



Journal of Turkish Operations Management

KOBİ'ler ölçeğinde endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk düzeyinin belirlenmesi

Kamil Akpınar^{1*}, Orhan Dengiz², Berna Dengiz³

¹T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı, Ankara, Türkiye
e-mail: akpinarkamil@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-6584-4664>

²DVM Teknoloji A.Ş. Ankara, Türkiye
e-mail: orhan.dengiz@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-0814-2463>

³Endüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: bdengiz@baskent.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-2806-3308>

*Sorumlu Yazar

Makale Bilgisi

Makale Geçmişi:

Geliş: 02.08.2024
Revize: 21.08.2024
Kabul: 16.10.2024

Anahtar Kelimeler:

Endüstri 4.0,
KOBİ,
İmalat sanayi,
Olgunluk düzeyi,
Farkındalık analizi

Özet

Endüstri 4.0 ile ilgili gelişmelerin, işletmelere çeşitli alanlarda fayda sağladığı bilinmektedir. Bu faydalar verimlilikten esnek üretime, maliyetlerin azaltılmasından kapasitenin artırılmasına kadar geniş bir yelpazede ortaya çıkmaktadır. Ülkemizdeki işletmelerin %99'unu oluşturan küçük ve orta büyüklükteki işletmeler (KOBİ'ler), Endüstri 4.0'ın teknolojileri ve uygulamalarından en büyük faydayı sağlama potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, bu makalede, ülkemizdeki orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyine sahip imalat sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerin Endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk düzeyi araştırılmış ve mevcut durumları ortaya konulmuştur. Bu araştırma, anket yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve işletmelerin dördüncü sanayi devrimi kapsamında karşılaştıkları zorluklar, Endüstri 4.0'a ait teknolojilerin ve uygulamaların kullanım düzeyleri, yeni sanayi devriminden beklentileri ve uygulama yapan KOBİ'lerin elde ettiği kazanımları da ele almıştır. İlişki analizleriyle araştırmanın amaçlarına etki eden faktör ilişkileri istatistiksel olarak incelenmiştir. Ayrıca, işletmelerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeyleri radar grafik yöntemiyle açıklanmıştır.

Determining the level of awareness and maturity of Industry 4.0 in SMEs

Article Info

Article History:

Received: 02.08.2024
Revised: 21.08.2024
Accepted: 16.10.2024

Keywords:

Industry 4.0,
SME,
Manufacturing industry,
Maturity levels,
Awareness analysis

Abstract

The developments related to Industry 4.0 are known to provide various benefits to businesses across different areas. These benefits span a wide range, from increased productivity to flexible manufacturing, and from cost reduction to enhanced capacity. Small and medium-sized enterprises (SMEs), constituting 99% of businesses in our country, have the greatest potential to derive significant benefits from Industry 4.0 technologies and applications. Therefore, this article investigates the awareness and maturity level of Industry 4.0 among SMEs operating in the medium-high and high-technology manufacturing sectors in our country, revealing their current status. This research was conducted through a survey method, addressing the challenges encountered by businesses within the scope of the fourth industrial revolution, the levels of adoption of Industry 4.0 technologies and applications, expectations from the new industrial revolution, and the gains achieved by implementing SMEs. Factor relationships affecting the objectives of the research were statistically analyzed through correlation analyses. Additionally, the maturity levels of businesses in terms of Industry 4.0 were explained using radar chart methods.

1. Giriş

Küresel ekonomik krizlerin ardından hizmet sektöründe yaşanan güven sarsıntısı, ekonomik daralma ve işsizlik oranlarının hızla yükselmesi, sanayi sektörünün ne kadar kritik bir rol oynadığını bir kez daha ortaya koymaktadır. İmalat sektörü, ekonomik büyümeye katkı sağlayabilmesi için sürekli olarak kendini yenilemelidir ve katma değeri artırmalıdır. 2005 yılından bu yana faaliyet göstermeyen şirketlerin oranı, Fortune 500 listesine göre, %50'den fazladır. Bu dönemin sonucunda, dünya genelindeki finans kuruluşları, kendilerini teknoloji geliştirme şirketleri olarak tanımlayarak, şirketlerin kendilerini yenileme ve katma değer yaratma ihtiyacı içinde olanlara teknolojik destek sağlamaya başlamıştır. Günümüzde, hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler, iş dünyasını derinden etkilemekte ve bizi yeni bir endüstri devrimine doğru ilerlemeye zorlamaktadır. Dijitalleşme, otomasyon, büyük veri analitiği, yapay zeka ve nesnelerin interneti gibi kavramlar işletmelerin rekabet avantajını sağlamada kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknolojik dönüşüm sürecine "Endüstri 4.0" adı verilmektedir. Almanya gibi önde gelen ülkeler, üretimi tamamen otomatikleştirerek maliyet avantajı elde etmeyi hedeflemektedir. Bu süreç, dünya genelinde farklı stratejiler ve politikaların oluşturulmasına yol açmıştır.

