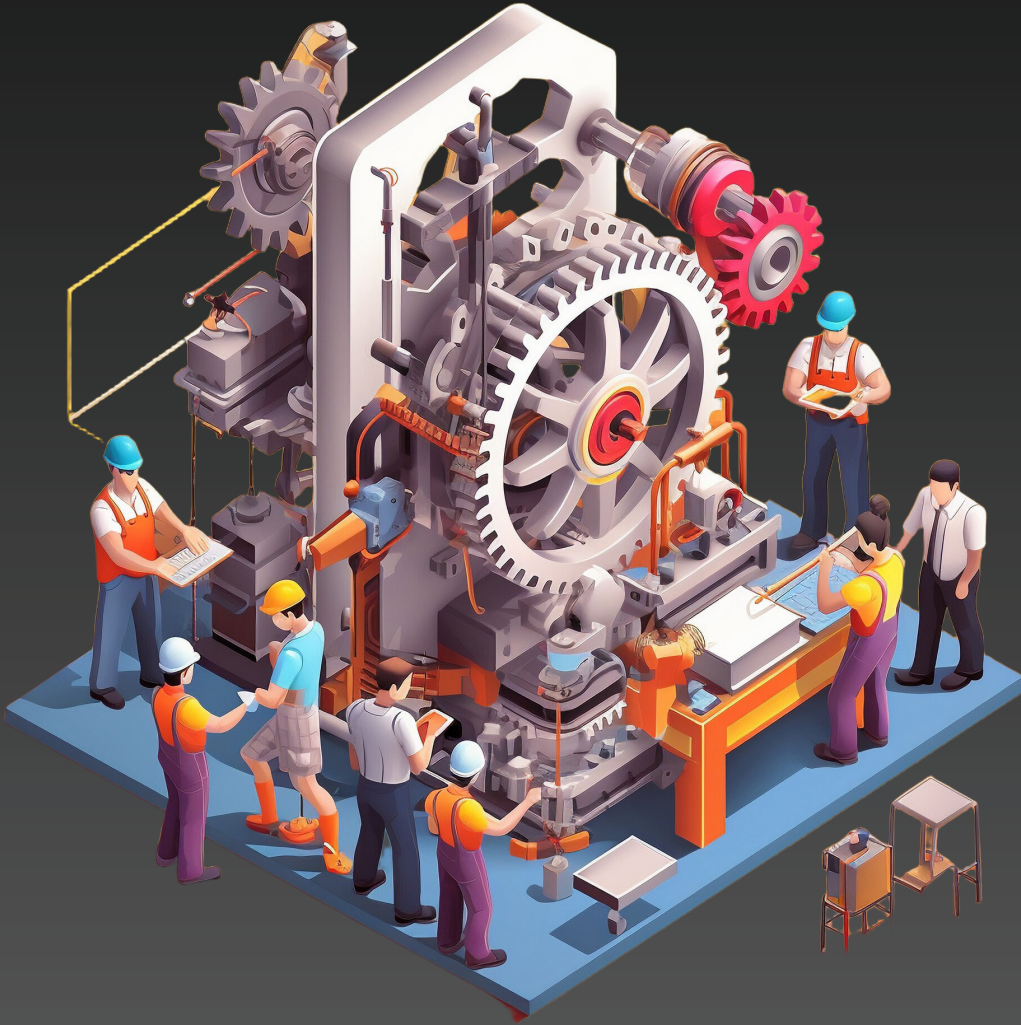


SEKTÖR RAPORLARI

DİJİTAL ÇAĞDA TÜRKİYE MAKİNE SEKTÖRÜ YENİLİKÇİ ÜRETİM MODELİ



MUSIAD

**MÜSİAD
MAKİNE SEKTÖR KURULU
RAPORU 2025**

**DİJİTAL ÇAĞDA
TÜRKİYE MAKİNE SEKTÖRÜ
YENİLİKÇİ ÜRETİM MODELİ**

MÜSİAD MAKİNE SEKTÖR KURULU RAPORU DİJİTAL ÇAĞDA TÜRKİYE MAKİNE SEKTÖRÜ YENİLİKÇİ ÜRETİM MODELİ

MÜSİAD Genel Başkanı
Mahmut ASMALI

MÜSİAD Genel Başkan Yardımcısı
Burhan ÖZDEMİR

Sektör Kurulları ve Fuar Forum Komisyonu Başkanı
Erkan GÜL

Sektör Kurulları ve Fuar Forum Komisyonu Başkan Yardımcısı
Ömer KARATEMİZ

Eğitim, Kültür ve Yayınlar Komisyonları Başkanı
Dr. Savaş YILMAZ

Makine Sektör Kurulu Başkanı
İsmail SOMALI

Genel Yayın Yönetmeni
Mehmet Akif ALTAN

Yazarlar
Doç. Dr. Sabri ÖZ
Dr. Akif Emrah BÜYÜKSOMER
Dr. A. Rızvan YILMAZ
Prof. Dr. İbrahim BAZ
Prof. Dr. Yusuf CEYLAN
Prof. Dr. Murat KASIMOĞLU

Yayın Kurulu
Ölcay KARAHAN
Samet KARABOĞA
Mustafa Halil AYDIN

Editör
Ahmet Emre KÜME
Emir Furkan GÜNDOĞDU

Yapım
MÜSİAD Kurumsal İlişkiler ve İletişim Birimi

Tasarım
Yusuf DİLBER

Baskı / Cilt
Mavi Ofset

ISBN
978-625-95604-6-5

Her türlü yayın hakkı MÜSİAD 'a aittir. MÜSİAD 'dan izin almak veya MÜSİAD kaynak gösterilmek suretiyle telif mevzuatı çerçevesinde alıntı yapılabilir.

İÇİNDEKİLER

BAŞKANDAN	5
SUNUŞ	7
YÖNETİCİ ÖZETİ	9
BÖLÜM 1: MAKİNE SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ	11
1.1. Dünya Geneli Bibliometrik Analiz	11
1.2. Türkiye Özelinde Makine Sektörü	14
1.3. Dijital Çağ ve Türkiye Makine Sektörü.....	16
BÖLÜM 2: KÜRESEL EKONOMİK GELİŞMELERİN SEKTÖRE YANSIMALARI	19
2.1. Ticaret Savaşları ve Korumacılık Politikalarının Etkileri.....	21
2.2. Yeni Ekonomik İş Birlikleri ve Pazar Fırsatları.....	23
BÖLÜM 3: GELECEK TRENDLER VE ÖNGÖRÜLER	27
3.1. Yapay Zekanın Üretimde Yaygın Kullanımı, Dönüşümsel Etkileri ve Otonom Karar Verme Sistemlerinin Endüstriyel Entegrasyonu	27
3.2. Otonom Sistemler Ve Robotların Üretimde Artan Rolü: Güncel Gelişmeler ve Gelecek Projeksiyonları	32
3.3. Eklemeli Üretim ve 3D Yazıcı Teknolojilerinin Gelişimi: Güncel Trendler ve Endüstriyel Dönüşüm).....	35
3.4. Malzeme Bilimindeki Yeniliklerin Sektöre Etkileri	38
3.5. Kuantum Hesaplama, Uçta Hesaplama, Blokzincir ve Bu Teknolojilerin Sektöre Etkileri	41
3.6. Sürdürülebilir ve Döngüsel Ekonomi Odaklı Üretim Modelleri.....	42
3.7. Enerji Depolama Sistemleri.....	45
3.8. Biyomimetik ve Tabiattan Esinlenen Tasarım Yaklaşımları.....	47
3.9. Uzak Teknolojileri Ve Fevkalade Ortam Üretim Sistemleri.....	49
5.SONUÇ ve ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	61

BAŞKANDAN

Değerli Okurlar,

Dijital çağ, tüm dünyada sektörleri dönüştürürken, yenilikçi yaklaşımlar ve çağın gerekliliklerine uygun çözümler üretmek önem kazanmıştır. Türkiye'nin makine sektörünün potansiyelini tam anlamıyla ortaya çıkarabilmesi için; sektörün dijitalleşme, yapay zekâ ve yeni üretim modelleri gibi alanlardaki gelişmeleri dikkatle takip etmesi ve kendini buna göre adapte etmesi önem arz etmektedir.

Dijital Çağda Türkiye Makine Sektörü Yenilikçi Üretim Modeli başlıklı bu rapor, Türk makine sektörünün mevcut durumunu ortaya koyarken geleceğe yönelik öngörüler ve stratejiler öneriyor. Raporunda, döngüsel ekonomi, yapay zekâ tabanlı üretim modelleri ve otonom sistemler gibi gelecek trendleri detaylı bir şekilde ele alınmış ve sektörün bu alanlarda yükselişini destekleyecek yol haritaları sunulmuştur. Türkiye'nin sadece dünyanın önde gelenlerini takip etmekle yetinmeyip, teknolojinin kendisini belirleyen bir konuma gelmesi için bu tip çalışmalara duyulan ihtiyaç büyüktür.

Makine sektörü, otomasyondan endüstriyel robotlara, enerji verimliliğine kadar pek çok alanda kritik bir rol oynamaktadır. Gelişen teknoloji, üretim maliyetlerini düşürürken kaliteyi artırma ve rekabet avantajı sağlama fırsatı sunmaktadır. Bu bağlamda, ülkemizin endüstriyel altyapısını dijitalleşme ve akıllı üretim teknolojileri ile desteklemesi çok büyük bir önem arz etmektedir. Raporumuzda ayrıca, gelecekteki ekonomik belirsizliklere karşı sektörümüzü dayanıklı hale getirecek stratejiler öne sürülmektedir. Bilim ve teknoloji alanındaki yatırımları artırmak, akademik kurumlarla sanayi iş birliğini geliştirmek ve Ar-Ge odaklı projeleri desteklemek bu stratejilerin temel taşlarından. Bu çalışmalar, Türkiye'nin makine üretiminde lider bir ülke olma hedefini gerçekleştirmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında önemli rol oynayan MÜSİAD Makine Sektör Kurulu Başkanımız İsmail Somalı'ya ve emek veren tüm üyelerimiz, paydaşlarımız ve profesyonel ekibimize teşekkürlerimi sunuyorum.

Kalın sağlıcakla

Mahmut ASMALI
MÜSİAD Genel Başkanı

SUNUŞ

Makine Sektörü; ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasını direk etkileyen ve yüksek teknoloji ürün üretilmesinin önünü açan öncü sektördür. Otomotivden Tarıma, Gıda sektöründen Savunma ve havacılık sektöründeki üretim kabiliyetimiz üretimde kullandığımız makinelerin üretim kapasiteleri nispetindedir. Dolayısıyla globaldeki trendleri yakalamamız ve hatta bu trendlerin belirleyicisi olmamız için makine sektörümüzü geliştirmemiz ve odağımızı Makine Sektörümüzün gelişimine vermemiz gerekmektedir.

Ancak yıllardır süregelen üretim modeli tartışmaları sektörümüzün üretim kapasitesine, uluslararası rekabet gücüne ve potansiyelini kullanmasına olumlu yönde çok ciddi bir katkıda bulunmamıştır. Yalın Üretim, Endüstri 4.0, Kore Modeli, Çin Modeli araştırmaları yapılmış fakat her coğrafyanın, her kültürün ve her ekonomik modelin kendine has kodları vardır. Jeo-politik şartlar ve küresel rejimler her ülkenin kendine has üretim modeli geliştirmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Farklı bir coğrafya ve kültürün üretim modelini direk olarak kendi üretim sistemimize adapte etmemiz tam anlamıyla bizde beklenen sonucu vermeyecektir. Dolayısıyla Türk Makine üreticileri olarak kendi kültürümüz, coğrafyamız, ekonomik parametrelerimiz, insan kaynağımız ve gelecek perspektifimiz ışında bir üretim modeli geliştirmemiz kaçınılmazdır. Elbette ülkelerin takip ettikleri üretim modellerini elimizin tersi ile itmeyecek ancak modeller içinde uygun olan kısımları alınarak uygulanabilir en uygun model ortaya koyulacaktır.

57 bin girişimcisi, 500 bin üzerinde istihdamı ve 1.26 trilyon TL üretim değerine sahip Türk Makine Sektörü 2024 yılı 2nci çeyreğine kadar 18 çeyrektir sürekli büyüme gösterdi. Son 4 yılda üretim değerini 6 kat arttırarak ülkemizin milli projelerinin temelini oluşturan çalışmalara imza attı. Sektörümüzün stratejik önemine binaen ilgili her bir paydaş kuruma düşen ödevlerin yerine getirilmesi ve otorite tarafından takibinin yapılması sektörümüzü hak ettiği yere getirecek ve topyekün olarak tüm sektörlerimizin gelişimi ile ülkemizin dünya ticaretinden aldığımız pay da o nispette artacaktır.

Yapmış olduğumuz bu çalışma sektörümüzün dijital çağda ve hatta uzay savaşlarının konuşulduğu döneme makine özelinde ışık tutacak, sektöre etki edecek teknoloji ve yeniliklerin araştırmasını içeren özet bir eser niteliği taşımaktadır. yakın bir zamanda da detaylı araştırma raporumuzu istifadelerinize sunacağımız ve sektörümüze fayda saylayacağından kuşku duymadığım eser için ciddi mesai harcayan akademisyenlerimize şükranlarımı sunuyorum.

Saygılarımla

İsmail SOMALI

MÜSİAD Makine Sektör Kurulu Başkanı

YÖNETİCİ ÖZETİ

Makine sektörü, sanayi devriminin ilk zamanlarından çok daha eskilere dayanmakla birlikte, buharlı makinelerin reel sektörde kullanılmaya başlanması ile birlikte daha da yaygın bir hale gelmiş ve makine teçhizat üretimi tüm diğer sektörler için de zaruri bir gelişim ve dönüşüm içine girmiştir. Reel sektörde hangi alanı ele alırsak alalım, ardında mutlaka bir makine sektörünün çıktısı ile iş yapılmakta olduğunu görebiliriz. Dolayısı ile, makine sektörü, insanoğlunun etrafında gördüğü tüm nesnelere ve aldığı hizmetlerde bir şekilde varlığını hissettiren bir sektördür.

Bu rapor, Müstakil Sanayici ve İş adamları Derneği MUSİAD'ın Makine Sektör Kurulu tarafından hazırlanmış özellikle de 21. Yüz yılın ilk çeyreğinin bitiminde, Cumhuriyetin yeni bir yüzyılına girişte, gerek dünya gerekse de Türkiye özelinde hazırlanmış önemli bir rapordur. Bu minvalde emeği geçen bilim insanlarını ve reel sektör temsilcilerini tebrik etmek gerekir.

Rapor, Makine sektörünün geleceğine dair reel sektördeki temsilcilerine yön verir nitelikte hazırlanmış görülmektedir. Özellikle dünyada neler olup bittiğinin yansımalarını büyük veri ve yapay zeka maharetleri ile ölçümlemiş olması açısından sektörün mevcut ahvalini ortaya koymuş olması önemlidir. Ancak, mevcut durumdan yakın ve orta vadeli geleceğe çizilen projeksiyonlar ve fütüristik yaklaşımlar raporda önemli bir yer tutmaktadır. Bilhassa günümüzde yaşanmakta olan dijital dönüşümün içinde, yapay zeka, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve üretken yapay zeka anlayışları etrafında değerlendirilmiş ve makine sektörü ile harmanlanmış olarak sunulmuştur. Raporda, fütüristik yaklaşımlara yer verilerek kısa vadede quantum teknolojisi, orta vadede yerçekimsiz ortamda üretim gibi konular ele alınmıştır. Dijital dönüşümün her alanına ilişkin ise ayrı ayrı değinilmiş ve sektör temsilcilerinin ulusal düzeyde, sektörün tamamının ise uluslararası düzeyde rekabet avantajı ve teknoloji transferi sağlayacak argümanlar incelenmiş. Dolayısı ile sektörde var olan her bir temsilcinin ve hatta MUSİAD üyeleri başta olmak üzere, akademi kamu sanayi ve sivil toplum kuruluşlarının elinden düşürmeyeceği bir eser ortaya konulmuş. Bu bağlamda emeği geçen, katkı sağlayan her bir paydaş ve bireyine içtenlikle teşekkür ediyor, benzeri çalışmaların diğer sektörlerde de var olmasını temenni ediyoruz.

Doç. Dr. Sabri ÖZ
Eser Yazar ve Editörleri Adına
İstanbul Ticaret Üniversitesi Öğretim Üyesi
Sanayi Politikaları ve Teknoloji Yönetimi (SAPTEY)
Ana Bilim Dalı Başkanı

“Karşı koyamayacağınız büyük dalgalara karşı yüzmeyi öğrenmelisiniz”

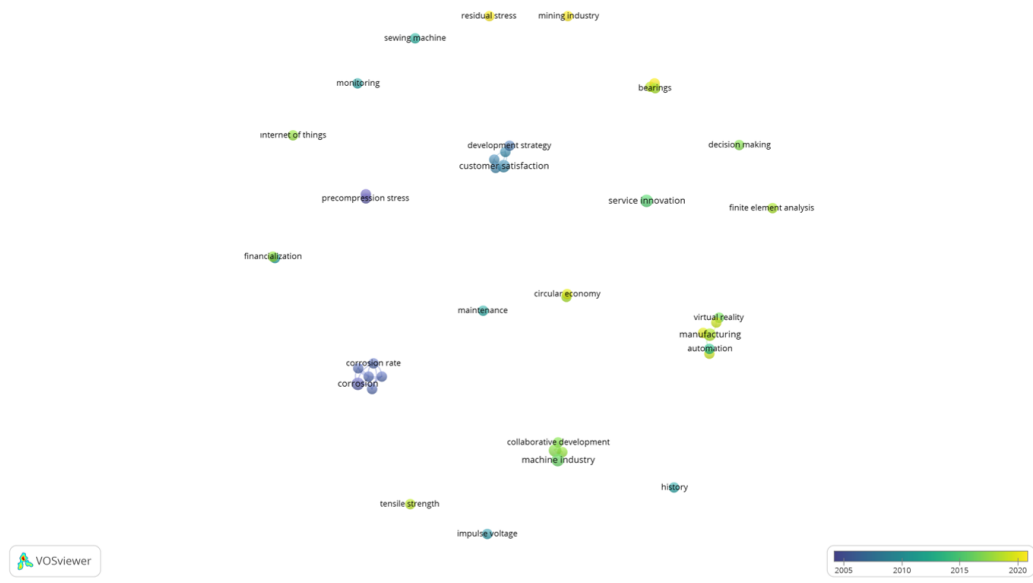
BÖLÜM 1: MAKİNE SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ

Raporun bu bölümünde, Makine sektörüne yönelik dünyanın hangi konular üzerine yoğunlaştığını anlamak adına “bibliometrik Analiz” yapılacaktır. Bibliometrik analiz, bir insanın tek başına yüzlerce hatta binlerce akademik çalışmalarını incelemek yerine, yapay zeka ve veri madenciliği marifeti ile çalışmayı görselleştirerek anlamayı ve yorumlamayı kolaylaştıran bir analiz çeşididir.

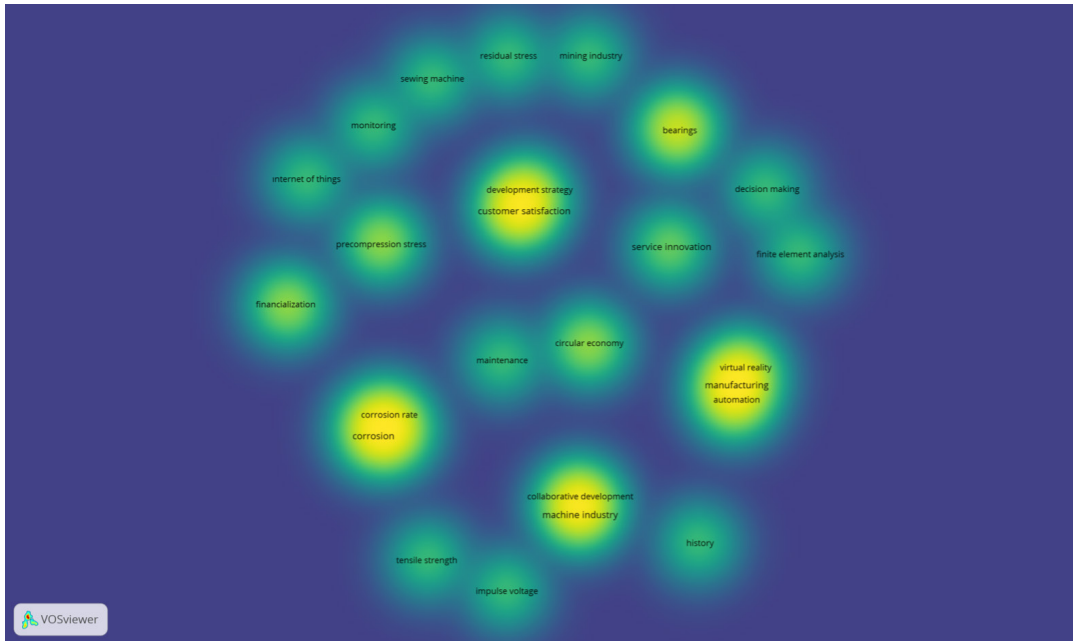
1.1. Dünya Geneli Bibliometrik Analiz

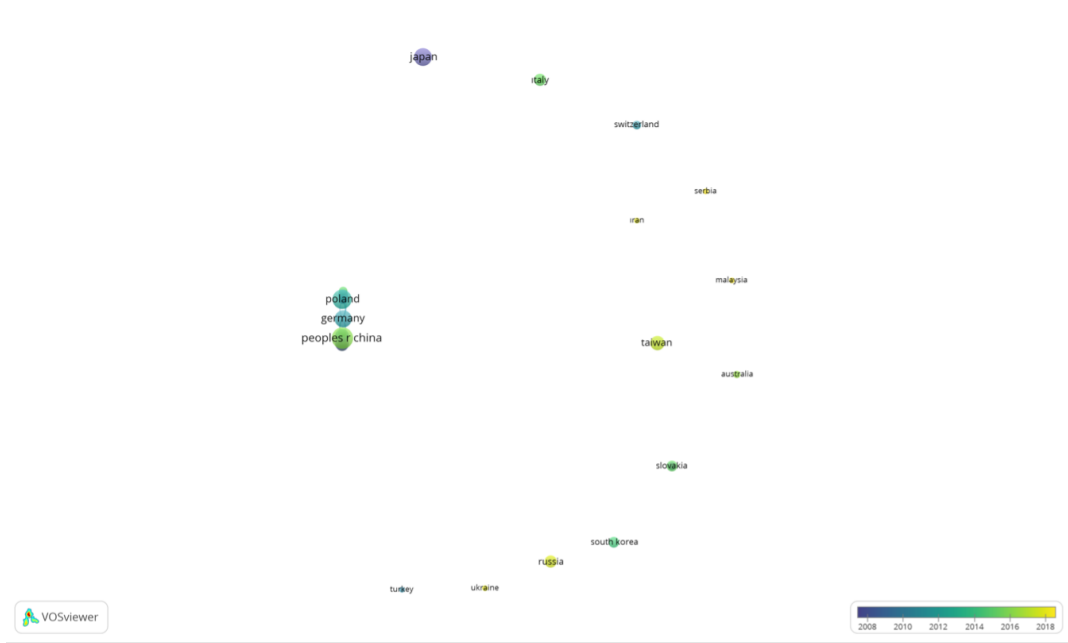
Hangi sahada çalışıyorsanız çalışın, dünyanın o alanda, o sahada neler yaptığını, neler ile meşgul olduğunu ve en gelişmiş kurum kuruluş ve hatta ülkelerin neler yaptığını takip etmek durumundasınız. Küresel bir bakış açısı ile, ürettiğiniz mal ve hizmetin sadece kendi bölgenizde değil tüm dünya pazarında yerini almasını istiyorsanız bu gelişimi takip etmek zorundasınız. İşte tam bu noktada, gelişmiş teknolojik ve dijital dönüşüm marifeti ile “dünyada akademi neler yazıyor” sorusuna bir bakış açısı geliştirerek, akademinin uğraşı alanının aynı zamanda reel sektörde ve kamu sektöründe karşılık bulmakta olduğu varsayımı ile, yapay zeka ve büyük veri madenciliği teknikleri kullanılarak bir bibliometrik analiz yapılmıştır. Bu çalışmada, okuyucularının istifadesine sunmak üzere, yapay zeka ve büyük veri oluşumunun sağladığı avantaj ile, akademik camianın ve dolayısı ile reel sektör ve kamu sektörünün makine sektörünü ilgilendiren yanı ile neler ile meşgul olduğunu anlamaya yönelik çalışma yapılmıştır. Bibliometrik analiz olarak ifade edilen bu analizde, uluslararası dergilerin en büyük duraklarından biri olan “web of science” internet sayfası üzerinden veriler elde edilmiş ve yapay zeka programı “vosviewer” ile analiz edilmiştir.

İlk etapta, makine sektörünü ilgilendiren veri tabanı içinde, 266 adet makale incelemeye tabi tutulmuş ve dünya genelinde yapılan çalışmalar derlenerek analiz edilmiştir. Web of science kendi arayüzünde yapılan çalışmaya istinaden, makine sanayi üzerine yapılan analizlerin son yıllarda özellikle pandemi sonrası (2019 sonrası) önemli bir artış olduğu görülmektedir. Makine sektörünün diğer sektörlerde olduğu gibi, gerek navlun, gerekse de üretim daralmasından yana sorun yaşadığı görülse de, sektör canlılığını korumaya devam etmiştir. Şekil 1’de yapılan analize dair çalışmaların yıllara göre nelere odaklandığı görülmektedir.

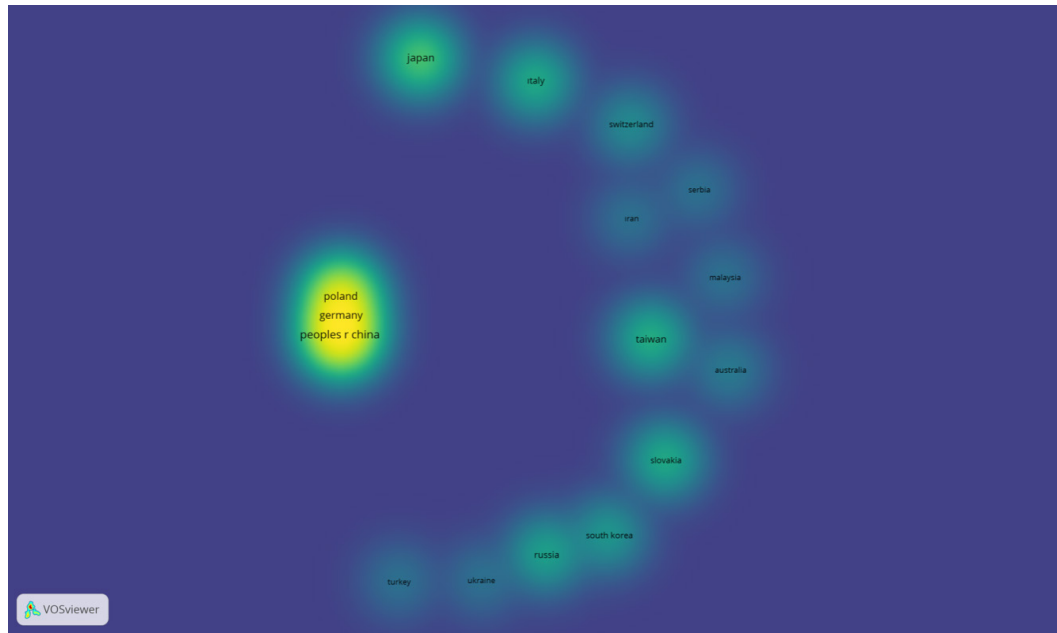


Şekil 1’de görüldüğü gibi, son zamanlarda en yoğun çalışmaların sırasıyla, “circular economy”, “mining industry”, “automation”, “Virtual Reality” ve “manufacturing” üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Makine sektörü üzerine yapılan bu çalışmalar meselenin hem sürdürülebilirlik ile hem de otomasyon ile yakın ilişki içinde incelendiğini ortaya koymaktadır.





Şekil 3'e dikkatlice bakıldığında, Almanya, Çin, Polonya, Japonya ve Taiwan'ın yoğunluklu çalışılan ülkeler olduğu görülmektedir. Burada Türkiye ortalama çalışma yılı 2010 olmakla birlikte çalışma hacmi açısından istenilen boyutta olmadığı ifade edilebilir. Bu minvalde, Türkiye için akademi-sanayi işbirliğinin tezahürü olarak ortaya çıkan bu rapor, akademi ve reel sektörde ayırt edici bir özelliğe sahip olduğu konusunu desteklemektedir.



Örneğin:

- Almanya, Endüstri 4.0 uygulamalarında öncü bir rol oynamaktadır. Siemens, Bosch Rexroth gibi şirketler, akıllı üretim teknolojileriyle global pazarda önemli bir yere sahiptir.
- Japonya, robotik teknolojilerde liderdir. Fanuc ve Mitsubishi Heavy Industries gibi şirketler, hassas mühendislik çözümleriyle tanınır.
- Çin, üretim kapasitesi açısından dünya lideridir. Ancak yüksek teknoloji makinelere göre düşük ve orta teknoloji ürünlerinde rekabet avantajı bulunmaktadır.

Makine İmalatında İnovasyon Örnekleri

- 1. Robotik Otomasyon:** Otomotiv sektöründe, robotik kaynak makineleri üretim hızını artırırken, iş gücü maliyetlerini azaltmaktadır. Örneğin, Tesla'nın Gigafactory'lerinde kullanılan KUKA robotları, otomasyonun ileri bir örneğidir.
- 2. 3D Baskı Teknolojileri:** 3D yazıcılar, özellikle yedek parça üretiminde devrim oluşturmaktadır. General Electric, uçak motor parçalarını 3D yazıcılarla üretip, ağırlık azaltma ve maliyet tasarrufu sağlamıştır.
- 3. Akıllı Makineler:** Endüstri 4.0 ile birlikte, sensörlerle donatılmış ve IoT destekli makineler, gerçek zamanlı veri analizi yaparak üretim süreçlerini optimize etmektedir.

Türkiye'nin Makine İmalat Sektörü

Türkiye, makine imalat sektöründe büyüyen bir güçtür. Sektör, 2023 itibarıyla Türkiye'nin toplam ihracatının yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. Tarım makineleri, tekstil makineleri ve takım tezgâhları başlıca üretim alanlarıdır. Örneğin:

- TUSAŞ (Türk Havacılık ve Uzay Sanayii), savunma sanayine yönelik özgün makineler ve ekipmanlar üretmektedir.
- Hidromek, iş makineleri kategorisinde global bir marka hâline gelmiştir.

Makine İmalat Sektöründe Karşılaşılan Zorluklar

- **Hammaddeye Erişim:** Çelik, alüminyum gibi kritik malzemelerin tedarikinde fiyat dalgalanmaları sektörü olumsuz etkiler.
- **Nitelikli İşgücü Eksikliği:** Özellikle ileri mühendislik gerektiren alanlarda kalifiye personel bulmak zordur.
- **Yüksek Teknolojiye Geçiş:** Düşük teknoloji ürünlerden yüksek teknoloji makinelere geçiş süreci, yatırımlar ve bilgi birikimi gerektirir.

Örnek Olay: Endüstri 4.0 Dönüşümü

Bir Alman şirketi olan TRUMPF, sac işleme makineleri üretiminde dijitalleşme sürecine geçerek büyük bir başarı yakalamıştır. TRUMPF, tüm üretim hattını sensörlerle donatmış ve makinelerini IoT platformlarıyla entegre ederek üretkenlikte %30 artış sağlamıştır.

Türkiye Makine İmalat Sanayiine İlişkin SWOT Analizi

Raporun bu bölümünde, sektöre dair doktora tezlerini yürüten öğrencilerden derlenen bir SWOT analizi yapılmış ve bulgular aşağıdaki gibi paylaşılmıştır. (Çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sanayi Politikaları ve Teknoloji Yönetimi programında Yüksek Lisans ve Doktora Tez yazımı aşamasında 14 öğrenci tarafından yapılmıştır)

Güçlü Yönler (Strengths)

- 1. Stratejik Konum:** Avrupa, Asya ve Orta Doğu pazarlarına kolay erişim.
- 2. Büyüyen İhracat:** Tarım makineleri ve iş makineleri gibi ürünlerde rekabetçi fiyat avantajı.
- 3. Girişimcilik ve Yerli Üretim:** TUSAŞ ve ASELSAN gibi şirketlerin savunma sanayindeki katkısı.

Zayıf Yönler (Weaknesses)

- 1. Ar-Ge Yetersizliği:** Sektörde toplam gelirlerin yalnızca %1,5'i Ar-Ge'ye ayrılmaktadır.
- 2. Dışa Bağımlılık:** Özellikle yüksek teknolojlü makinelerde ithalata bağımlılık.
- 3. Nitelikli İşgücü Eksikliği:** Makine mühendisliği ve otomasyon teknolojilerinde uzman eksikliği.

Fırsatlar (Opportunities)

- 1. Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar:** Dijitalleşme trendiyle üretim süreçlerinde verimlilik artışı sağlanabilir.
- 2. Yeşil Enerji Teknolojileri:** Yenilenebilir enerji sektörüne yönelik makineler için artan talep.
- 3. Bölgesel İş Birlikleri:** Avrupa Birliği projeleri ve uluslararası teşvikler.

Tehditler (Threats)

- 1. Global Rekabet:** Çin, Hindistan gibi düşük maliyetli üretim merkezlerinin rekabeti.
- 2. Ekonomik Dalgalanmalar:** Döviz kuru ve enflasyon, yatırım maliyetlerini artırabilir.
- 3. Regülasyon ve Uyum Süreçleri:** AB standartlarına uyum maliyetleri.

1.3. Dijital Çağ ve Türkiye Makine Sektörü

Dijitalleşme, makine imalat sanayinin geleceğini şekillendiren en güçlü dinamiklerden biridir. Yapay zeka, nesnelerin interneti (IoT), kuantum bilgisayarlar ve ileri üretim teknolojileri, sektörü sadece daha verimli değil, aynı zamanda daha esnek ve sürdürülebilir hâle getirmektedir. Türkiye'nin makine imalat sektörü, bu dönüşüm sürecinde stratejik bir yol haritasıyla küresel rekabette önemli bir yer edinebilir. Ancak bu, sektör yöneticilerinin, devletin ve akademinin iş birliği içinde hareket etmesini gerektirir.