Endüstri 4.0, üretimin yerel olarak gerçekleştirilmesi, şirket verimliliğinin artırılması ve müşteri taleplerinin yüksek memnuniyetle karşılanması için hayati bir kavramdır. Nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler, dijital ikizler, artırılmış gerçeklik, 3D baskı ve bulut tabanlı üretim gibi yıkıcı teknolojiler, Endüstri 4.0'ın temel yapı taşlarıdır ve verimlilik artışı sağlama potansiyeline sahiptir. Bu teknolojileri benimseyen işletmeler, önemli bir rekabet avantajı elde edecektir. Ayrıca, işletmelerin yönetim yaklaşımları da değişecektir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), ülke ekonomilerinin büyümesi, istihdamın artırılması ve rekabet gücünün güçlendirilmesi gibi önemli roller üstlenmektedir. Ancak, KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a yönelik farkındalık düzeyi ve yeni teknolojileri benimseme yetenekleri hala belirsizdir. Bu nedenle, "KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Farkındalık ve Olgunluk Düzeyinin Belirlenmesi" önemli bir konu olarak ele alınmalıdır. Ülkemizde KOBİ'lerin Endüstri 4.0 ile ilgili farkındalık ve yol haritası çalışmaları yapılmıştır, ancak KOBİ'lerin Endüstri 4.0 konseptine yönelik farkındalık seviyeleri ve bu dönüşüm sürecinde imalat sektöründeki mevcut durumları bir arada incelemek bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma, özellikle orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin Endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk düzeylerini ölçmeyi amaçlamakta olup, bu bağlamda KOBİ'lerin Endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk düzeylerinin birlikte araştırılması ilk kez ele alınmıştır. Bu amaçla, nicel veri toplama araçlarından olan anket yöntemi kullanılmış ve Endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk düzeylerini ölçmek için önceden belirlenen parametreler ve sorular içeren bir anket formu geliştirilmiştir. Pilot uygulama yapılarak anketin güvenilirliği gösterildikten sonra yaygın uygulama yapılmıştır. Ankete katılan KOBİ'lerin demografik bilgileri, işletme özellikleri, Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik bilgi ve deneyim düzeyleri gibi veriler toplanmıştır. İstatistiksel analizler ile KOBİ'lerin Endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi düzeyi ile Endüstri 4.0 teknoloji olgunluk seviyeleri ortaya konmuştur. Böylece, orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin Endüstri 4.0 konseptine yönelik farkındalık seviyeleri ve bu dönüşüm sürecinde imalat sektöründeki mevcut durumları görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilecek veriler, KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde karşılaştıkları zorlukları ve ihtiyaçları daha iyi anlayabilmemiz için değerli bir temel oluşturacaktır.

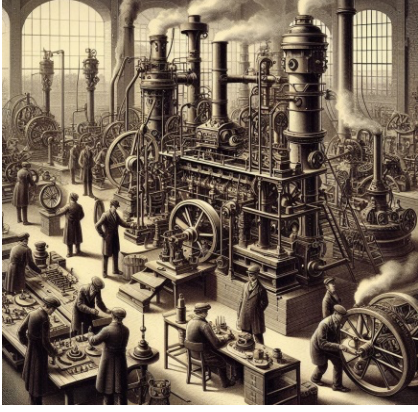
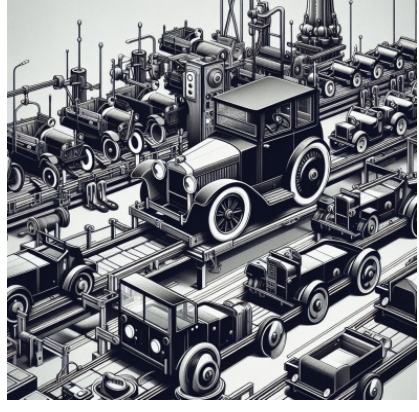
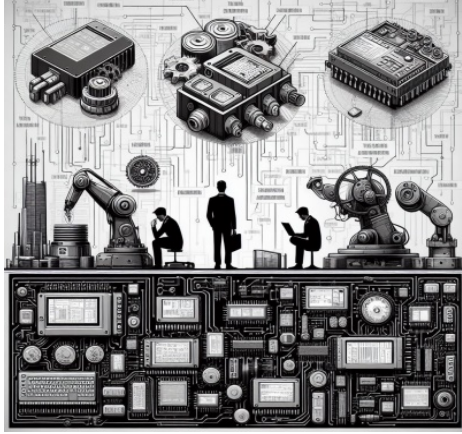
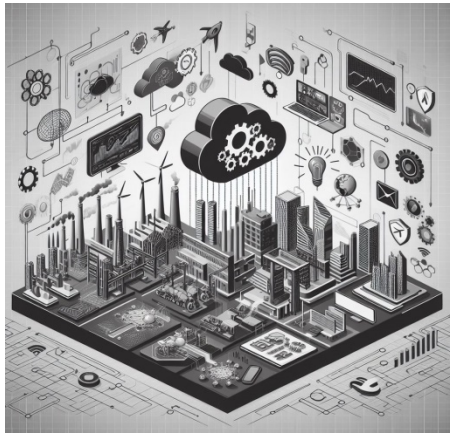
Makalenin ikinci bölümünde alan yazını taraması, üçüncü bölümünde ülkemizdeki KOBİ'lerin durumu ve orta-yüksek ve yüksek teknoloji sektörlerinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin ekonomik, sosyal ve toplumsal önemi verilmektedir. Dördüncü bölümde Türkiye'deki Endüstri 4.0 hazırlık çalışmaları ele alınmıştır. Beşinci bölüm araştırma yöntemi hakkında detaylı bilgi içermektedir. Betimsel analizler ve ilişki analizleri kullanılarak KOBİ'lerin Endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi düzeyi ile Endüstri 4.0 teknoloji olgunluk düzeyleri altıncı bölümde incelenmiştir. Sonuçlar ve öneriler bölümüyle makale sona erer.

2. Alan Yazın İncelemesi

2.1. Endüstri devrimlerinin gelişimi ve alan yazın

Freeman ve Soette (2003) endüstri devrimlerini beş dalga olarak sınıflandırırken, Rifkin (2019) bu dalgaları üç ana başlık altında sınıflandırmıştır. Daha sonra 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkan "Endüstri 4.0" kavramı ve Dünya Ekonomik Forumu'nun bu alandaki destekleyici çalışmaları ile, endüstriyel dönüşüm dört ayrı dalga olarak yaygın kabul gören bir sınıflandırma olarak kabul edilmiştir (Aksu, 2018). Bu dört dalga Şekil 1'de özetlenmiştir.

Birinci Endüstri Devrimi	İkinci Endüstri Devrimi
--------------------------	-------------------------

<p>1760 yılında buhar gücü ve motoru kullanan makinenin icadı, üretim tipinin kas gücünden makine gücüne evrilmesi.</p> 	<p>20. yüzyılın başında, elektriğin kullanılmaya başlaması, iş bölümü yapılması ve seri üretime geçiş.</p> 
<p>Üçüncü Endüstri Devrimi</p>	<p>Dördüncü Endüstri Devrimi</p>
<p>20. yüzyılın son çeyreği, üretimde yazılıma dayalı makinelerin kullanılması (otomasyon), bilgi teknolojilerinin gelişimi.</p> 	<p>2011'den sonra, insan-makine etkileşimini sağlayacak akıllı otomasyon uygulamaları, akıllı fabrikalarda dijital dönüşümün gelişimi.</p> 

Şekil 1. Endüstri devrimleri

Kaynak: Şekiller Microsoft Copilot Yapay Zeka programına çizdirilmiştir.

İlk endüstri devrimi (1760-1830), buhar gücü ve motorunun icadıyla birlikte üretim sürecinin kas gücünden makine gücüne dönüşmesini sağlamıştır. Dokuma tezgahları bu dönemin ilk uygulamaları olarak endüstride yerini almıştır. Yeni makinelerin keşfiyle birlikte üretim daha hızlı, ucuz ve kolay hale gelmiştir. Verimlilik artmış, refah düzeyi yükselmiştir. Örneğin, tekstil sektöründe yeni teknolojiler kullanan bir işçinin üretim kapasitesi yaklaşık olarak 40 kat artmıştır (Atak, 2018).

20. yüzyılda elektriğin kullanılmaya başlanmasıyla ikinci endüstri devrimi başlamıştır. Ulaşımın daha kolay hale gelmesiyle hammaddeler daha hızlı tedarik edilmiş ve ürünler yeni ve uzak pazarlara dağıtılmıştır. Bu durum ülkelere ve şirketlere yeni pazarların kapısını açmış ve küresel ekonomi kavramı ortaya çıkmıştır. Seri üretime geçilmesiyle birlikte "Taylorizm" ve "Fordizm" yönetim sistemleri, işletmelere büyük etki yaparak çalışanlardan maksimum fayda elde edilebilecek bilimsel bir yönetim anlayışı haline gelmiştir (Gür, Ünay ve Dilek, 2018).

20.yüzyılın son çeyreğinde yazılıma dayalı makinelerin üretimde kullanılmaya başlanmasıyla üçüncü endüstri devrimi başlamış ve otomasyon kavramı önem kazanmıştır. Bilgisayarların birbirine bağlanması ve internetin gelişmesiyle dünya genelinde gerçekleştirilen faaliyetlerin koordinasyonu kolaylaşmıştır. Bu durum, gelişmiş ülkelerin kendi ülkelerinde nitelikli ve katma değeri yüksek faaliyetlerini (araştırma ve geliştirme, tasarım, ürün geliştirme vb.) gerçekleştirirken, standartlaşmış üretim süreçlerini ise geliştirmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde gerçekleştirmesine olanak sağlamıştır (Hirst ve Thompson, 1997). Ancak, gelişmiş ülkeler yıllar içinde bu eğilimi

değiştirmek ve üretim ekonomilerini kendi ülkelerine geri getirmek amacıyla yeni teknolojik gelişmeler ve buluşlarla imalat sektöründe adımlar atmaktadır. Bu adımlar, ekonomik büyümeyi ve rekabet edebilirliği hedeflemektedir. Bu doğrultuda yürütülen çalışmalar sonucunda, 2011 yılında Almanya'da düzenlenen Hannover Fuarı'nda Kagermann'ın yayınladığı çalışmayla birlikte "Endüstri 4.0" kavramı, diğer adıyla Dördüncü Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır (Alçın, 2016). Bu yeni devrim, bilgi teknolojilerine gerekli önemi veren, üretim döngüsünü otomatik ve esnek hale getiren, parçaları ve ürünleri izleyen, makineler, ürünler ve parçalar arasında iletişimi sağlayan, insan-makine etkileşimini sağlayacak uygulamalar geliştiren, akıllı fabrikalar içinde nesnelere interneti, benzetim, dijital ikiz, artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerle üretim optimizasyonu, kalite kontrolü yapabilen, tamir-bakım stratejileri geliştirmeyi, yeni tip hizmetler ve iş modellerinin etkileşimini sağlayan bir dönüşümdür. Bu dönüşüm fiziksel mekanik sistemlerle elektronik dijital sistemleri birleştirerek yeni teknolojiler ve uygulamalarla hem günlük yaşamı hem de iş dünyasını değiştirmektedir. Bu sayede işletmeler rekabet avantajı elde edebilecek, işgücüne olan bağımlılık azalacak, ürünler hızlı ve hatasız hareket edecek, esneklik artacak ve maliyetler düşecektir. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın gelişimi sürdürülebilirlik açısından önemli bir itici bir güç oluşturmaktadır.