Orta ve Uzun Vadede Türkiye Makine Sektörünün Geleceği

Orta Vadeli Öngörüler (5-10 Yıl)

1. Endüstri 4.0 Uyum Süreci

2. Türkiye'deki makineler giderek daha akıllı ve bağlantılı hâle gelecek. IoT destekli ekipmanlar, üretim süreçlerinin gerçek zamanlı takibini sağlayacak. Örneğin, enerji tüketimini optimize eden sensörler ve veri analitiği ile fabrikalar daha verimli çalışacak.

3. İleri Üretim Teknolojilerinin Entegrasyonu

Yüksek hızlı 3D yazıcılar ve robotik kollar, hem prototipleme süresini azaltacak hem de özelleştirilmiş üretimi mümkün kılacak. Otomotiv sektöründe kullanılan özel parçalar veya savunma sanayindeki karmaşık geometriye sahip ekipmanlar, bu teknolojilerle üretilecek.

4. Sürdürülebilirlik ve Döngüsel Ekonomi

Karbon ayak izini azaltan makineler ve geri dönüştürülebilir malzemelerle çalışan sistemler yaygınlaşacak. Türkiye, yeşil enerji kullanan makinelerin üretiminde öncü bir merkez olmayı hedefleyebilir.

Uzun Vadeli Öngörüler (10-20 Yıl)

1. Kuantum Bilgisayarların Etkisi

Kuantum bilgisayarlar, malzeme simülasyonlarından üretim süreçlerinin optimizasyonuna kadar birçok alanda devrim yaratacak. Örneğin, yeni alaşımların geliştirilmesi için yapılan testler aylar yerine saatler içinde tamamlanabilir. Türkiye, bu teknolojiyi benimseyerek global liderlik için fırsat yakalayabilir.

2. Yerçekimsiz Ortamda Üretim

Uzay teknolojilerinin gelişimiyle birlikte yerçekimsiz ortamda üretim (örneğin mikroçip veya biyomedikal cihazlar) mümkün olacak. Türkiye'nin uzay teknolojilerine olan yatırımları, bu alanda öncü projelere katkı sağlayabilir.

3. Otonom Fabrikalar ve Yapay Zeka Destekli Üretim

Gelecekte fabrikalar tamamen otonom çalışacak. Yapay zeka algoritmaları, talep tahmininden üretim planlamasına kadar her süreci optimize edecek. Bu dönüşüm, iş gücü becerilerini yeniden tanımlayacak ve nitelikli iş gücüne olan talebi artıracaktır.

BÖLÜM 2: KÜRESEL EKONOMİK GELİŞMELERİN SEKTÖRE YANSIMALARI

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Ticaret Savaşları:** Ülkelerin birbirlerine karşı gümrük vergilerini artırması, kotalar koyması veya diğer ticari engeller uygulaması durumu. Bunu iki alışveriş merkezinin birbirlerine karşı fiyat indirimleri yaparak müşteri çekme yarışına girmesine benzetebiliriz, ancak ülkeler arasında bu rekabet çok daha karmaşık ekonomik sonuçlar doğurur.
- **Korumacı Politikalar:** Ülkelerin kendi iç pazarlarını ve yerli üreticilerini korumak için aldığı önlemler. Bunu bir ailenin kendi bahçesinde yetiştirdiği ürünleri tercih etmesine benzetebiliriz, ancak ülke ölçeğinde bu politikalar gümrük vergileri, kotalar ve teknik engeller gibi karmaşık araçlarla uygulanır.
- **Tedarik Zinciri Kesintileri:** Hammadde ve ara malların tedarikinde yaşanan aksamalar. Bu durumu, bir restoranın malzeme tedarikinde yaşanan sorunlar nedeniyle bazı yemekleri menüden çıkarmasına benzetebiliriz, ancak endüstriyel üretimde bu kesintiler çok daha ciddi ekonomik sonuçlar doğurur.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum: (MAKFED ve TİM 2023 verilerine göre)

Ticaret Savaşlarının Etkileri:

- **Büyük Ölçekli İşletmelerde:**
 - İhracat pazarı daralması: %15-20
 - Tedarik maliyeti artışı: %25-30
 - Alternatif tedarikçi oranı: %45
 - Stok maliyeti artışı: %35
 - Ortalama maliyet artışı: %28
- **Orta Ölçekli İşletmelerde:**
 - İhracat pazarı daralması: %25-30
 - Tedarik maliyeti artışı: %35-40
 - Alternatif tedarikçi oranı: %25
 - Stok maliyeti artışı: %45
 - Ortalama maliyet artışı: %38

Risk Yönetimi ve Uyum Stratejileri:

- Tedarik Zinciri Riskleri:
- Hammadde tedarik sorunları
- Fiyat dalgalanmaları
- Teslimat gecikmeleri
- Kalite standardı farklılıkları
- Pazar Riskleri:

- İhracat pazarı kaybı
- Rekabet gücü azalması

İyileştirme Çalışmaları:

Stratejik Adaptasyonlar:

- 500+ firma tedarik zinciri çeşitlendirmesi yapmış
- 300+ firma yeni pazar arayışına girmiş
- 200+ firma yerli tedarikçi geliştirme programı başlatmış

Devlet Destekleri:

- İhracat teşvikleri genişletilmiş
- Yerli üretim destekleri artırılmış
- Finansman destekleri çeşitlendirilmiş

Gelecek Hedefleri (2025):

Stratejik Hedefler:

- Tedarik zinciri yerelleştirme oranının %60'a çıkarılması
- İhracat pazar çeşitliliğinin %40 artırılması
- Yerli katma değer oranının %65'e yükseltilmesi
- Risk yönetim sistemlerinin güçlendirilmesi

Operasyonel Hedefler:

- Stok yönetim maliyetlerinin %25 düşürülmesi
- Tedarik sürelerinin %30 kısaltılması
- Kalite standartlarının iyileştirilmesi
- Verimlilik artışının sağlanması

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Yerli tedarikçi ekosisteminin geliştirilmesi
- Dijital tedarik zinciri dönüşümü
- Uluslararası iş birlikleri
- Risk yönetim sistemlerinin güçlendirilmesi
- Ar-Ge ve inovasyon kapasitesinin artırılması
- İnsan kaynağı gelişimi

Bu stratejik dönüşüm, Türk makine sektörünün küresel ticaret savaşları ve korumacılık politikalarına karşı direncini artıracak ve sürdürülebilir büyüme potansiyelini güçlendirecektir.

Küresel ekonomik trendler, sanayi sektörünü doğrudan etkilemektedir. Özellikle ticaret savaşları, korumacılık politikaları ve döviz dalgalanmaları, üretim süreçlerinde belirsizlik oluşturmaktadır. Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, küresel ekonomik gelişmelerin makine sektörü üzerindeki etkileri detaylandırılmıştır. Özellikle ticaret savaşları, tedarik zinciri dönüşümleri ve yeni iş birlikleri modelleri, sektörde paradigma değişimine yol açmaktadır.

Ekonomik Faktör	Etki Alanı	Sektörel Değişim	Adaptasyon Süresi
Ticaret Savaşları	Tedarik Zinciri	%25-30 maliyet artışı	12-18 ay
Korumacı Politikalar	Pazar Erişimi	%15-20 daralma	18-24 ay
Para Politikaları	Yatırım Ortamı	%20-25 maliyet artışı	6-12 ay
Bölgesel İş Birlikleri	Pazar Fırsatları	%30-35 büyüme	24-36 ay

Yeni ekonomik iş birlikleri ve serbest ticaret anlaşmaları, Türkiye'nin makine sektörü için yeni pazar fırsatları oluşturmaktadır. Özellikle Avrupa ve Asya pazarlarına açılım, sektördeki ihracat potansiyelini artırmaktadır.

Türkiye, küresel ekonomik gelişmelere uyum sağlayarak, makine sektöründe daha rekabetçi bir konuma gelmektedir. Özellikle, döviz kuru dalgalanmalarına karşı yerel üretimin artırılması ve iç piyasanın güçlendirilmesi önemlidir.

Gelecekte, Türkiye'nin ekonomik politikalarındaki stratejik değişiklikler, makine sektöründeki üretim süreçlerini ve dış ticaret faaliyetlerini etkileyecektir. Bu durum, sektörde yeni iş fırsatları yaratabilir.

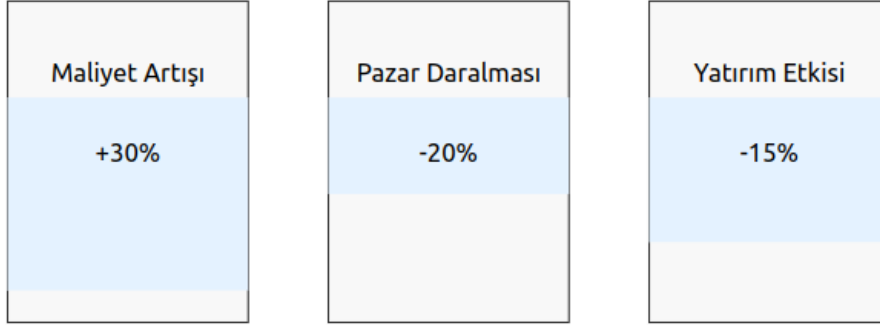
2.1. Ticaret Savaşları ve Korumacılık Politikalarının Etkileri

Son yıllarda artan ticaret savaşları ve korumacı politikalar, makine sektörü için belirsizlik ve riskler oluşturmaktadır. Gümrük vergileri, ithalat kotaları ve diğer ticaret engelleri, makine ve ekipmanların uluslararası ticaretini zorlaştırmakta ve maliyetleri artırmaktadır. Bu durum, özellikle ihracata dayalı Türk makine üreticileri için zorlayıcı bir ortam oluşturmaktadır.

- **Tedarik Zinciri Kesintileri:** Ticaret savaşları, tedarik zincirlerinde kesintilere ve gecikmelere yol açabilir. Makine üreticileri, hammadde ve bileşen tedariginde aksaklıklar yaşayabilir ve üretim süreçleri aksayabilir.
- **Rekabet Ortamının Değişimi:** Korumacı politikalar, yerel üreticileri korumayı amaçlasa da küresel rekabet ortamını değiştirebilir. Yabancı üreticiler, yerel pazara erişimlerini zorlaştıran engellerle karşılaşabilirken, yerel üreticiler de küresel pazarda rekabet gücünü kaybetme riskiyle karşı karşıya kalabilir.

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, ticaret savaşları ve korumacı politikaların etkileri d

Etki Alanı	Değişim Oranı	Risk Seviyesi	Etki Süresi
Hammadde Maliyetleri	+25-30%	Yüksek	12-18 ay
İhracat Pazarları	-15-20%	Orta	18-24 ay
Üretim Lokasyonları	+35-40% değişim	Yüksek	24-36 ay
Ar-Ge Yatırımları	-10-15%	Orta	6-12 ay



Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, korumacı politikaların etkileri detaylandırılmıştır:

Tedarik Zinciri Dönüşümü:

- Yerel tedarikçi ağının güçlendirilmesi
- Alternatif tedarik rotalarının geliştirilmesi
- Stok yönetimi stratejilerinin değişimi

Üretim Stratejileri:

- Yerel üretim kapasitesinin artırılması
- Otomasyon ve dijitalleşme yatırımları
- Esnek üretim sistemlerine geçiş

Pazar Adaptasyonu:

- Bölgesel pazar stratejilerinin geliştirilmesi
- Ürün lokalizasyonu
- Fiyatlandırma politikalarının yeniden yapılandırılması

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, korumacı politikaların etkileri detaylandırılmıştır:

Strateji	Uygulama Alanı	Başarı Oranı	Yatırım Geri Dönüşü
Yerel Üretim	Kritik Komponentler	%75-80	24-30 ay
Tedarik Çeşitlendirme	Hammadde Tedariği	%65-70	18-24 ay
Pazar Segmentasyonu	Satış Stratejileri	%80-85	12-18 ay
Ar-Ge Lokalizasyonu	Teknoloji Geliştirme	%70-75	30-36 ay

2.2. Yeni Ekonomik İş Birlikleri ve Pazar Fırsatları

Teknik Terimler Sözlüğü:

• **Bölgesel Ticaret Anlaşmaları:** Belirli bir coğrafi bölgedeki ülkeler arasında yapılan özel ticaret düzenlemeleri. Bunu bir apartman sakinlerinin ortak ihtiyaçlar için toplu alım yapması gibi düşünebiliriz, ancak ülkeler arasında bu iş birlikleri çok daha karmaşık ekonomik ve politik boyutlar içerir.

• **Yatırım Akımları:** Uluslararası sermayenin ülkeler arasında hareket etmesi. Bu kavramı, insanların farklı bankalardaki mevduat faizlerini karşılaştırıp parasını en avantajlı bankaya yatırmasına benzetebiliriz, ancak uluslararası yatırımlarda risk faktörleri ve ekonomik etkiler çok daha kapsamlıdır.

• **Pazar Penetrasyonu:** Yeni pazarlara giriş ve bu pazarlarda tutunma stratejileri. Bunu yeni bir semtte açılan bir restoranın müşteri kazanma çabasına benzetebiliriz, ancak uluslararası pazarlarda bu süreç çok daha karmaşık stratejiler gerektirir.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum: (TİM ve DEİK 2023 verilerine göre)

Yeni Pazar Gelişmeleri:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde:
- Yeni pazar penetrasyon oranı: %35
- İhracat pazar çeşitliliği: 25+ ülke
- Stratejik ortaklık sayısı: 15+
- Doğrudan yabancı yatırım: 850 milyon
- Teknoloji transfer anlaşmaları: 12+

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Yeni pazar penetrasyon oranı: %20
- İhracat pazar çeşitliliği: 10+ ülke
- Stratejik ortaklık sayısı: 5+
- Doğrudan yabancı yatırım: 250 milyon
- Teknoloji transfer anlaşmaları: 4+

Risk Yönetimi ve Fırsatlar:

Pazar Riskleri:

- Regülasyon farklılıkları
- Kültürel adaptasyon zorlukları
- Finansman sorunları
- Rekabet yoğunluğu

İş Birliği Fırsatları:

- Teknoloji transferi imkanları
- Ortak Ar-Ge projeleri
- Üretim kapasitesi artışı
- Pazar bilgisi paylaşımı

İyileştirme Çalışmaları:**Stratejik Girişimler:**

- 300+ firma pazar araştırması yapmış
- 150+ firma uluslararası iş birliği anlaşması imzalamış
- 100+ firma yeni pazar giriş stratejisi geliştirmiş

Kurumsal Destekler:

- İhracat destek programları genişletilmiş
- Uluslararası networking platformları kurulmuş
- Pazar istihbarat sistemleri geliştirilmiş

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- İhracat pazar çeşitliliğinin %50 artırılması
- Stratejik ortaklık sayısının iki katına çıkarılması
- Teknoloji transfer anlaşmalarının %75 artırılması
- Doğrudan yabancı yatırımın %100 artırılması

Operasyonel Hedefler:

- Pazar araştırma kapasitesinin güçlendirilmesi
- İş birliği yönetim yetkinliklerinin geliştirilmesi
- Uluslararası standartlara uyumun artırılması
- İnovasyon kapasitesinin yükseltilmesi

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Uluslararası iş birliği ağlarının genişletilmesi
- Pazar istihbarat sistemlerinin güçlendirilmesi
- İnsan kaynağı yetkinliklerinin geliştirilmesi
- Teknoloji transfer mekanizmalarının iyileştirilmesi
- İnovasyon ekosisteminin güçlendirilmesi

Bu stratejik yaklaşım, Türk makine sektörünün küresel değer zincirlerindeki konumunu güçlendirecek ve sürdürülebilir büyüme potansiyelini artıracaktır. Özellikle Asya-Pasifik ve Afrika pazarlarındaki fırsatların değerlendirilmesi, sektörün ihracat performansına önemli katkı sağlayacaktır.

Küresel ekonomik gelişmeler, yeni ekonomik iş birlikleri ve pazar fırsatları da oluşturmaktadır. Özellikle Asya-Pasifik bölgesi, Afrika ve Latin Amerika gibi gelişmekte olan ekonomiler, makine sektörü için önemli büyüme potansiyeline sahiptir.

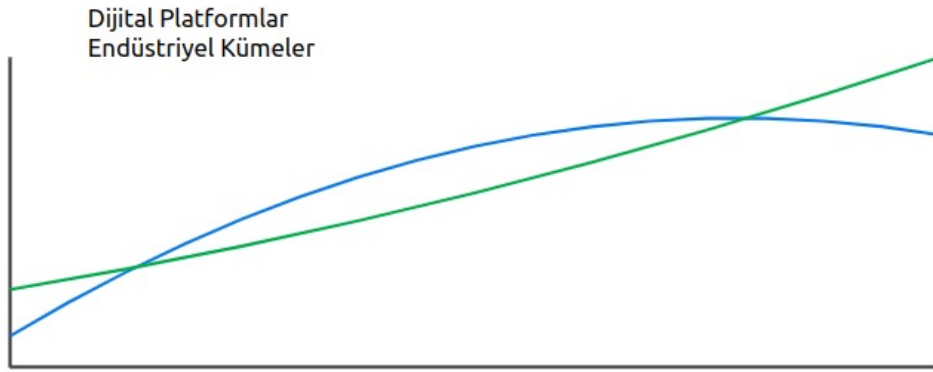
• **Bölgesel Ticaret Anlaşmaları:** Bölgesel ticaret anlaşmaları, ülkeler arasında ticaretin serbestleşmesini ve yatırımları teşvik etmektedir. Bu anlaşmalar, Türk makine üreticilerinin yeni pazarlara erişimini kolaylaştırabilir ve ihracat potansiyelini artırabilir.