2.2 Alan yazın taraması: Endüstri 4.0 ve KOBİ'ler

Soomro, Hizam-Hanafiah, Abdullah, Ali ve Jusoh (2021), Malezya'daki 100 teknoloji şirketi üzerinde bir çalışma yaparak işletmelerin Endüstri 4.0'a hazırlık düzeylerini araştırmışlardır. Bu çalışmada (i) Pazar baskısı, (ii) risk alma, (iii) bilgi, (iv) yönetim desteği, (v) yeterlilikler, (vi) motivasyon ve (vii) özgürlük gibi yedi temel alanda Endüstri 4.0'a hazırlık değerlendirme yapılmıştır. Çalışma, işletme ölçeği ve sektör gibi kriterlerde herhangi bir kısıtlama olmaksızın yapılmış olup, işletmelerin %50'sinin Endüstri 4.0 bileşenlerini işletme içinde iyi ve büyük ölçüde uyguladığını belirtmektedir. Ayrıca, çalışmada işletmelerin %69'unun Endüstri 4.0 üzerinde çalışma baskısı hissettiği, %84'ünün Endüstri 4.0 konusunda risk almaya istekli olduğu, %82'sinin gerekli Endüstri 4.0 bilgisine sahip olduğu ve %90'ının üst yönetimin Endüstri 4.0 için destek verdiği belirtilmiştir.

Pech ve Vanecek (2022) ise Endüstri 4.0'ın dezavantajlarını ele alan bir araştırma yapmıştır. Çekya'da faaliyet gösteren 217 sanayi işletmesi üzerinde yapılan anket araştırmasına dayanarak, işletmelerin büyüklükleri ve teknolojik yoğunluklarına göre farklılıklar incelenmiştir. Araştırma, teknoloji tanıtımının ana engelleri ve Endüstri 4.0 dezavantajlarının finansman eksikliği, yüksek maliyetler, üretim süreci optimizasyonu ve yüksek yatırım ihtiyacı olduğunu belirlemiştir. İşletme büyüklüğüne göre yöneticilerin Endüstri 4.0 teknoloji engelleri ve dezavantajları tercihlerinde yalnızca küçük farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Endüstri 4.0'ın dezavantajları arasında teknoloji yoğunluğunun algılanmasının kısmen önemli olduğu da belirlenmiştir.

Ülkemizde bu alanda çok sınırlı sayıda çalışma vardır. Yiğitöl ve diğ. (2020) imalat sanayinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin, geleneksel bilişim ve imalat teknolojileri ile Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulama düzeylerinin belirlenmesi amacıyla bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada Konya il merkezinde faaliyet gösteren 185 imalatçı KOBİ ile görüşmeler yapılmış ve bunların sonuçları incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre işletmelerin Endüstri 4.0 devrimi teknolojilerinin işletmelerin geleceği için önemli olduğunu düşünmelerine rağmen kendi işletmelerindeki uygulama seviyelerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Literatürdeki mevcut araştırmalar, ülke genelini kapsayan kapsamlı çalışmaların yapılmasını önermektedir. Bu boşluğu doldurmak ve ülkemizde KOBİ'lerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeylerini ölçmek amacıyla 5 boyutlu radar grafik yöntemi ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler, karşılaştırmalı analizler yapılarak farklı grupların yetkinlikleri ortaya konmuştur. Ayrıca, araştırma işletmelerin Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulamalarını ve girişimcilik ekosistemi arasındaki etkileşimleri anlamak üzere bazı sorulara da cevap aramaktadır, bu da çalışmanın bu alana yaptığı diğer bir katkıdır.

3. Türkiye'de KOBİ'ler

KOBİ'ler, basit ve esnek yapılarıyla ülke ekonomilerinde önemli ve belirgin bir rol oynamaktadırlar. Hızlı karar alma yetenekleri, büyük işletmelere kıyasla ürün değişikliği, ürün çeşitlendirme ve tedarikçilik gibi avantajlar sunmaktadır. Ayrıca, KOBİ'lerin gelir eşitsizliğini azaltma, büyük şehirlere göçü engelleme ve nitelikli personelin girişimci olarak iş dünyasına katılmasına katkı sağlama gibi önemli etkileri bulunmaktadır. Belgin ve Dengiz (2005) tarafından yapılan bir araştırma, KOBİ'lerin iyileştirme ve verimlilik artışı sağlamak için benzetim tekniğinden nasıl yararlanabileceklerini vurgularken, aynı zamanda Türkiye'deki KOBİ'lerin benzetim tekniğini öğrenme ve kullanma isteklerini bir anket çalışmasıyla ortaya koymuştur Endüstri 4.0 teknolojileri arasında

benzetimin önemi ve rolü dikkate alındığında o yıllarda yapılan bu çalışmanın ne denli önemli olduğu ve işletme yöneticileri arasında bir farkındalık yarattığı söylenebilir.

Ülkemizde KOBİ'ler, toplam işletme sayısının %99'unu oluşturmaktadır ve istihdamın %70'ten fazlasını sağlamaktadır. Aynı zamanda Türkiye'nin ihracatının %31,6'sı ve Ar-Ge harcamalarının %28,8'i KOBİ'ler tarafından gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2022).

Araştırmada dikkate alınan faaliyet konularında çalışan KOBİ'lerin ekonominin durağanlık yaşadığı dönemde bile ne kadar önemli olduğu çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur. Örneğin, İç (2022) ülkemizin makro göstergelerini kullanarak gerçekleştirdiği araştırma bulgularında geçen 10 yıl içinde gerek üretim artışı, gerekse ekonomik hareketlilik açısından en çok öne çıkan sektörlerin orta-yüksek ve yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren işletmeler olduğunu göstermiştir.

Türkmen ve Yiğitler (2022), Türkiye'nin orta-yüksek teknoloji alanındaki ürünlerde rekabet gücüne sahip olduğunu belirlemiş, orta-yüksek ve yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren işletmelerin rekabet gücünün artmasının ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Teknoloji seviyesine göre faaliyet alanının belirlenmesi için Türkiye'deki işletmeler Avrupa İstatistik Ofisi (EUROSTAT) tarafından yayınlanan imalat sektöründeki teknoloji sınıflandırmasını kullanmaktadır. Bu teknoloji sınıflandırmasına ait başlıklar ve NACE kodları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji sınıflandırması (EUROSTAT, 2019)

Teknoloji Sınıfı	NACE Kodu	Açıklaması
Yüksek Teknoloji	21	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı
	26	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
	30.30	Hava taşıtları ve uzay araçları ile bunlarla ilgili makinelerin imalatı
Orta Yüksek Teknoloji	20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı
	25.40	Silah ve mühimmat (cephane) imalatı
	27	Elektrikli teçhizat imalatı
	28	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı
	29	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı
	30.20	Demir yolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı
	30.40	Askeri savaş araçlarının imalatı
	30.91	Motosiklet imalatı
	30.92	Bisiklet ve engelli aracı imalatı
	30.99	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer ulaşım ekipmanlarının imalatı
	32.50	Tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı

2023 yılına ait dış ticaret verileri incelendiğinde, Türkiye'nin 361,7 milyar dolarlık ithalat gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu miktarın %53,6'sı Tablo 1'de belirtilen sektörlerde yer alan ürünler veya ürün gruplarına aittir (TÜİK, 2023). Bu veri bile tek başına, orta-yüksek ve yüksek teknolojide üretim yapmanın ve bu sektörlerde faaliyet gösteren işletmelere yönelik politikalar geliştirmenin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

4. Türkiye'de Endüstri 4.0 hazırlık çalışmaları

Türkiye'de Endüstri 4.0 kapsamında ilk adım, Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu'nun (BTYK) 2016 yılında gerçekleştirdiği 29. toplantısında "Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmaların Yapılması" kararıyla atılmıştır. Bu karar doğrultusunda Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından çalışmalar başlatılmıştır. Bu çerçevede, akıllı üretim sistemleriyle ilgili yurt içi ve yurt dışı araştırmalar, raporlar, akademik yayınlar incelenmiş ve yaklaşık 1.000 firmaya araştırma ve geliştirme amaçlı anket uygulanmış, saha çalışmaları, toplantılar, çalıştaylar ve odak grup çalışmaları yapılmıştır (Dijital Türkiye Yol Haritası, 2018).

Aralık 2016'da Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu kurulmuştur. Platformun amacı, endüstride dijital dönüşümün nasıl gerçekleştirilebileceği ve bu doğrultuda dijital yetkinliklerin ortaya konması için kapasitenin nasıl güçlendirileceği konusunda çalışmalar yapmak ve bu çalışmaların uygulamaya geçirilmesi konusunda destek sağlamaktır. Bu platform, endüstri sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileriyle ilgili çalışmalara öncülük etmiş ve de yürütmüştür. Bu çalışmalar sürerken, 2018 yılında Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesinde Dördüncü Sanayi Devrimi Daire Başkanlığı kurulmuş ve imalat sektöründeki bu dijital dönüşümün daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu süreçte Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD), Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Derneği ile Endüstri 4.0 Dijital Dönüşüm Derneği gibi sivil toplum kuruluşları, araştırmalar yaparak çeşitli raporlar yayımlamıştır. TÜSİAD'ın The Boston Consulting Group danışmanlık firmasıyla birlikte hazırladığı "Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi" ve "Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği" adlı raporlar bu çalışmaların sonuçları olarak örnek gösterilebilir.