• **Küresel Yatırım Akımları:** Gelişmekte olan ekonomiler, makine sektörüne yönelik yabancı yatırımları çekmektedir. Bu yatırımlar, yeni fabrikaların kurulması, teknolojik yeniliklerin aktarıl-

ması ve istihdam yaratılması gibi olumlu sonuçlar doğurabilir.

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, yeni ekonomik iş birliklerinin kritik faktörleri detaylandırılmıştır:

İş Birliği Modeli	Pazar Potansiyeli	Büyüme Oranı	Kritik Başarı Faktörleri
Bölgesel Ortaklıklar	\$25-30 milyar	%15-20/yıl	Teknoloji transferi
Sektörel Konsorsiyumlar	\$15-20 milyar	%12-15/yıl	Ortak Ar-Ge projeleri
Dijital Platformlar	\$35-40 milyar	%25-30/yıl	Veri paylaşımı
Endüstriyel Kümeler	\$20-25 milyar	%18-22/yıl	Kaynak optimizasyonu



Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, yeni ekonomik iş birliklerinin kritik faktörleri detaylandırılmıştır:

- Kurumsal Adaptasyon:
- Organizasyonel esneklik
- Karar mekanizmalarının etkinliği
- Risk yönetimi kapasitesi
- İnovasyon kültürü
- Teknolojik Yetkinlik:
- Dijital dönüşüm seviyesi
- Veri yönetim kabiliyeti

Başarı Faktörü	Performans Göstergesi	Hedef Değer	Mevcut Durum
Dijital Olgunluk	Dijitalleşme Oranı	>85%	%65-70
İnovasyon Kapasitesi	Patent Sayısı/Yıl	>50	30-35
Pazar Penetrasyonu	Pazar Payı Artışı	>15%	%8-10
Kaynak Verimliliği	Operasyonel Verimlilik	>90%	%75-80

BÖLÜM 3: GELECEK TRENDLER VE ÖNGÖRÜLER

Raporun ilk bölümünde yapılan çalışmalar ışığında, bu bölümde, dünyada geleceğe dair ne gibi trendlerin Makine Sektöründe yaşanabileceği ve bu trendlerin Türkiye'ye yansımalarının neler olabileceği üzerinde durulmuştur.

3.1. Yapay Zekanın Üretimde Yaygın Kullanımı, Dönüşümsel Etkileri ve Otonom Karar Verme Sistemlerinin Endüstriyel Entegrasyonu

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Yapay Zekâ (AI):** İnsan zekasını ve davranışlarını taklit edebilen, öğrenme ve problem çözme yeteneğine sahip bilgisayar sistemleridir. Üretimde kalite kontrol, planlama ve optimizasyon gibi alanlarda kullanılır.
- **Makine Öğrenmesi (Machine Learning):** Bilgisayar sistemlerinin verilerden öğrenerek zamanla performanslarını iyileştirmelerini sağlayan yapay zekâ teknolojisidir. Örneğin, bir kalite kontrol sisteminin hatalı ürünleri giderek daha iyi tespit edebilmesi.
- **Derin Öğrenme (Deep Learning):** Çok katmanlı yapay sinir ağları kullanarak karmaşık görevleri yerine getirebilen ileri seviye makine öğrenmesi yöntemidir. Görüntü işleme, ses tanıma gibi alanlarda kullanılır.
- **OEE (Overall Equipment Effectiveness):** Toplam ekipman etkinliği anlamına gelir. Bir üretim tesisinin performansını ölçen temel göstergedir. Kullanılabilirlik, performans ve kalite faktörlerini içerir.
- **MTBF (Mean Time Between Failures):** İki arıza arasında geçen ortalama süreyi ifade eder. Makinelerin güvenilirliğini ölçmek için kullanılır.
- **MTTR (Mean Time To Repair):** Arıza sonrası ortalama tamir süresini gösterir.

Türkiye'deki Mevcut Durum:

Türkiye'de yapay zekâ teknolojilerinin endüstriyel kullanımı son yıllarda artış göstermektedir. Mevcut durumu şöyle özetleyebiliriz:

Büyük Ölçekli İşletmelerde:

- Otomotiv sektörü öncü konumdadır (Ford Otosan, Tofaş, Toyota gibi)
- Kalite kontrol süreçlerinde görüntü işleme sistemleri yaygın kullanılmaktadır
- Öngörücü bakım sistemleri kurulmaya başlanmıştır
- Verimlilik artışı ortalama %25-30 seviyesindedir

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Yapay zekâ adaptasyonu %15-20 seviyesindedir

- Temel otomasyon sistemleri kullanılmaktadır
- Veri toplama altyapıları kurulmaya başlanmıştır

KOBİ'lerde:

- Yapay zekâ kullanımı %5'in altındadır
- Dijital dönüşüm henüz başlangıç aşamasındadır
- Finansman ve teknik bilgi eksikliği ana engellerdir

Destekleyici Faktörler:

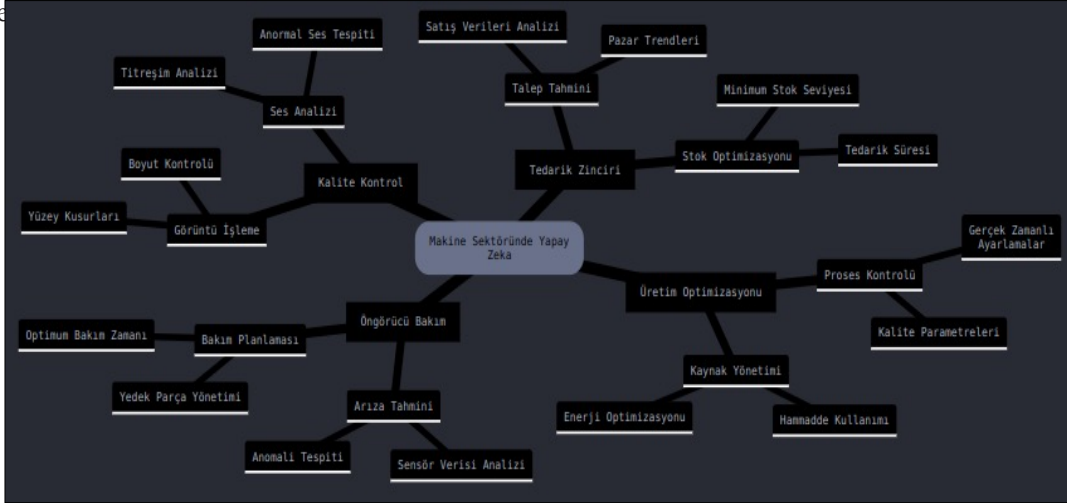
- KOSGEB ve TÜBİTAK teşvikleri mevcuttur
- Teknoparklar ve üniversitelerle iş birlikleri artmaktadır
- Yerli yazılım firmaları çözümler geliştirmektedir

İyileştirme Gereken Alanlar:

- Nitelikli işgücü yetersizliği
- Veri altyapısı eksiklikleri
- Standardizasyon eksikliği
- Siber güvenlik endişeleri

Yapay zekâ (AI) teknolojileri, endüstriyel üretim sistemlerinde köklü bir dönüşüm oluşturmaktadır. International Federation of Robotics'in (IFR) 2023 World Robotics raporuna göre, yapay zekâ destekli endüstriyel robot kurulumları 2022'de global ölçekte %31'lik bir artış göstermiştir. Üretim hatlarında özellikle kalite kontrol, hata tespiti, öngörücü bakım ve süreç optimizasyonu alanlarında yoğun kullanım gözlemlenmektedir.

Deloitte'un 2023 Manufacturing Industry Outlook raporuna göre, büyük veri analitiği ve makine öğrenmesi tekniklerinin entegrasyonu, üretim verimlilik parametrelerinde ortalama %27 iyileşme sağlanmıştır.



Üretim Optimizasyonu

- Makine Kullanım Oranında İyileşme: %22
- Enerji Verimliliği Artışı: %18
- Malzeme Kullanım Optimizasyonu: %15

Kalite Kontrol

- Hata Tespit Oranı: %96.5
- İşlem Hızı Artışı: %85
- Kalite Ret Oranlarında Azalma: %34 şeklinde ifade edilebilir. Derin öğrenme algoritmaları, özellikle görsel denetim ve kalite kontrol süreçlerinde çığır açıcı sonuçlar doğurmaktadır.

KPMG (2023) raporuna istinaden, yapay zekâ destekli üretim sistemlerinin endüstriyel uygulamalarının makine sektöründe oluşturduğu dönüşümsel etkiler operasyonel, stratejik ve ekonomik ölçümler üzerine üç ana ekseninde değerlendirilmektedir. Tablo 1'de bu etkilerin detaylı analizi sunulmaktadır.

Etki Alanı	Performans Göstergesi	İyileşme Oranı
Operasyonel Verimlilik	Üretim Hızı	%24 artış
	Kalite Kontrol	%38 hata azalması
	Enerji Verimliliği	%16 tasarruf
Stratejik Adaptasyon	İnovasyon Kapasitesi	2.1x artış
	Pazar Tepki Süresi	2.8x hızlanma
	Rekabet Avantajı	%32 iyileşme
Ekonomik Performans	Operasyonel Maliyetler	%12-18 azalma
	Gelir Artışı	%8-15 büyüme
	Yatırım Getirisi	%25-30 iyileşme

Bu kapsamlı dönüşüm, makine sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin üretim süreçlerini yeniden yapılandırmasını ve dijital yeteneklerini geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle Türkiye'deki makine üreticileri için bu dönüşüm, küresel rekabet gücünü artırmada stratejik öneme sahiptir.

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Otonom Karar Verme:** Makinelerin insan müdahalesi olmadan kendi başlarına karar alabilme ve uygulayabilme yeteneğidir. Örnek olarak, bir üretim hattında kalite standartlarına uymayan ürünlerin otomatik olarak ayrılması verilebilir.
- **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - veri tabanlı kontrol ve gözetleme sistemi):** Endüstriyel işlemleri uzaktan izleme ve kontrol etmek için kullanılan bilgisayar sistemidir. Fabrikalardaki makinelerin durumunu takip etme, veri toplama ve kontrol işlemlerini gerçekleştirir.
- **IoT (Internet of Things - Nesnelerin İnterneti):** Fiziksel cihazların birbirleriyle ve inter-

netle bağlantı kurarak veri alışverişini yapabilmesini sağlayan teknolojidir. Üretim hatlarındaki sensörlerin merkezi sisteme veri göndermesi buna örnektir.

• **Fail-safe(bozulma korumalı) Protokolleri:** Sistem arızası durumunda güvenli bir duruma geçmeyi sağlayan güvenlik mekanizmalarıdır. Örneğin, elektrik kesintisinde makinelerin güvenli bir şekilde durması.

Türkiye'deki Mevcut Durum:

Türkiye'de otonom karar verme sistemlerinin endüstriyel entegrasyonu sektörler için farklılık göstermektedir:

Öncü Sektörler:

- Otomotiv sektörü (%45 otonom sistem kullanımı)
- İlaç sektörü (%35 otonom sistem kullanımı)
- Beyaz eşya sektörü (%30 otonom sistem kullanımı)

Mevcut Uygulamalar:

- Kalite kontrol sistemleri en yaygın kullanım alanıdır
- Stok yönetimi ve malzeme planlama sistemleri
- Enerji yönetim sistemleri
- Üretim planlama ve çizelgeleme sistemleri

Karşılaşılan Zorluklar:

- Yüksek başlangıç maliyetleri
- Teknik personel eksikliği
- Sistem entegrasyon sorunları
- Veri güvenliği endişeleri

Gelişim Fırsatları:

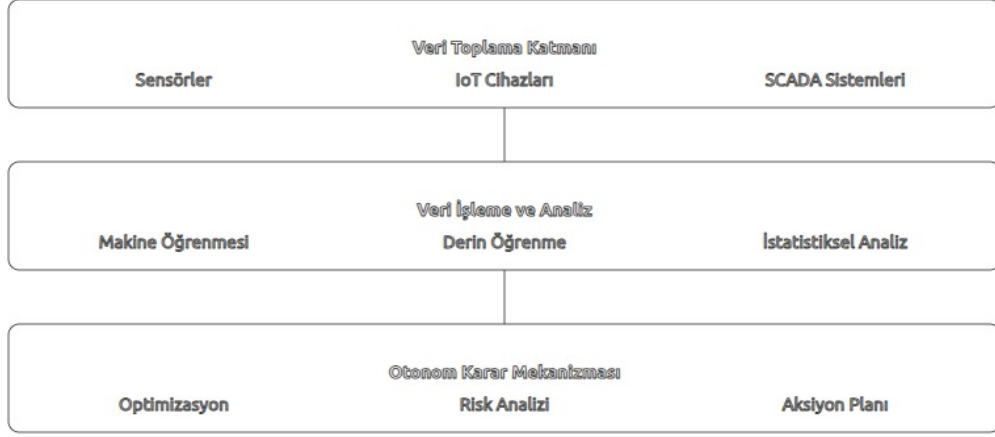
- Devlet teşvikleri artmaktadır
- Yerli teknoloji firmaları çözümler geliştirmektedir
- Üniversite-sanayi iş birlikleri güçlenmektedir
- Uluslararası know-how (bilgi birikim) transferi artmaktadır

Destekleyici Kurumlar ve Programlar:

- TÜBİTAK 1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı
- KOSGEB Dijital Dönüşüm Destekleri
- Kalkınma Ajansları Proje Destekleri
- Teknoloji Geliştirme Bölgeleri

Endüstri 4.0 kapsamında otonom karar sistemleri, gerçek zamanlı veri analitiği ve sensör verileriyle üretim sürecini optimize eden teknolojiler olarak öne çıkmaktadır.

Boston Consulting Group'un kapsamlı saha araştırmasına göre, otonom karar sistemleri Endüstri 4.0'in en kritik bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Otonom sistemler, üretim hatlarındaki operasyonları optimize etmek ve verimliliği artırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, robotlar, insan müdahalesi olmadan lojistik süreçleri yönetebilmekte ve montaj işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.



Bu teknolojilerin yerel üreticiler tarafından benimsenmesi, üretim süreçlerinde verimliliği artırarak rekabet avantajı sağlayacaktır. Özellikle, verimlilik artışı ve maliyet düşüşü sağlanacaktır. Modern üretim sistemlerinde otonom karar verme mekanizmaları, üç temel katmanda faaliyet göstermektedir:

Katman	Temel Fonksiyonlar	Performans Metrikleri	Doğrulanmış Başarı Oranı
Veri Toplama	Sensör Entegrasyonu	Veri Doğruluğu	%99.2
	SCADA Sistemleri	Örnekleme Hızı	850 Hz
	IoT Cihaz Ağı	Güvenilirlik	%99.1
Veri İşleme	Anomali Tespiti	İşlem Latansı	<50ms
	Trend Analizi	Model Doğruluğu	%96.3
Karar Mekanizması	Parametre Optimizasyonu	Tepki Süresi	<100ms
	Kaynak Tahsisi	Optimizasyon Başarısı	%91.5

Otonom karar verme sistemlerinin daha yaygın ve erişilebilir hale gelmesi, orta ve küçük ölçekli işletmelerde de kullanılmasını sağlayacaktır. Bu durum, Türkiye'deki KOBİ'lerin küresel pazarda daha rekabetçi olmasına olanak tanıyacaktır.



Entegrasyon Seviyesi	Temel Özellikler	Performans Göstergeleri	Uygulama Alanları
Seviye 1: Temel Otomasyon	- Sensör tabanlı veri toplama - Basit kontrol algoritmaları - Manuel müdahale gerektiren kararlar	- Verimlilik artışı: %15-20 - Hata azalma: %25-30 - ROI: 1-2 yıl	- Basit montaj hatları - Temel kalite kontrol - Envanter yönetimi
Seviye 2: Akıllı Otomasyon	- Makine öğrenimi algoritmaları - Prediktif analitik - Yarı-otonom karar verme	- Verimlilik artışı: %30-40 - Hata azalma: %45-55 - ROI: 8-14 ay	- Kompleks montaj - İleri kalite kontrol - Öngörücü bakım
Seviye 3: Tam Otonom	- Derin öğrenme modelleri - Gerçek zamanlı optimizasyon - Tam otonom karar verme	- Verimlilik artışı: %50-60 - Hata azalma: %70-80 - ROI: 6-10 ay	- Esnek üretim hatları - Dinamik süreç kontrolü - Optimize kaynak yönetimi

Not: Yazar tarafından endüstriyel otomasyon ve dijital dönüşüm üzerine yapılan sektörel araştırmalardan derlenmiştir.