Haziran 2018'de, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Dijital Türkiye Yol Haritası dokümanı yayımlanmıştır. Bu yol haritası, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) ve TÜBİTAK gibi kurumlar tarafından Endüstri 4.0 teknolojilerinin geliştirilmesi veya kullanılması amacıyla destek programlarının yürütülmesini öngörmektedir. KOSGEB, KOBİ-GEL Destek Programı kapsamında, 2019 yılından bugüne her yıl imalat sanayi sektöründe milli kaynaklara dayalı olarak dijitalleşmeyi teşvik etmeyi hedefleyen çağrılar yayımlanmıştır. Bu çağrılar, yerli ve yetenekli dijital teknoloji geliştiricisi KOBİ envanterini genişletmeyi ve imalat sanayi KOBİ'lerinin dijitalleştirilmiş iş süreçlerini artırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Dijital Türkiye Yol Haritası dokümanını destekleyen ve sanayi sektörü için gelecekte yapılması planlanan hedefleri ortaya koyan bir makro politika belgesi olan 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi, 18 Eylül 2019 tarihinde duyurulmuştur. Bugüne kadar özellikle Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde çeşitli destek ve teşvik mekanizmaları ile hem KOBİ'ler hem de diğer ölçekteki işletmelerin dijital dönüşüm alanında desteklendiği görülmektedir.

Usta (2021) tarafından yapılan sistemli bir yayın taraması, dördüncü sanayi devrimi çerçevesinde Türkiye'deki çalışmaları incelemiş ve sonuçları ortaya koymuştur. Araştırmaya göre, işletmelerin dördüncü sanayi devrimi için yaptığı hazırlık faaliyetleri, Endüstri 4.0 teknolojilerinin önemi, sektörel analizler, ulusal ve uluslararası karşılaştırmalar, muhasebe ve pazarlama gibi alanların dönüşümü ve eğitim gibi altyapı gereksinimlerinin değişimi ön plandadır. Bu çalışmanın kapsamında ele alınan Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamaları ise Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamaları

Teknoloji/ Uygulama Adı	Açıklama
Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik	Sanal gerçeklik, bilgisayarlar, yazılımlar ve diğer teknolojik araçlar kullanılarak gerçek dünyanın benzerinin oluşturulmasıdır. Bu teknoloji sayesinde kullanıcılar, sanal ortamlarda gerçek gibi hissedebilir, görsel ve işitsel deneyimler yaşayabilirler. Öte yandan arttırılmış gerçeklik ise gerçek dünyada var olan nesnelere veya olaylara, bilgisayar tarafından oluşturulan sanal içeriklerin eklenmesidir. Bu sayede kullanıcılar, gerçek dünyadaki objelerin üzerine sanal katmanlar ekleyerek daha zengin ve etkileşimli bir deneyim yaşayabilirler.
Bulut Bilişim Teknolojileri	Bulut bilişim, büyük kapasiteli sunucu bilgisayarlar ve bu bilgisayarlarda çalışan program ve yazılımlar aracılığıyla iş ve işlemlerin ağ üzerinden paylaşımlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Bu sayede kullanıcılar, kendi cihazlarından bağımsız olarak verilere erişebilir, uygulamaları çalıştırabilir ve kaynakları paylaşabilirler. Bulut bilişim teknolojisi, işletmelere esneklik, ölçeklenebilirlik ve verimlilik sağlarken, kullanıcılara da hızlı ve kolay erişim imkanı sunar.

Büyük Veri Analitiği	Ünal (2015) tarafından belirtildiği üzere, toplumsal medya paylaşımları, ağ günlükleri, bloglar, fotoğraflar, videolar, log dosyaları vb. çeşitli kaynaklardan elde edilen yapısal veya yapısal olmayan verilerin, anlamlı ve işlenebilir bir forma dönüştürülmesi sürecidir.
Eklemeli İmalat (3D Yazıcılar)	3D yazıcılar olarak da bilinen bir üretim yöntemidir. Bu yöntemde, katman katman malzeme eklenerek bir nesnenin üretilmesi sağlanır. 3D yazıcılar, dijital bir modelden yola çıkarak malzemeyi tabaka halinde ekleyerek istenen nesnenin oluşturulmasını sağlar. Bu süreç, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı kullanılarak başlar. Tasarım, 3 boyutlu bir model olarak oluşturulur ve daha sonra 3D yazıcıya aktarılır. Yazıcı, belirlenen malzemeyi (plastik, metal, seramik vb.) kullanarak katmanları oluşturur. Her katman, önceki katmanın üzerine eklenerek nesnenin tamamı oluşturulur.
Nesnelerin İnterneti - Yenilikçi Sensörler	Nesnelerin veya sistemlerin birbirleriyle veya diğer sistemlerle bağlantı kurarak ortak hedeflere ulaştığı bir bilgi ağı olan Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel varlıkların dijital olarak birbirleriyle iletişim kurmasını sağlar. Yenilikçi sensörler, sıcaklık, basınç, nem, konum, titreşim, hız, miktar, kuvvet gibi çeşitli verileri toplayabilir ve analiz edebilir. Bu sayede önemli bilgiler elde edilir ve daha akıllı kararlar alınabilir.
Otonom Robotlar	Otonom robotlar, talep edilen eylemleri yüksek düzeyde otonomi becerileriyle gerçekleştirebilen ve çevre koşullarına uyum sağlayarak programlanan eylemleri yeni yöntemlerle gerçekleştirmek için öğrenebilen yapıya sahip robotlardır.
Siber Güvenlik	Siber güvenlik, bilgisayar sistemleri, ağlar, yazılımlar ve dijital verilerin istenmeyen erişim, saldırı ve zararlı etkilere karşı korunması için alınan önlemleri ve uygulanan teknolojik çözümleri kapsayan disiplindir. Temel amacı, bilgi ve teknoloji varlıklarını güvende tutarak gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik gibi kritik değerleri sağlamaktır.
Yapay Zekâ	Otonom yapay bir işletim sistemi olarak tanımlanan, insan zekâsının özellikleri olan algılama, düşünme, fikir geliştirme, öngörülerde bulunma, öğrenme, problemleri analiz ederek çözüm geliştirme, iletişim kurma ve karar verme gibi yetenekleri sergileyen bir yapıdır. Kendi kendine yönlendirme ve eylemlerini gerçekleştirme yeteneğine sahiptir.
Yatay ve Dikey Entegrasyon	Yatay entegrasyon, bir firmanın planlama, hammadde temini, tasarım, üretim, pazarlama, lojistik ve müşterileri gibi üretim fonksiyonlarının birbirleriyle bağlantılı hale getirilmesidir. Bu entegrasyon sayesinde farklı süreçler ve bölümleri arasındaki etkileşim artar, iş süreçleri daha verimli hale gelir ve tüm üretim süreci entegre bir şekilde yönetilebilir hale gelir. Dikey entegrasyon ise farklı hiyerarşik seviyelerde bulunan bilgi teknolojileri sistemlerinin entegrasyonunu içerir. Bu tür entegrasyon, bir firmanın uçtan uca çözümler sunmasına olanak tanır.

5. Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde daha fazla işletmeye ulaşabilmek için, çalışma kapsamında belirlenen teknoloji düzeyleri ve işletme sayısı dikkate alınarak nicel veri toplama araçlarından anket yöntemi kullanılmıştır. Türkiye'deki KOBİ'lerin Endüstri 4.0 konusundaki farkındalık düzeylerini belirlemek için hazırlanan anket formu oluşturma sürecinde, Endüstri 4.0 üzerine çalışmalarda bulunan kamu, özel sektör ve

üniversitede görevli deneyimli uzmanların öneri ve görüşleri alınmıştır. Anket formuna (http://www.baskent.edu.tr/~bdengiz/EK_1.docx) bağlantısından ulaşılabilir.

Anket'in pilot uygulaması 50 rastgele seçilen işletmede test edilmiştir. Bu süreçte yapılan analizler sonucunda, Cronbach's Alpha güvenilirlik değeri 0.79 olarak elde edilmiş ve anketin uygulanmasına karar verilmiştir. Ankete Türkiye genelinde 44 ilden işletmeler cevap vermiştir.

Anket, dört bölümden oluşmaktadır. İlk üç bölüm, genel, Endüstri 4.0 farkındalık ve Endüstri 4.0 olgunluk konularında sorular içermektedir. Bu soruların tümünün katılımcılar tarafından cevaplanması istenmektedir. Üçüncü bölümde yer alan son sorunun yanıtına bağlı olarak, "Endüstri 4.0 Teknolojilerini Kullanma" başlıklı bölümün cevaplanması katılımcıya bırakılmıştır. Bu karar, Endüstri 4.0 konusunda henüz düşünce aşamasına bile gelmemiş işletmeler için teknoloji ve uygulamaların sorgulanmasının anlamsız olması nedeniyle verilmiştir.

Çalışma kapsamında, imalat sektöründeki teknoloji sınıflandırmasını içeren EUROSTAT'ın Tablo 1'inden yararlanılmıştır. Buna göre, Türkiye'de faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'ler arasında orta-yüksek teknoloji düzeyinde 48.327 işletme ve yüksek teknoloji düzeyinde 2.891 işletme olmak üzere toplamda 51.218 işletme çalışmanın evrenini oluşturmaktadır (TÜİK, 2021). Ankete yanıt veren işletmelerin sektör dağılımı Tablo 3'de verilmektedir. Toplamda 391 yanıt alınmış olup, bu sayı örneklem büyüklüğü olan 382'nin üzerindedir.

Tablo 3. Ankete cevap veren işletmelerin sektör dağılımı

NACE Kodu	Açıklaması	Cevap Sayısı
20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	48
21	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı	6
25.40	Silah ve mühimmat (cephane) imalatı	7
26	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı	43
27	Elektrikli teçhizat imalatı	65
28	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı	143
29	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı	34
30	Diğer ulaşım araçlarının imalatı	23
32.50	Tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı	22

Anket, hedef kitleye e-posta yoluyla, Google Forms alt yapısı kullanılarak çevrimiçi olarak doldurulacak biçimde sunulmuştur. Ayrıca, anket KOBİ'lerde yönetici pozisyonunda görev yapan kişiler tarafından yanıtlanmış ve çalışma sürecinde araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

İşletmelerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeylerinin ölçülmesi amacıyla Trotta ve Garengo (2019), literatürde mevcut olgunluk ölçme modellerinin karmaşık bir yapıya sahip olduğuna dikkat çekerek, KOBİ'lerin bu araçları kullanma konusunda zorluklar yaşadığını belirtmiştir. Bu nedenle, strateji, teknoloji, üretim, ürün ve insan olmak üzere toplamda 5 boyut ve 11 sorudan oluşan bir Endüstri 4.0 olgunluk düzeyi ölçme metodolojisi geliştirmişlerdir. Çalışmamızda, Trotta ve Garengo (2019) tarafından önerilen bu ölçüt kullanılarak Türkiye'deki KOBİ'lerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeyi belirlenmiştir. Kullanılan ölçüte ilişkin sorulara şu bağlantıdan ulaşılabilir: http://www.baskent.edu.tr/~bdengiz/EK_2.docx

6. Uygulama ve araştırma bulguları

Araştırmanın anket sonuçlarının değerlendirilmesi, istatistiksel betimleyici analizlerin yanı sıra ilişki analizleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlişki analizlerinde, %95 güven düzeyinde Ki-kare testi uygulanmıştır.