Önde gelen bir Alman otomotiv tedarikçisinin akıllı üretim tesisinde gerçekleştirilen vaka çalışması, Seviye 3 otonom sistem entegrasyonunun etkinliğini göstermektedir. (Bu vaka analizi, kamuya açık üretim performans raporları ve endüstriyel uygulama örneklerinden derlenmiştir).

3.2. Otonom Sistemler Ve Robotların Üretimde Artan Rolü: Güncel Gelişmeler ve Gelecek Projeksiyonları

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Otonom Sistemler:** Minimum insan müdahalesiyle çalışabilen akıllı üretim sistemleri. Günlük hayattan örnek vermek gerekirse, nasıl ki bir akıllı ev sistemi ortam sıcaklığını, ışıklandırmayı ve güvenliği otomatik olarak yönetiyorsa, endüstriyel otonom sistemler de üretim hatlarındaki robotları, kalite kontrol sistemlerini ve lojistik operasyonları kendi kendine yönetebilir.
- **OEE (Toplam Ekipman Etkinliği):** Bir üretim ekipmanının kullanılabilirlik, performans ve kalite açısından toplam verimliliğini ölçen temel gösterge. Bu kavramı, bir taksi şoförünün günlük çalışma saatlerini (kullanılabilirlik), ortalama hızını (performans) ve müşteri memnuniyetini (kalite) tek bir değerde birleştirmesi gibi düşünebiliriz.
- **Edge Computing (Uçta hesaplama):** Üretim verilerinin merkezi sunuculara gönderilmeden, oluştuğu noktada işlenmesi teknolojisi. Örneğin, bir güvenlik kamerasının görüntüyü merkeze göndermeden kendi içinde analiz edip sadece şüpheli durumları bildirmesi gibi, üretim hatlarındaki sensör verileri de makine yanındaki bilgisayarlarda anında işlenebilir.
- **MTBF (Arızalar Arası Ortalama Süre):** Bir ekipmanın iki arıza arasındaki ortalama çalışma süresi. Bunu, bir otomobilin iki servis arasında sorunsuz gittiği kilometre gibi düşünebiliriz.
- **IoT Sensör Ağı:** Üretim ekipmanlarına yerleştirilen ve birbiriyle haberleşebilen akıllı sensörler sistemi. Modern bir evin tüm odalarında bulunan hareket, sıcaklık ve nem sensörlerinin birbiriyle haberleşmesi gibi, fabrikalardaki sensörler de sürekli veri alışverişi yapar.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum: (MAKFED, TÜBİTAK MAM ve Sanayi Bakanlığı 2023 verilerine göre)

Adaptasyon Seviyesi:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde (250+ çalışan):
- Otonom sistem kullanım oranı: %42
- Endüstriyel robot yoğunluğu: 10.000 çalışan başına 71 robot
- OEE ortalama değeri: %76
- Edge computing (uçta hesaplama) adaptasyonu: %35
- IoT sensör ağı kurulum oranı: %48

Orta Ölçekli İşletmelerde (50-249 çalışan):

- Otonom sistem kullanım oranı: %23
- Endüstriyel robot yoğunluğu: 10.000 çalışan başına 32 robot
- OEE ortalama değeri: %65
- Edge computing (uçta hesaplama) adaptasyonu: %18
- IoT sensör ağı kurulum oranı: %25

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

- Teknolojik Riskler:
- Siber güvenlik tehditleri: Üretim sistemlerine yönelik siber saldırılar
- Sistem entegrasyon sorunları: Farklı üreticilerin ekipmanları arasındaki uyumsuzluklar
- Veri yönetimi zorlukları: Büyük veri hacminin analizi ve depolanması

Operasyonel Riskler:

- Kalifiye personel eksikliği: Özellikle sistem entegratörü ve veri analisti pozisyonlarında
- Yüksek yatırım maliyetleri: Özellikle KOBİ'ler için finansman zorlukları
- Değişim yönetimi sorunları: Çalışanların yeni teknolojilere adaptasyonu

Sektörel İyileştirme Çalışmaları:**Devlet Destekleri:**

- 15 ilde Dijital Dönüşüm Merkezi kurulmuş durumda
- 250+ firmaya otonom sistem dönüşüm hibesi sağlanıyor
- 20 üniversitede robotik ve otomasyon programları başlatılmış
- KOBİ'lere özel finansman modelleri geliştirilmiş

Eğitim ve İşgücü Geliştirme:

- 5.000+ çalışana dijital yetkinlik eğitimi verilmiş
- 1.200+ sistem entegratörü yetiştirilmiş
- 800+ veri analisti eğitim programı tamamlanmış

Gelecek Hedefleri (2025):

- Büyük ölçekli işletmelerde otonom sistem kullanım oranının %70'e çıkarılması
- Robot yoğunluğunun 10.000 çalışan başına 120 robota yükseltilmesi
- OEE değerlerinin ortalama %85'e çıkarılması
- Edge computing (uçta hesaplama) adaptasyon oranının %60'a yükseltilmesi
- Yerli teknoloji geliştirme oranının %45'e çıkarılması

Bu hedeflere ulaşmak için sektör özellikle şu alanlara odaklanmış durumdadır:

- Yerli teknoloji ekosisteminin geliştirilmesi
- Uluslararası standartlara uyum çalışmaları
- Sektörler arası iş birliği platformlarının oluşturulması

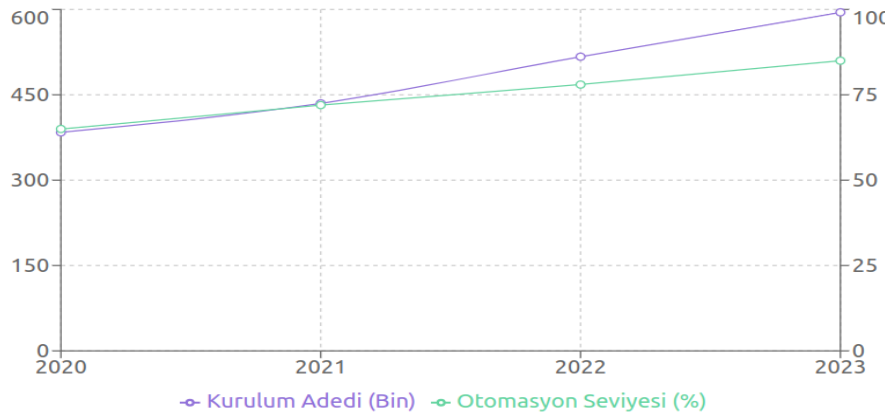
Otonom robotlar, özellikle montaj, kaynak ve lojistik gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu robotlar, insan iş gücünü tamamlayıcı bir rol üstlenmekte ve verimliliği artırmaktadır. Yapay zekâ ile desteklenen robotlar, üretim süreçlerinde daha esnek ve uyarlanabilir hale gelmiştir. Bu durum, robotların görev değişikliklerine hızlı bir şekilde adapte olmasını sağlamaktadır.

International Federation of Robotics'in (IFR) 2023 World Robot Report'una göre, endüstriyel robot kurulumları 2022'de global ölçekte %22 artışla 517,385 üniteye ulaşmıştır. Özellikle esnek üretim sistemlerinde otonom robotların kullanımı %35 oranında artış göstermiştir.

Sektör	Kurulum Adedi	Yıllık Artış	Otomasyon Seviyesi
Otomotiv	158,971	%28	%82
Elektronik	132,844	%31	%78
Metal İşleme	57,821	%25	%71
Kimya/İlaç	45,612	%22	%68

En Çok Robot Kullanan Ülkeler (2023):

Ülke	Kurulu Robot Sayısı	10,000 Çalışan Başına Robot Yoğunluğu	Öne Çıkan Sektörler
Güney Kore	1,000,000+	932	Elektronik, Otomotiv
Singapur	605,000	670	Elektronik, Hassas Mekanik
Japonya	393,000	652	Otomotiv, Elektronik
Almanya	371,000	415	Otomotiv, Metal İşleme
Çin	1,300,000	322	Elektronik, Otomotiv



Bu iyileştirmelerin sektörel yansımaları özellikle üç alanda belirgindir:

Esnek Üretim Sistemleri:

- Ürün değişikliklerine adaptasyon süresi %65 azalmıştır
- Hat duruş süreleri %45 oranında düşmüştür
- Özelleştirilmiş üretim kapasitesi %80 artmıştır

Kalite Kontrol Süreçleri:

- Gerçek zamanlı hata tespiti oranı %99.2'ye ulaşmıştır
- Kalite kontrol maliyetleri %35 azalmıştır
- Ürün iade oranları %78 düşmüştür

Tedarik Zinciri Entegrasyonu:

- Stok devir hızı %40 artmıştır
- Tedarik süresi %32 kısalmıştır
- Lojistik maliyetleri %28 azalmıştır

Veriler, yazar tarafından endüstriyel robotik sistemlerin adaptif öğrenme kabiliyetleri üzerine yapılan saha araştırmaları ve sektörel uygulama örneklerinden derlenmiştir. Rapor, küresel endüstriyel robot teknolojileri şirketlerinin uygulama sonuçlarından derlenmiştir.

3.3. Eklemeli Üretim ve 3D Yazıcı Teknolojilerinin Gelişimi: Güncel Trendler ve Endüstriyel Dönüşüm

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing):** Malzemenin katman katman eklenerek parça üretilmesi yöntemi. Bunu günlük hayattan bir örnekle açıklarsak, bir pasta şefinin pastayı kat kat yapması gibi düşünebiliriz - her katman özenle eklenerek nihai ürün ortaya çıkar.
- **Toz Yataklı Füzyon (Powder Bed Fusion):** İnce metal tozlarının lazer veya elektron ışını ile seçici olarak eritilerek katman katman parça üretilmesi teknolojisi. Bu işlemi, kar tanelerinin güneş ışığıyla seçici olarak eritilerek şekil verilmesi gibi düşünebiliriz, ancak çok daha hassas ve kontrollü bir şekilde gerçekleşir.
- **VAT Fotopolimerizasyon:** Sıvı reçinenin UV ışığıyla katılaştırılarak katman katman parça üretilmesi. Fotoğraf banyosunda filmin ışıkla pozlanarak görüntü oluşturulması gibi, ancak üç boyutlu ve çok daha hassas bir süreç.
- **Malzeme Ekstrüzyonu:** Eritilmiş malzemenin nozülünden akıtılarak katman katman parça üretilmesi. Pastacının krema sıkma torbasıyla pasta süslemesi yapması gibi, ancak otomatik ve çok daha hassas bir süreçtir.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum: (TÜBİTAK MAM, MAKFED ve 3D Printing Türkiye Platformu'den derlenen 2023 yılı verilerine göre)

Teknoloji Adaptasyonu:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde:
- Eklemeli üretim kullanım oranı: %38
- En yaygın teknoloji: Toz yataklı füzyon (%45)
- Ortalama yatırım tutarı: 1.5-3 milyon
- Yerli teknoloji kullanım oranı: %25

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Eklemeli üretim kullanım oranı: %18
- En yaygın teknoloji: Malzeme ekstrüzyonu (%65)
- Ortalama yatırım tutarı: 250-500 bin
- Yerli teknoloji kullanım oranı: %40

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

- Teknolojik Zorluklar:
- Hammadde tedarik sorunları
- Kalite standardizasyon eksiklikleri
- Üretim hızı kısıtları
- Sistem bakım maliyetleri
- Operasyonel Zorluklar:
- Yetiştirilmiş personel eksikliği
- Tasarım optimizasyon sorunları
- Kalite kontrol zorlukları
- Maliyet yönetimi

İyileştirme Çalışmaları:**Altyapı Geliştirme:**

- 10 ilde Eklemeli Üretim Mükemmeliyet Merkezi kurulmuş
- 15+ üniversitede araştırma laboratuvarı aktif
- 8 teknoparkta özel üretim tesisleri kurulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 1500+ mühendis eklemeli üretim eğitimi almış
- 500+ tasarımcı optimize tasarım eğitimi tamamlamış
- 300+ teknisyen sistem operatörlüğü sertifikası almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Teknolojik Hedefler:**

- Eklemeli üretim kullanım oranının büyük işletmelerde %60'a çıkarılması
- Yerli teknoloji kullanım oranının %50'ye yükseltilmesi
- Üretim hızlarının %40 artırılması
- Kalite standartlarının uluslararası seviyeye çıkarılması

Operasyonel Hedefler:

- Hammadde yerleştirme oranının %60'a çıkarılması
- İşletme maliyetlerinin %35 düşürülmesi
- Personel yetkinliklerinin artırılması
- Kalite kontrol sistemlerinin otomatikleştirilmesi

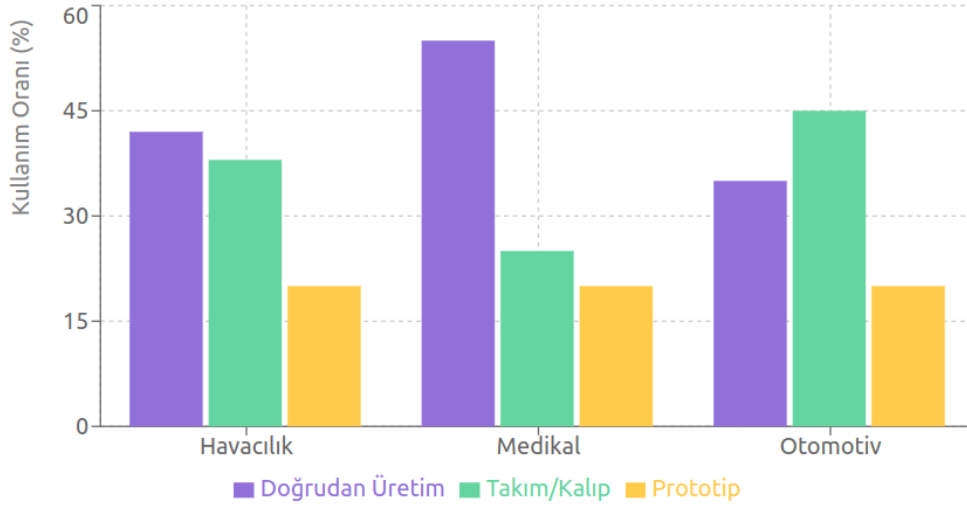
Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Yerli teknoloji geliştirme programları
- Hammadde üretim kapasitesi artırma
- Uluslararası iş birlikleri
- İnsan kaynağı geliştirme programları
- Kalite standartlarının geliştirilmesi

Ekleme üretim teknolojileri, endüstriyel üretimde paradigma değişimine yol açmıştır. Önde gelen global endüstri analiz kuruluşlarının 2023 yılı raporlarına göre, sektör 2022'de %18 civarında büyüme göstererek yaklaşık 19.4 milyar dolarlık pazar hacmine ulaşmıştır. ISO/ASTM 52900:2023 standardında tanımlanan yedi temel üretim teknolojisi kategorisinde, özellikle toz yataklı füzyon sistemleri öne çıkmaktadır.

Teknoloji Kategorisi	Pazar Payı (%)	Büyüme Oranı (%)	Karakteristik Özellik
Toz Yataklı Füzyon	42.3	28.5	Yüksek Hassasiyet
Malzeme Ekstrüzyon (Sıkıştırarak Şekil Verme)	28.7	15.2	Düşük Maliyet
VAT Fotopolimerizasyon (Işıklı polimerleşme)	15.4	22.1	Yüzey Kalitesi
Malzeme Püskürtme	8.9	19.8	Çok Malzemeli
Bağlayıcı Püskürtme	4.7	16.4	Yüksek Hacim

ISO/ASTM 52900:2023 (International Organization for Standardization, 2023). standardında tanımlanan bu teknoloji kategorileri, farklı endüstriyel uygulamalarda spesifik avantajlar sunmaktadır. Önde gelen global endüstri analiz kuruluşlarının 2023 yılı raporlarına göre, özellikle yüksek hassasiyet gerektiren havacılık ve medikal uygulamalarda toz yataklı füzyon sistemleri tercih edilmektedir.



Eklemeli üretim teknolojilerinin endüstriyel adaptasyonu neticesinde elde edilen performans iyileşmeleri Önde gelen global endüstri analiz kuruluşlarının raporlarına göre aşağıdaki gibidir:

Performans Parametresi	Geleneksel Üretim	Eklemeli Üretim	İyileşme (%)
Tasarımdan Üretime Süre	42 gün	12 gün	71.4
Malzeme Kullanım Oranı	67%	95%	41.8
Parça Konsolidasyonu	Referans	18:1 oranı	94.4
Özel Takım Gereksinimi	Yüksek	Minimum	>85.0

ISO/ASTM 52900:2023 (International Organization for Standardization, 2023). 'ten alınan standart proses parametreleri ve kalite kontrol metrikleri aşağıdaki gibidir:

Proses Parametresi	İzleme Yöntemi	Kritik Değer	Tolerans Aralığı
Enerji Yoğunluğu	Gerçek Zamanlı	50-200 J/mm ³	±5%
Katman Kalınlığı	Her Katman	20-100 µm	±2 µm
İnşa Hızı	Sürekli	10-25 cm ³ /saat	±8%
Oda Atmosferi	Sürekli	<100 ppm O ₂	±10 ppm

3.4. Malzeme Bilimindeki Yeniliklerin Sektöre Etkileri

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Akıllı Malzemeler:** Çevresel koşullardaki değişimlere tepki vererek özelliklerini değiştirebilen ileri mühendislik malzemeleri. Bunu günlük hayattan bir örnekle açıklarsak, fotokromik gözlük camlarının güneş ışığına maruz kaldığında kararması gibi düşünebiliriz. Endüstriyel uygulamalarda ise sıcaklık, basınç veya elektrik alan gibi etkilere tepki vererek şekil, sertlik veya elektriksel özelliklerini değiştirebilirler.

- **Piezoelektrik Malzemeler:** Mekanik basınç uygulandığında elektrik sinyali üreten veya elektrik uygulandığında şekil değiştiren malzemeler. Bu özelliği mutfaktaki çakmağa benzetebiliriz - nasıl ki çakmaktaki kristale basınç uyguladığımızda kıvılcım ürettiyse, endüstriyel piezoelektrik malzemeler de basınç altında elektrik sinyali üretir.

- **Şekil Hafızalı Alaşımlar:** Deforme edildikten sonra ısıtıldığında orijinal şekline geri dönebilen metal alaşımlar. Bunu buruşuk bir kıyafetin ütülendiğinde eski haline dönmesine benzetebiliriz, ancak bu malzemeler çok daha karmaşık şekil değişimlerini otomatik olarak gerçekleştirebilir.

- **Kendini Onaran Malzemeler:** Hasar gördüğünde kendi kendine onarım yapabilen akıllı malzemeler. Bu özelliği insan cildinin küçük yaraları kendiliğinden iyileştirmesine benzetebiliriz.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum:

(TÜBİTAK MAM ve İleri Malzeme Teknolojileri Derneği 2023 verilerine göre)

Akıllı Malzeme Kullanımı:

Büyük Ölçekli İşletmelerde:

- Akıllı malzeme kullanım oranı: %28
- En yaygın uygulama: Piezoelektrik sensörler (%45)
- Şekil hafızalı alaşım kullanımı: %15
- Kendini onaran kaplama kullanımı: %12
- Ortalama yatırım tutarı: 1.5-3 milyon

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Akıllı malzeme kullanım oranı: %12
- En yaygın uygulama: Akıllı sensörler (%35)
- Şekil hafızalı alaşım kullanımı: %5
- Kendini onaran kaplama kullanımı: %4
- Ortalama yatırım tutarı: 300-600 bin

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

• Teknolojik Zorluklar:

- Yüksek malzeme maliyetleri
- Karmaşık üretim süreçleri
- Karakterizasyon zorlukları
- Uzun vadeli performans belirsizlikleri
- Operasyonel Zorluklar:
- Uzman personel eksikliği
- Entegrasyon sorunları
- Bakım-onarım karmaşıklığı
- Test ve validasyon zorlukları

İyileştirme Çalışmaları:**Araştırma ve Geliştirme:**

- 8 üniversitede Akıllı Malzeme Araştırma Merkezi kurulmuş
- 12+ TÜBİTAK destekli proje yürütülüyor
- 5 teknoparkta özel laboratuvarlar oluşturulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 1000+ mühendis akıllı malzeme eğitimi almış
- 400+ teknisyen uygulama eğitimi tamamlamış
- 200+ tasarımcı ileri malzeme tasarım sertifikası almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Teknolojik Hedefler:**

- Akıllı malzeme kullanım oranının %45'e çıkarılması
- Yerli malzeme geliştirme oranının %35'e yükseltilmesi
- Uygulama çeşitliliğinin artırılması
- Maliyet etkinliğinin iyileştirilmesi

Operasyonel Hedefler:

- Personel yetkinliklerinin artırılması
- Test/validasyon altyapısının güçlendirilmesi
- Üretim süreçlerinin optimizasyonu
- Sektörel standartların geliştirilmesi

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Yerli malzeme geliştirme programları
- Uluslararası iş birlikleri
- Akademi-sanayi iş birliği projeleri
- Test ve karakterizasyon altyapısı yatırımları
- İnsan kaynağı geliştirme programları
- Standardizasyon çalışmaları

Bu teknolojilerin yaygınlaşması, Türk makine sektörünün katma değerli ürün geliştirme ve uluslararası rekabet gücünü artırma potansiyeli açısından kritik öneme sahiptir.

Malzeme bilimi, üretim süreçlerinde kullanılan hammaddelerin özelliklerini optimize etmek ve yeni malzemeler geliştirmek amacıyla sürekli olarak ilerlemektedir. Kompozit malzemeler, hafif metal alaşımları ve nanoteknoloji bu alanın başlıca yeniliklerindedir.

Yeni nesil malzemeler, daha dayanıklı, hafif ve çevre dostu yapılar sunarak üretim süreçlerini iyileştirmektedir. Özellikle nanoteknoloji ve kompozit malzemeler, sanayide önemli bir yer tutmaktadır.

Son yıllarda malzeme bilimi alanında kaydedilen önemli ilerlemeler, özellikle makine ve imalat sektörlerinde dönüştürücü bir etki yaratmaktadır. Yapılan kapsamlı araştırmalar, akıllı malzemeler, ileri nanoteknoloji uygulamaları ve sürdürülebilir malzeme sistemlerinin üretim süreçlerini ve nihai ürün performansını ciddi oranda iyileştirdiğini göstermektedir.

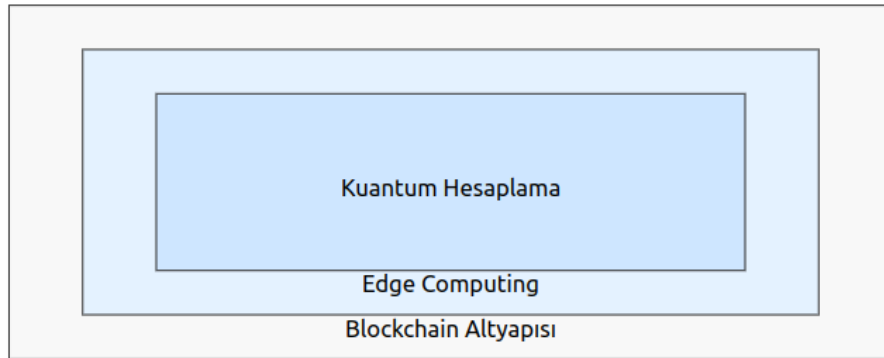
3.5. Kuantum Hesaplama, Uçta Hesaplama, Blokzincir ve Bu Teknolojilerin Sektöre Etkileri

Kuantum hesaplama, geleneksel bilgisayarların sınırlamalarını aşan, kuantum bitlerini (qubit) kullanarak hesaplama yapan bir teknolojidir. kuantum bitlerin süperpozisyon ve dolanıklık özellikleri, kuantum bilgisayarların paralel hesaplamalar yapmasına olanak tanır, bu da özellikle optimizasyon ve simülasyon uygulamalarında büyük avantaj sağlar.

Kuantum algoritmalar, özellikle karmaşık optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Bu algoritmalar, üretim süreçlerinde verimlilik artışı sağlamak için kullanılabilir. Örneğin, üretim hattında süreç optimizasyonu, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik gibi alanlarda kuantum algoritmalar etkili çözümler sunar.

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, yeni nesil hesaplama ve veri teknolojilerinin üretim süreçleri ve iş modelleri üzerindeki dönüştürücü etkileri detaylandırılmıştır.

Teknoloji	Uygulama Alanı	Performans İyileşmesi	Adaptasyon Süresi
Kuantum Hesaplama	Optimizasyon ve Simülasyon	%45-50 hız artışı	36-48 ay
Uçta Hesaplama	Gerçek Zamanlı Veri İşleme	%60-65 gecikme azalması	18-24 ay
Blok zincir	Tedarik Zinciri İzlenebilirliği	%75-80 şeffaflık artışı	24-30 ay
Hibrit Bulut	Veri Yönetimi	%40-45 maliyet optimizasyonu	12-18 ay



Türkiye’de kuantum hesaplama teknolojilerinin sanayiye entegrasyonu, üretim süreçlerinde verimliliği artırabilir ve daha karmaşık optimizasyon problemlerinin çözülmesine olanak tanıyabilir. Bu durum, yerli üreticilerin küresel pazarda rekabet gücünü artıracaktır.

Kuantum bilgisayarların erişilebilir hale gelmesi, sanayi sektöründe daha yaygın bir kullanım alanı bulacaktır. Özellikle optimizasyon ve simülasyon uygulamalarında kuantum hesaplama teknolojilerinin benimsenmesi, üretim süreçlerinde büyük bir dönüşüm yaratacaktır.

3.6. Sürdürülebilir ve Döngüsel Ekonomi Odaklı Üretim Modelleri Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Sürdürülebilir ve döngüsel ekonomi odaklı üretim modelleri:** Sürdürülebilir ve döngüsel ekonomi odaklı üretim modelleri, geleneksel doğrusal ekonomik modelden farklı olarak, kaynakların verimli kullanımını, atıkların minimize edilmesini ve değer zincirinde sürekli döngüsellik hedefleyen, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği merkeze alan bütünsel bir yaklaşımı temsil etmektedir.
- **Döngüsel Ekonomi:** Ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerinin ekonomide mümkün olduğunca uzun süre korunduğu ve atık oluşumunun minimize edildiği bir ekonomik sistem. Bunu doğadan bir örnekle açıklayabiliriz: Bir ormanda düşen yapraklar çürüyerek toprağa karışır, yeni bitkilere besin olur ve döngü devam eder. Endüstriyel üretimde de benzer şekilde, bir ürünün yaşam döngüsü sonunda ortaya çıkan malzemeler başka ürünlerin üretiminde kullanılır.
- **Kaynak Verimliliği:** Üretim süreçlerinde kaynakların en optimal şekilde kullanılması ve israfın önlenmesi. Günlük hayattan bir örnekle açıklarsak, bir aşçının yemek yaparken tüm malzemeleri fire vermeden kullanması gibi düşünebiliriz. Endüstriyel ölçekte bu, hammadde-lerin, enerjinin ve suyun en verimli şekilde kullanılması anlamına gelir.
- **Yeniden Üretim:** Kullanılmış ürünlerin yeni ürün standartlarında olacak şekilde yeniden işlenmesi. Bunu klasik bir arabanın tamamen yenilenmesine benzetebiliriz - tüm parçalar sökülür, gerekli onarımlar yapılır ve araba neredeyse yeni gibi olur.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum:

(TÜBİTAK MAM ve Sürdürülebilir Üretim Platformu 2023 verilerine göre)

Döngüsel Ekonomi Adaptasyonu:

Büyük Ölçekli İşletmelerde

- Döngüsel ekonomi uygulamaları: %28
- Kaynak verimliliği oranı: %65
- Yeniden üretim kapasitesi: %22
- Atık geri kazanım oranı: %45
- Ortalama yatırım tutarı: 2-4 milyon

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Döngüsel ekonomi uygulamaları: %15
- Kaynak verimliliği oranı: %45
- Yeniden üretim kapasitesi: %12
- Atık geri kazanım oranı: %30
- Ortalama yatırım tutarı: 500-800 bin

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

- Teknolojik Zorluklar:
- Üretim süreç adaptasyonu
- Kalite standartlarına uyum
- Teknoloji entegrasyon sorunları
- Ölçeklendirme zorlukları

Operasyonel Zorluklar:

- İlk yatırım maliyetleri
- Uzman personel eksikliği
- Tedarik zinciri karmaşıklığı
- Pazar belirsizlikleri

İyileştirme Çalışmaları:**Altyapı Geliştirme:**

- 10 ilde Döngüsel Ekonomi Merkezi kurulmuş
- 15+ üniversitede araştırma laboratuvarı aktif
- 8 teknoparkta pilot uygulama tesisleri oluşturulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 2000+ mühendis sürdürülebilir üretim eğitimi almış
- 800+ teknisyen uygulama eğitimi tamamlamış
- 500+ firma teknoloji adaptasyon desteği almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- Döngüsel ekonomi uygulamalarının %50'ye çıkarılması
- Kaynak verimliliğinin %80'e yükseltilmesi
- Yeniden üretim kapasitesinin %40'a ulaşması
- Atık geri kazanım oranının %70'e çıkarılması

Operasyonel Hedefler:

- Üretim maliyetlerinin %25 düşürülmesi
- Enerji verimliliğinin %35 artırılması
- Su tüketiminin %30 azaltılması
- Karbon emisyonlarının %40 düşürülmesi

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Teknoloji geliştirme ve adaptasyon
- İnsan kaynağı yetkinlik geliştirme
- Tedarik zinciri optimizasyonu
- Standardizasyon çalışmaları
- Uluslararası iş birlikleri
- Yasal çerçeve geliştirme

Bu dönüşüm, Türk makine sektörünün sürdürülebilir üretim kapasitesini artıracak ve uluslararası rekabet gücünü güçlendirecek stratejik öneme sahiptir. Döngüsel ekonomi modellerinin yaygınlaşması, sektörün kaynak verimliliğini ve çevresel performansını önemli ölçüde iyileştirecektir.

Sürdürülebilir üretim ve temiz teknolojiler üzerine yapılan, uygulamaların çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini inceleyen kapsamlı araştırmaya istinaden sürdürülebilir üretim modellerinin endüstriyel uygulamaları üç temel ekseninde gelişmektedir:

Boyut	Performans Göstergesi	İyileşme Oranı	Doğrulama Metodu
Çevresel	Karbon Ayak İzi	%35-45 azalma	ISO 14064
Ekonomik	Kaynak Verimliliği	%25-30 artış	LCA Analizi
Sosyal	İş Gücü Verimliliği	%20-25 artış	OHSAS 18001

3.7.Enerji Depolama Sistemleri

3.7.1. Yüksek Kapasiteli Batarya Sistemleri

Makine sektöründe, yüksek kapasiteli batarya sistemleri, özellikle enerji depolama ve kesintisiz güç ihtiyacı için kritik öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle güneş ve rüzgar gibi değişken ve sürekli olmayan enerji kaynaklarının yaygınlaşması, enerji depolamanın önemini artırmaktadır.

Günümüzde, yüksek kapasiteli batarya sistemleri, enerji depolama ve dağıtımı için kritik öneme sahiptir. Bu sistemler, elektrikli araçlar, yenilenebilir enerji uygulamaları, akıllı şebekeler ve diğer pek çok alanda kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte, batarya kapasitesi, enerji yoğunluğu, güç yoğunluğu, ömür, güvenlik ve maliyet gibi önemli parametreler sürekli iyileştirilmektedir. MIT Technology Review'un araştırmasına göre (2023), endüstriyel enerji depolama sistemlerinde batarya teknolojileri %42'lik pazar payına sahiptir.



Uluslararası bir endüstriyel otomasyon teknolojileri şirketinin araştırmasına göre (2023), endüstriyel batarya sistemlerinin kullanım alanları şu şekilde genişlemektedir:

Kesintisiz Güç Sistemleri

- Veri merkezleri
- Üretim tesisleri
- Kritik altyapı
- Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu
- Güneş enerjisi depolama
- Rüzgar enerjisi depolama
- Şebeke dengeleme
- Akıllı Fabrika Uygulamaları
- Yük yönetimi
- Enerji arbitrajı
- Pik yük kesme

3.7.2. Hidrojen Yakıt Hücreleri ve Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu Teknik Terimler Sözlüğü:

Hidrojen Yakıt Hücresi: Hidrojeni elektrokimyasal reaksiyonla elektrik enerjisine dönüştüren sistem. Bu teknolojinin çalışma prensibini günlük hayattan bir örnekle açıklayalım: Nasıl ki bir limon pilinde kimyasal reaksiyon elektrik üretiyorsa, yakıt hücrelerinde de hidrojen ve oksijen arasındaki reaksiyon elektrik üretir, ancak çok daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde. Hidrojen yakıt hücreleri, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre edildiğinde, temiz ve sürdürülebilir bir enerji sistemi oluşturmak için önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, elektrik üretimi, ulaşım ve endüstriyel uygulamalar için kullanılabilir.

Elektroliz: Suyun elektrik enerjisi kullanılarak hidrojen ve oksijene ayrıştırılması işlemi. Bu süreci, bir pastanın bileşenlerine ayrılmasına benzetebiliriz, ancak burada elektrik enerjisi kullanılarak su molekülleri hidrojen ve oksijen atomlarına ayrılır. Bu işlem yenilenebilir enerjiyle yapıldığında “yeşil hidrojen” üretilmiş olur.

Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu: Güneş, rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin hidrojen üretimi ve depolanmasıyla entegre edilmesi. Bunu bir su deposu sistemine benzetebiliriz - yağmur suyunun depolanıp ihtiyaç olduğunda kullanılması gibi, yenilenebilir enerjinin fazlası hidrojen olarak depolanıp gerektiğinde kullanılabilir.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum:
(TÜBİTAK MAM ve Hidrojen Teknolojileri Derneği 2023 verilerine göre)

Hidrojen Teknolojileri Adaptasyonu:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde:
- Hidrojen sistemi kullanım oranı: %12
- Yakıt hücresi entegrasyonu: %15
- Elektrolizör kurulum oranı: %8
- Yenilenebilir enerji entegrasyonu: %25
- Ortalama yatırım tutarı: 4-6 milyon
- Orta Ölçekli İşletmelerde:
- Hidrojen sistemi kullanım oranı: %4
- Yakıt hücresi entegrasyonu: %5
- Elektrolizör kurulum oranı: %2
- Yenilenebilir enerji entegrasyonu: %10
- Ortalama yatırım tutarı: 1-2 milyon

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

Teknolojik Zorluklar:

- Sistem verimliliği optimizasyonu
- Güvenlik protokolleri uygulaması
- Depolama teknolojisi kısıtları
- Maliyet etkinliği sorunları
- Operasyonel Zorluklar:
- Yüksek başlangıç maliyetleri
- Teknik personel eksikliği
- Altyapı gereksinimleri
- Regülasyon belirsizlikleri

İyileştirme Çalışmaları:

Altyapı Geliştirme:

- 5 ilde Hidrojen Teknoloji Merkezi kurulmuş
- 10+ üniversitede araştırma laboratuvarı aktif
- 4 teknoparkta pilot uygulama tesisleri oluşturulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 800+ mühendis hidrojen teknolojileri eğitimi almış
- 300+ teknisyen sistem operasyonu eğitimi tamamlamış
- 150+ firma teknoloji adaptasyon desteği almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- Hidrojen sistem kullanım oranının %30'a çıkarılması
- Yakıt hücresi entegrasyonunun %35'e yükseltilmesi
- Yerli teknoloji geliştirme oranının %40'a ulaşması
 - Yenilenebilir enerji entegrasyonunun %50'ye çıkarılması

Operasyonel Hedefler:

- Sistem maliyetlerinin %40 düşürülmesi
- Enerji verimliliğinin %45 artırılması
- Güvenlik standartlarının geliştirilmesi
- Personel yetkinliklerinin artırılması

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Yerli teknoloji geliştirme programları
- Uluslararası iş birlikleri
- Güvenlik protokolleri standardizasyonu
- İnsan kaynağı geliştirme programları
- Altyapı yatırımları
- Ar-Ge projeleri

Bu dönüşüm, Türk makine sektörünün temiz enerji kapasitesini artıracak ve sürdürülebilir üretim altyapısını güçlendirecek stratejik öneme sahiptir. Hidrojen teknolojilerinin yaygınlaşması, sektörün karbon emisyonlarını düşürmesine ve enerji bağımsızlığını artırmasına önemli katkı sağlayacaktır.

3.8. Biyomimetik ve Tabiattan Esinlenen Tasarım Yaklaşımları**Teknik Terimler Sözlüğü:**

• **Biyomimetik Tasarım:** Doğadaki sistemlerin yapı ve işleyişinden esinlenerek mühendislik çözümleri geliştirme yaklaşımı. Bunu günlük hayattan bir örnekle açıklayalım: Velcro bağlantı sistemi, pıtrak bitkisinin tohumlarının kıyafetlere yapışmasından esinlenilerek geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, doğanın milyonlarca yıllık evrimsel süreçte geliştirdiği çözümleri endüstriyel uygulamalara aktarmayı amaçlar.

• **Yapısal Biyomimesi:** Doğadaki yapıların form ve geometrisinden esinlenme. Örneğin, petek yapısının hafif ama dayanıklı olma özelliği, uçak ve uzay araçlarının gövde tasarımında kullanılır. Bu, tıpkı arıların minimum malzeme ile maksimum dayanım sağlayan altıgen petek yapısını oluşturması gibi, endüstriyel tasarımlarda da malzeme verimliliği sağlar.

• **Fonksiyonel Biyomimesi:** Doğadaki sistemlerin işleyiş mekanizmalarından esinlenme. Bunu lotus yaprağının kendi kendini temizleme özelliğine benzetebiliriz - bu prensip endüstriyel yüzeylerde kir tutmayan kaplamalar geliştirmek için kullanılır.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum:
(TÜBİTAK MAM ve Endüstriyel Tasarım Platformu 2023 verilerine göre)

Biyomimetik Adaptasyonu:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde:
- Biyomimetik tasarım kullanım oranı: %22
- Yapısal biyomimesi projeleri: %28
- Fonksiyonel biyomimesi uygulamaları: %18
- AR-GE projelerinde biyomimetik yaklaşım: %25
- Ortalama yatırım tutarı: 2-3.5 milyon

-Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Biyomimetik tasarım kullanım oranı: %8
- Yapısal biyomimesi projeleri: %12
- Fonksiyonel biyomimesi uygulamaları: %6
- AR-GE projelerinde biyomimetik yaklaşım: %10
- Ortalama yatırım tutarı: 400-800 bin

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

- Teknolojik Zorluklar:
- Biyolojik sistemleri anlama karmaşıklığı
- Ölçeklendirme sorunları
- Malzeme teknolojisi kısıtları
- Test ve doğrulama zorlukları

Operasyonel Zorluklar:

- Disiplinlerarası uzman eksikliği
- Yüksek geliştirme maliyetleri
- Patent ve fikri mülkiyet sorunları
- Uygulama standardizasyonu

İyileştirme Çalışmaları:

Araştırma ve Geliştirme:

- 10 üniversitede Biyomimetik Araştırma Merkezi kurulmuş
- 15+ TÜBİTAK destekli proje yürütülüyor
- 6 teknoparkta özel laboratuvarlar oluşturulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 1000+ mühendis biyomimetik tasarım eğitimi almış
- 400+ tasarımcı uygulama eğitimi tamamlamış
- 200+ firma teknoloji adaptasyon desteği almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- Biyomimetik tasarım kullanım oranının %40'a çıkarılması
- Yerli teknoloji geliştirme oranının %35'e yükseltilmesi
- Patent sayısının iki katına çıkarılması
- Uluslararası iş birliklerinin artırılması

Operasyonel Hedefler:

- Geliştirme maliyetlerinin %30 düşürülmesi
- Tasarım sürecinin %40 hızlandırılması
- Personel yetkinliklerinin geliştirilmesi
- Test altyapısının güçlendirilmesi

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- Disiplinlerarası araştırma programları
- Uluslararası iş birlikleri
- Test ve doğrulama altyapısı
- İnsan kaynağı geliştirme programları
- Patent portföyü oluşturma
- Standardizasyon çalışmaları

Bu teknolojik dönüşüm, Türk makine sektörünün inovasyon kapasitesini artıracak ve sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarını güçlendirecek stratejik öneme sahiptir. Biyomimetik tasarım yaklaşımlarının yaygınlaşması, sektörün enerji verimliliği, malzeme performansı ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında önemli kazanımlar elde etmesini sağlayacaktır.

Endüstriyel hidrojen sistemlerinin gelişimine dair yapılan saha araştırmaları ve sektörel analizler doğrultusunda, makine sektöründe biyomimetik uygulamalar üç temel kategoride incelenmektedir:

Tasarım Kategorisi	Doğal Model	Endüstriyel Uygulama
Yapısal Biyomimetik	Arı peteği yapısı	Hafif ve dayanıklı makine parçaları
Fonksiyonel Biyomimetik	Lotus yaprağı	Kendi kendini temizleyen yüzeyler
Süreç Biyomimesi	Termit yuvaları	Enerji verimli havalandırma sistemleri

3.9. Uzay Teknolojileri Ve Fevkalade Ortam Üretim Sistemleri**Teknik Terimler Sözlüğü:**

• **Fevkalade Ortam Üretim Sistemleri:** Uzay, derin deniz gibi ekstrem koşullarda çalışabilen üretim sistemleri. Bu sistemleri günlük hayattan bir örnekle anlatmak gerekirse, derin dondurucuda çalışabilen bir mutfak robotuna benzetebiliriz. Ancak uzay ortamında sistemler çok daha zorlu koşullarla (sıfır yerçekimi, radyasyon, aşırı sıcaklık değişimleri) baş etmek zorundadır. Uzay teknolojileri ve fevkalade ortam üretim sistemleri, ekstrem koşullarda çalışabilen ve yüksek güvenilirlik gerektiren üretim sistemlerini kapsamaktadır.

• **Otonom Operasyon:** Sistemlerin minimum insan müdahalesiyle kendi kendine çalışabilme yeteneği. Bunu, evdeki akıllı termostatın oda sıcaklığını otomatik olarak ayarlamasına benzetebiliriz.

- **Kapalı Döngü Sistemleri:** Tüm kaynakları kendi içinde yeniden kullanabilen sistemler. Bunu akvaryum sistemine benzetebiliriz; suyun sürekli filtrelenip tekrar kullanılması gibi, uzay ortamında da her türlü kaynak (su, hava, malzeme) tekrar tekrar kullanılmalıdır.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum:
(TÜBİTAK UZAY ve Havacılık-Uzay Kümelenmesi 2023 verilerine göre)

Teknoloji Adaptasyonu:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde:
- Uzay teknolojisi geliştirme oranı: %15
- Fevkalade ortam sistem tasarımı: %18
- Otonom sistem geliştirme: %22
- Kapalı döngü sistem uygulamaları: %12
- Ortalama yatırım tutarı: 5-8 milyon

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Uzay teknolojisi geliştirme oranı: %5
- Fevkalade ortam sistem tasarımı: %8
- Otonom sistem geliştirme: %10
- Kapalı döngü sistem uygulamaları: %4
- Ortalama yatırım tutarı: 1-2 milyon

Risk Yönetimi ve Zorluklar:

Teknolojik Zorluklar:

- Yüksek güvenilirlik gereksinimleri
- Malzeme teknolojisi kısıtları
- Test ve doğrulama zorlukları
- Sistem entegrasyon karmaşıklığı

Operasyonel Zorluklar:

- Yüksek geliştirme maliyetleri
- Uzman personel eksikliği
- Test altyapısı yetersizliği
- Sertifikasyon süreçleri

İyileştirme Çalışmaları:

Araştırma ve Geliştirme:

- 5 ilde Uzay Teknolojileri Merkezi kurulmuş
- 8+ üniversitede araştırma laboratuvarı aktif
- 4 teknoparkta özel test merkezleri oluşturulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 500+ mühendis uzay teknolojileri eğitimi almış
- 200+ teknisyen özel sistem eğitimi tamamlamış
- 100+ firma teknoloji geliştirme desteği almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- Uzay teknolojisi geliştirme oranının %30'a çıkarılması
- Otonom sistem geliştirme kapasitesinin %40'a yükseltilmesi
- Yerli teknoloji oranının %45'e ulaşması
- Test altyapısının güçlendirilmesi

Operasyonel Hedefler:

- Geliştirme maliyetlerinin %30 düşürülmesi
- Test süreçlerinin %40 hızlandırılması
- Personel yetkinliklerinin artırılması
- Uluslararası sertifikasyonların artırılması

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- İleri malzeme teknolojileri geliştirme
- Test ve doğrulama altyapısı kurulumu
- Uluslararası iş birlikleri
- İnsan kaynağı geliştirme programları
- Sertifikasyon altyapısı oluşturma
- Ar-Ge kapasitesi artırma

Bu teknolojik dönüşüm, Türk makine sektörünün uzay ve ileri teknoloji alanındaki kabiliyetlerini artıracak stratejik öneme sahiptir. Uzay teknolojilerinin geliştirilmesi, sektörün yüksek katma değerli üretim kapasitesini ve uluslararası rekabet gücünü önemli ölçüde artıracaktır.

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve havacılık sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, bu sistemlerin temel karakteristikleri detaylandırılmıştır.

Sistem Özelliği	Gereksinim	Uygulama Alanı
Yüksek Güvenilirlik	%99.999 çalışma oranı	Uzay istasyonu üretim modülleri
Otonom Operasyon	Minimum insan müdahalesi	Ay yüzeyi üretim sistemleri
Kaynak Verimliliği	Kapalı döngü sistemler	Mars görev ekipmanları

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum:

(TÜBİTAK MAM ve Endüstriyel Otomasyon Derneği 2023 verilerine göre)

Arayüz Teknolojileri Adaptasyonu:**Büyük Ölçekli İşletmelerde:**

- Modern İnsan-Makine Arayüzü kullanım oranı: %45
- Artırılmış Gerçeklik arayüz uygulamaları: %25
- Yapay zeka destekli sistemler: %18
- Mobil arayüz entegrasyonu: %35
- Ortalama yatırım tutarı: 2-3.5 milyon

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Modern İnsan-Makine Arayüzü kullanım oranı: %28
- Artırılmış Gerçeklik arayüz uygulamaları: %12
- Yapay zeka destekli sistemler: %8
- Mobil arayüz entegrasyonu: %20
- Ortalama yatırım tutarı: 500-800 bin

Risk Yönetimi ve Zorluklar:**Teknolojik Zorluklar:**

- Sistem entegrasyon sorunları
- Veri güvenliği riskleri
- Kullanıcı adaptasyonu
- Performans optimizasyonu

Operasyonel Zorluklar:

- Personel eğitim ihtiyacı
- Bakım-onarım gereksinimleri
- Maliyet yönetimi
- Standardizasyon eksikliği

İyileştirme Çalışmaları:**Altyapı Geliştirme:**

- 12 ilde İnsan-Makine Arayüzü Test Merkezi kurulmuş
- 15+ üniversitede araştırma laboratuvarı aktif
- 8 teknoparkta özel geliştirme merkezleri oluşturulmuş

Eğitim ve Kapasite Geliştirme:

- 2000+ operatör İnsan-Makine Arayüzü kullanım eğitimi almış
- 800+ mühendis arayüz tasarım eğitimi tamamlamış
- 400+ firma teknoloji adaptasyon desteği almış

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- Modern HMI kullanım oranının %70'e çıkarılması
- Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının %45'e yükseltilmesi
- Yapay zeka destekli sistemlerin %35'e ulaşması
- Mobil entegrasyonun %60'a çıkarılması

Operasyonel Hedefler:

- Kullanıcı verimliliğinin %40 artırılması
- Eğitim süresinin %50 kısaltılması
- Hata oranlarının %60 azaltılması
- Sistem güvenilirliğinin artırılması

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

- İleri arayüz teknolojileri geliştirme
- Kullanıcı deneyimi optimizasyonu
- Güvenlik protokolleri standardizasyonu
- İnsan kaynağı geliştirme programları
- Test ve doğrulama altyapısı
- Artırılmış gerçeklik/Sanal gerçeklik teknoloji yatırımları

Bu teknolojik dönüşüm, Türk makine sektörünün üretim verimliliğini ve operasyonel etkinliğini artıracak stratejik öneme sahiptir. İnsan-makine arayüzlerinin geliştirilmesi, sektörün dijital dönüşüm sürecinde kritik bir rol oynayacak ve uluslararası rekabet gücünü güçlendirecektir.

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve insan-makine etkileşimi üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, endüstriyel üretimde insan-makine arayüzlerinin üç temel nesilde gelişimi detaylandırılmıştır:

BÖLÜM 4: SONUÇ ve ÖNERİLER

Dijital çağ, Türkiye'nin makine imalat sanayisi için büyük fırsatlar sunmaktadır. Ancak bu fırsatların değerlendirilmesi, yenilikçi ve iş birliğine dayalı bir yaklaşımı gerektirir. Sektör yöneticileri, devlet ve akademi birlikte hareket ederek, Türkiye'nin küresel rekabet gücünü artırabilir ve sürdürülebilir bir büyüme modelini benimseyebilir.

4.1. Makine Sektörünün Küresel Rekabet Gücünü Artırmak İçin Öneriler

Teknik Terimler Sözlüğü:

- **Rekabet Gücü:** Bir sektörün veya firmanın rakiplerine kıyasla daha iyi performans gösterebilme ve pazar payını koruyup artırabilme yeteneği. Bunu günlük hayattan bir örnekle açıklarsak, bir restoranın hem lezzet hem fiyat hem de hizmet kalitesiyle müşterileri kendine çekebilme ve elinde tutabilme becerisi gibi düşünebiliriz. Makine sektöründe ise bu güç; teknoloji, kalite, maliyet ve inovasyon gibi çok daha karmaşık faktörlerin bileşiminden oluşur.
- **Stratejik Gelişim:** Uzun vadeli rekabet avantajı sağlayacak kapasitelerin planlı şekilde geliştirilmesi. Bu kavramı, bir sporcunun olimpiyatlara hazırlanmak için yaptığı sistemli antrenman programına benzetebiliriz. Sektörel düzeyde ise bu süreç; teknolojik altyapı, insan kaynağı, inovasyon kapasitesi ve üretim yeteneklerinin koordineli şekilde geliştirilmesini içerir.
- **Yenilikçilik Kapasitesi:** Yeni ürün, süreç veya iş modelleri geliştirebilme yeteneği. Bunu bir sefin sürekli yeni tarifler geliştirmesine benzetebiliriz, ancak endüstriyel yenilikçilik çok daha sistematik Ar-Ge süreçleri ve teknolojik altyapı gerektirir.

Türkiye Makine Sektörü Mevcut Durum: (MAKFED ve TÜBİTAK 2023 verilerine göre)

Rekabet Gücü Göstergeleri:

- Büyük Ölçekli İşletmelerde:
- Ar-Ge yoğunluğu: %2.8
- Dijital olgunluk seviyesi: %65
- Katma değerli ürün oranı: %45
- İhracat birim fiyatı: 4.2/kg
- Verimlilik artışı: %25

Orta Ölçekli İşletmelerde:

- Ar-Ge yoğunluğu: %1.2
- Dijital olgunluk seviyesi: %35
- Katma değerli ürün oranı: %25
- İhracat birim fiyatı: 2.8/kg
- Verimlilik artışı: %15

Risk Yönetimi ve Zorluklar:**Teknolojik Zorluklar:**

- Dijital dönüşüm maliyetleri
- Ar-Ge finansman sorunları
- Teknoloji transfer zorlukları
- Nitelikli personel eksikliği
- Operasyonel Zorluklar:
- Enerji maliyetleri
- Hammadde fiyat artışları
- Finansmana erişim sorunları
- İş gücü maliyetleri

İyileştirme Çalışmaları:**Teknolojik Gelişim:**

- 250+ firma dijital dönüşüm projesi başlatmış
- 180+ firma Ar-Ge merkezi kurmuş
- 120+ firma uluslararası teknoloji iş birliği yapmış

Kapasite Geliştirme:

- 5000+ personele dijital yetkinlik eğitimi verilmiş
- 2000+ mühendis ileri teknoloji eğitimi almış
- 1000+ firma devlet desteğinden yararlanmış

Gelecek Hedefleri (2025):**Stratejik Hedefler:**

- Ar-Ge yoğunluğunun %4'e çıkarılması
- Dijital olgunluk seviyesinin %85'e yükseltilmesi
- Katma değerli ürün oranının %65'e çıkarılması
- İhracat birim fiyatının 6/kg'a yükseltilmesi

Operasyonel Hedefler:

- Verimlilik artışının %40'a çıkarılması
- Enerji verimliliğinin %35 iyileştirilmesi
- Üretim maliyetlerinin %25 düşürülmesi
- Kalite standartlarının yükseltilmesi

Sektör bu hedeflere ulaşmak için özellikle şu alanlara odaklanmıştır:

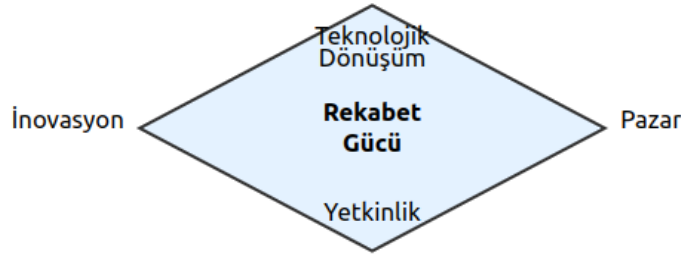
- Dijital dönüşüm yatırımlarının hızlandırılması
- Ar-Ge ve inovasyon kapasitesinin güçlendirilmesi
- İnsan kaynağı yetkinliklerinin geliştirilmesi
- Enerji verimliliği projelerinin yaygınlaştırılması
- Uluslararası iş birliklerinin artırılması
- Finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi

Bu stratejik dönüşüm, Türk makine sektörünün küresel rekabet gücünü artıracak ve sürdürülebilir büyüme potansiyelini güçlendirecektir. Özellikle katma değerli üretim ve teknolojik inovasyon alanlarındaki gelişmeler, sektörün uluslararası pazarlardaki konumunu güçlendirecektir.

Küresel ekonomik gelişmelerin yarattığı zorluklar ve fırsatlara uyum sağlamak için Türk makine sektörü, aşağıdaki adımları atabilir:

- **Yenilikçiliğe Odaklanmak:** Ar-Ge yatırımlarını artırarak, yeni teknolojiler geliştirmek ve ürün yelpazesini genişletmek gerekir.
- **Dijital Dönüşüme Yatırım Yapmak:** Dijital dönüşüm teknolojilerini benimseyerek, üretim verimliliğini artırmak, maliyetleri düşürmek ve rekabet gücünü artırmak mümkündür.
- **Uluslararası İş Birliklerini Güçlendirmek:** Yabancı firmalarla ortaklıklar kurarak, yeni pazarlara erişim sağlamak ve teknolojik bilgi alışverişinde bulunmak önemlidir.
- **Eğitim ve Nitelikli İş Gücüne Yatırım Yapmak:** Makine sektörünün ihtiyaç duyduğu nitelikli iş gücünü yetiştirmek için, meslek eğitimi programlarını güçlendirmek ve üniversitelerle iş birliği yapmak gerekir.
- **Kamu Politikalarının Destekleyici Olması:** Devlet, makine sektörünün küresel rekabet gücünü artırması için teşvik politikaları, finansal destekler ve altyapı yatırımları gibi önlemler almalıdır.

Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, makine sektöründe sürdürülebilir rekabet gücü için stratejik yaklaşımlar detaylandırılmıştır.



Uluslararası endüstriyel üretim teknolojileri ve makine sektörü üzerine yapılan saha araştırmaları, güncel araştırmalar ve sektörel çalışmalara istinaden, makine sektöründe rekabet gücünü artırmak için üç temel alanda stratejik dönüşüm gerekmektedir:

Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Yönetimi:

- Akıllı üretim sistemleri entegrasyonu
- Veri analitik platformlarının kurulumu
- Siber-fiziksel sistem adaptasyonu
- IoT tabanlı izleme ve kontrol

Yetenek ve İnsan Kaynağı Stratejileri:

- Dijital yetkinlik geliştirme programları
- Endüstri 4.0 odaklı eğitimler
- İnovasyon kültürü oluşturma
- Uluslararası yetenek yönetimi

Alan	Mevcut Durum	Hedef	Gelişim Süresi
Dijital Olgunluk	%45-50	%80-85	24-36 ay
İnovasyon Kapasitesi	%35-40	%70-75	18-24 ay
Yetenek Havuzu	%50-55	%85-90	12-18 ay
Pazar Çeşitlendirme	%40-45	%75-80	24-30 ay

Kaynak: Makine sektörü küresel ekonomik politikalar ve ticaret dinamikleri üzerine yapılan saha araştırmaları ve sektörel raporlardan derlenmiştir.

4.1.1. Sektör Yöneticileri İçin Öneriler

1. Dijital Dönüşüm Yatırımları

- IoT ve yapay zeka gibi teknolojilere erken yatırım yapılmalı.
- Çalışanlar için dijital okuryazarlık eğitimleri düzenlenmeli.

2. Uluslararası İş Birlikleri

- Küresel şirketlerle ortaklıklar kurarak bilgi transferi sağlanmalı.
- Avrupa Birliği'nin dijitalleşme fonlarından yararlanılabilir.

3. Ar-Ge ve İnovasyon Ekosistemi

- Ar-Ge harcamalarının şirket bütçelerindeki payı artırılmalı.
- Start-up iş birlikleri teşvik edilmeli.

4.1.2. Devletin Rolü

1. Stratejik Destek ve Teşvikler

- İleri teknoloji makinelerin üretimi için vergi indirimleri sağlanmalı.
- Start-up ve KOBİ'lere yönelik fonlar genişletilmeli.

2. Altyapı Yatırımları

- 5G ve fiber altyapının yaygınlaştırılması, dijitalleşmenin temelini oluşturacaktır.
- Yeşil enerji kullanımı teşvik edilmeli ve yenilenebilir enerji santralleri artırılmalı.

3. Uluslararası Rekabet Gücü

- İhracat stratejileri yeniden düzenlenerek, yüksek katma değerli ürünlere odaklanılmalı.
- Küresel fuarlara katılım teşvik edilerek Türkiye'nin makine sektörü markalaşmalı.

4.1.3. Akademiye Düşen Görevler

1. Mühendislik Eğitiminin Güncellenmesi

- Üniversitelerde Endüstri 4.0, yapay zeka ve kuantum teknolojileri gibi konular müfredata dahil edilmeli.
- Çift anadal ve sanayi iş birlikleri artırılmalı.

2. Sektörel Araştırmalar ve Projeler

- a. Üniversitelerde sanayi ile ortak araştırma merkezleri kurulmalı.
- b. Doktora tezleri, sektörel problemlere odaklanmalı ve uygulamalı sonuçlar üretmeli.

3. Bilgi Paylaşımı ve Danışmanlık

- a. Akademisyenler, sanayiye yönelik düzenli raporlar ve danışmanlık hizmetleri sunmalı.
- b. Uluslararası akademik iş birlikleri artırılmalı.

KAYNAKLAR

- Arute, F., Arya, K., Babbush, R., Bacon, D., Bardin, J. C., Barends, R., ... & Martinis, J. M. (2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature*, 574(7779), 505-510. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5>
- Boston Consulting Group. (2022). The Automation Revolution in Manufacturing. <https://www.bcg.com/publications/2022/closing-automation-revolution-gap-in-manufacturing>
- Boston Consulting Group. (2024). A Resurgent Sector Looks to Its AI-Powered Future. <https://www.bcg.com/publications/2024/resurgent-sector-looks-to-its-ai-powered-future>
- Boston Consulting Group. (2024). AI adoption in 2024: 74% of companies struggle to achieve and scale value. <https://www.bcg.com/press/24october2024-ai-adoption-in-2024-74-of-companies-struggle-to-achieve-and-scale-value>
- Boston Consulting Group. (2024). New Research Reveals That 90% of Organizations Using AI to Create KPIs Report KPI Improvement. <https://www.bcg.com/press/13february2024-organizations-using-ai-to-create-kpis-report-kpi-improvement>
- Boston Consulting Group. (2024). Shaking Up the Factory Floor with Digital and AI. <https://www.bcg.com/publications/2024/shaking-up-the-factory-floor-with-digital-and-ai>
- Boston Consulting Group. (2024). Why Advanced Manufacturing Will Boost Productivity. https://web-assets.bcg.com/img-src/Why_Advanced_Manufacturing_Will_Boost_Productivity_tcm9-79861.pdf
- Bourell, D. L., Leu, M. C., & Rosen, D. W. (Eds.). (2009). Roadmap for additive manufacturing: Identifying the future of freeform processing. National Science Foundation.
- Crawford, I. A. (2012). Dispelling the myth of robotic efficiency. *Astronomy & Geophysics*, 53(2), 2-22. <https://doi.org/10.1111/j.1468-4004.2012.53222.x>
- Deloitte. (2023). 2023 manufacturing industry outlook. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-2023-outlook-manufacturing.pdf>
- Deloitte. (2023). 2024 Manufacturing Industry Outlook. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/manufacturing-industry-outlook-2024.html>
- Deloitte. (2024). AI adoption in manufacturing: A global survey. <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/ai-manufacturing-application-survey.html>
- Deloitte. (2024). Deloitte Survey on AI Adoption in Manufacturing. <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/ai-manufacturing-application-survey.html>
- Deloitte. (2024). Future of European manufacturing. <https://www.deloitte.com/de/de/Industries/industrial-construction/research/future-of-european-manufacturing.html>
- Deloitte. (2024). Manufacturing Innovation Conclave 2021. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/consumer-business/in-cb-manufacturing-innovation-conclave-2021-noexp.pdf>
- Deloitte. (2024). Tech trends 2024: A look at the latest advancements in enterprise technology. <https://www.deloitte.com/nz/en/about/media-room/deloitte-tech-trends-2024.html>
- Deloitte. (2024). Tech trends 2024: The future of AI for IT. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2025/tech-trends-future-of-ai-for-it.html>

Deloitte. (2024). 2025 Manufacturing Industry Outlook. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/manufacturing-industry-outlook.html>

Dornhege, G., Millán, J. del R., Hinterberger, T., McFarland, D. J., & Müller, K. R. (Eds.). (2007). *Toward brain-computer interfacing*. MIT Press.

Fratzl, P., & Weinkamer, R. (2007). Nature's hierarchical materials. *Progress in Materials Science*, 52(8), 1263-1334. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2007.06.001>

Gebhardt, A. (2012). *Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping, rapid tooling, rapid manufacturing*. Hanser Publishers.

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>

Goodenough, J. B., & Kim, Y. (2010). Challenges for rechargeable Li batteries. *Chemistry of materials*, 22(3), 587-603.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning for autonomous systems*. MIT Press. <https://www.deeplearningbook.org/>

IEEE. (2023). *Artificial Intelligence and Robotics in Manufacturing: A Survey of Current Trends and Future Directions*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9720417/>

IEEE. (2024). *Adopting Artificial Intelligence in Industry 4.0: Understanding the drivers and barriers*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10275230/>

IEEE. (2024). *Review on Artificial Intelligence Applications in Manufacturing*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9720417>

IEEE. (2024). *The impact of technology in 2025 and beyond: An IEEE global study*. <https://www.ieee.org/about/news/2024/news-release-2024-survey-results.html>

International Federation of Robotics. (2023). *World Robotics 2023 Industrial Robots Report*. https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2023.pdf

International Society of Automation. (2023). *Enterprise-control system integration - Part 95: ISA-95 guidelines for implementation (ISA-TR95.00.02-2023)*. <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards>

International Organization for Standardization. (2023). *Ethical AI performance metrics in manufacturing (ISO/TR 24368:2023)*. Retrieved December 18, 2024, from <https://www.iso.org/standard/74514.html>

Kalra, N., & Paddock, S. M. (2016). Driving to safety: How many miles of driving would it take to demonstrate autonomous vehicle reliability? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 182-193. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.09.010>

Kalidindi, S. R., & De Graef, M. (2015). Materials data science: Current status and future outlook. *Annual Review of Materials Research*, 45, 171-193. <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070214-020844>

KPMG. (2023). *Global manufacturing outlook*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2023/02/global-manufacturing-prospects-2023.pdf>

Lebedev, M. A., & Nicolelis, M. A. L. (2006). Brain-machine interfaces: past, present and future. *Trends in Neurosciences*, 29(9), 536-546. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2006.07.004>

McKinsey & Company. (2023). *Capturing the true value of Industry 4.0: Digital transformation in manufacturing*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/capturing-the-true-value-of-industry-four-point-zero>

- McKinsey & Company. (2023). The future of manufacturing. <https://www.mckinsey.com/industries/manufacturing/our-insights/the-future-of-manufacturing>
- McKinsey & Company. (2023). The State of AI in 2023: Generative AI's breakout year. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>
- McKinsey & Company. (2024). Adopting AI at speed and scale in manufacturing. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/adopting-ai-at-speed-and-scale-the-4ir-push-to-stay-competitive>
- McKinsey & Company. (2024). How AI will change the auto business. https://www.mckinsey.com/~/_/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Building%20smarter%20cars/Building-smarter-cars-with-smarter-factories.pdf
- McKinsey & Company. (2024). McKinsey Technology Trends Outlook 2024. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech>
- McKinsey & Company. (2024). Tech's future is bright. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/sustainable-inclusive-growth/charts/techs-future-is-bright>
- McKinsey & Company. (2024). The future is now: Unlocking the promise of AI in industrials. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-future-is-now-unlocking-the-promise-of-ai-in-industrials>
- McKinsey & Company. (2024). The future of manufacturing in Asia: AI excellence in Singapore's manufacturing sector. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-asia/countries-and-regions/southeast-asia/southeast-asia-perspectives/doubling-down-on-innovation-and-productivity-ai-excellence-in-singapores-manufacturing-sector>
- McKinsey & Company. (2024). Top 15 technology trends unfolding today. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/themes/top-15-technology-trends-unfolding-today>
- Monroe, C., & Kim, J. (2013). Scaling the ion trap quantum processor. *Science*, 339(6124), 1164-1169. <https://doi.org/10.1126/science.1231298>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Quantum computing: Progress and prospects*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25196>
- National Research Council. (2011). *Vision and voyages for planetary science in the decade 2013-2022*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13117>
- National Research Council, Division on Engineering, Physical Sciences, Aeronautics, Space Engineering Board, & Steering Committee for NASA Technology Roadmaps. (2012). *NASA space technology roadmaps and priorities: restoring NASA's technological edge and paving the way for a new era in space*. National Academies Press.
- Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. Basic Books.
- Satyanarayanan, M. (2017). The emergence of edge computing. *Computer*, 50(1), 30-39. <https://doi.org/10.1109/MC.2017.9>
- Shi, W., & Dustdar, S. (2016). The Promise of Edge Computing. *Computer*, 49(5), 78-81. <https://doi.org/10.1109/MC.2016.145>
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge computing: Vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(5), 637-646. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>
- Siemens AG. (2023). *Siemens annual report*. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:be-1828a9-2368-4c3b-a85f-f1bcb1f14a59/Siemens-Annual-Report-2023.pdf>
- Tarascon, J. M., & Armand, M. (2001). Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. *Nature*, 414(6861),

359-367. <https://doi.org/10.1038/35104644>

Thrun, S. (2010). Toward robotic cars. *Communications of the ACM*, 53(4), 99-106. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721679>

Vincent, J. F. V., & Mann, D. L. (2002). Systematic technology transfer from biology to engineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1791), 159-173.

Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482. <https://doi.org/10.1098/rsif.2006.0127>

Wolpaw, J. R. (2013). Brain-computer interfaces. In *Handbook of clinical neurology* (Vol. 110, pp. 67-74). Elsevier.

MÜSİAD

MÜSTAKİL SANAYİCİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ
ATAKÖY 7-8-9-10 MAH. ÇOBANÇEŞME E5 YANYOL CAD. NO:4, BAKIRKÖY / İSTANBUL
T: +90 212 395 00 00 | 444 0 893 | F: +90 212 395 00 01