Genel olarak, ilişki analizlerinin hipotezleri aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$H_0 = x_i \text{ ve } y_j \text{ sorularına verilen cevaplar arasında ilişki yoktur.}$$

$H_I = x_i$ ve y_j sorularına verilen cevaplar arasında ilişki vardır.

$x = 1,2,3,\dots,42$, $y = 1,2,3,\dots,42$, $i = 0,1,2,3,\dots,16$, $j = 0,1,2,3,\dots,16$ ve $i \neq j$

(i ve j için 0 değeri sorunun alt sorusunun olmadığını göstermektedir.)

6.1. Anket değerlendirmesi ile elde edilen bulgular

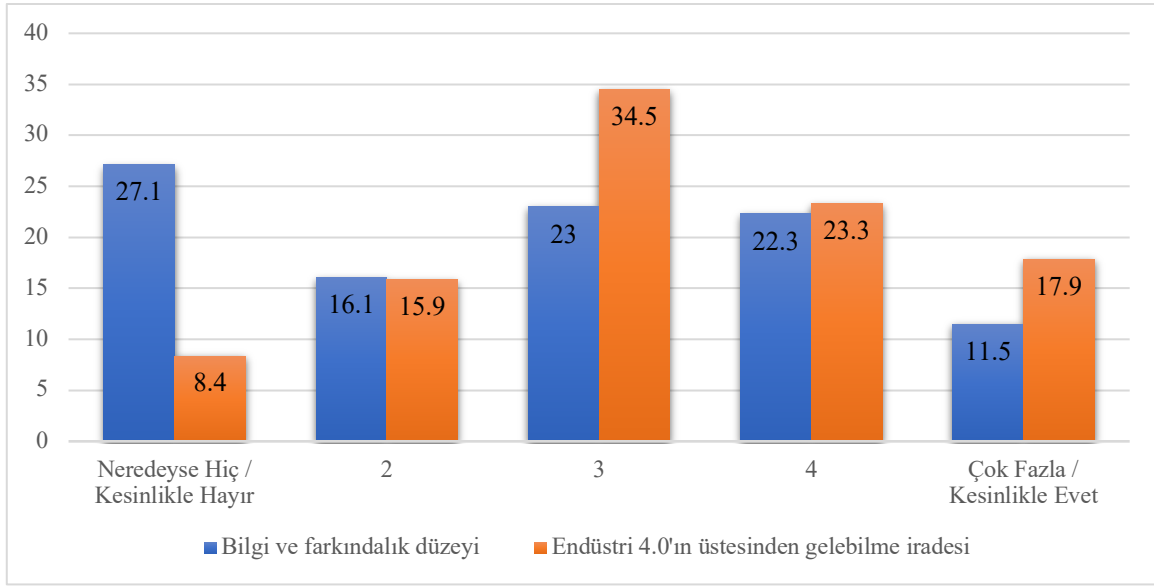
Çalışma kapsamında ankete katılan işletmelerin %43'ü mikro, %32 küçük ve %25'i orta büyüklükte işletmelerdir. Sonuçlar incelendiğinde, orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin %24,6'sında iktisadi ve idari bilimler mezunlarının, %24,3'ünde makine mühendisliği mezunlarının ve %10,7'sinde ise elektrik ve/veya elektronik mühendisleri mezunlarının yönetici pozisyonlarında yer aldığı gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçları işletmelerin %64,2'sinin ihracat yaptığını, %86,4'ünün işletme içerisinde yenilikçi bir kültüre sahip olduğunu, %41,2'sinin ise en çok ürün geliştirme ve ar-ge alanına yatırım yaptığını göstermiştir. Ayrıca %60'a yakını ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirdiğini belirtmiştir.

Anket sonuçlarına göre, KOBİ'lerin %48,8'inin, Endüstri 4.0'ın odak noktası olan ERP, CRM, CAD, CAM veya MES gibi üçüncü sanayi devrimi yazılım ve programları kullanmadıkları, %34'ünün ise yalnız üretim konusunda bilgi sahibi olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, KOBİ'lerin %57,3'ünün girişimcilik ekosistemiyle neredeyse hiç etkileşimde bulunmadığı veya daha önce hiç etkileşimde bulunmamış gibi görüldüğü anlaşılmıştır. İşletmelerin %39,4'lük bir kesimi ise Teknoloji Geliştirme Bölgesi (TGB) içindeki dijital dönüşüm firmaları hakkında bilgi sahibi değildir. Diğer önemli sonuçlar arasında, KOBİ'lerin %53,9'unun üniversitelerle işbirliği yapmadığı, %27,3'ünün sadece ürün geliştirme aşamasında teknik destek aldığı ve %15,1'inin personel temini konusunda üniversitelerle iletişime geçtiği bilgisine ulaşılmıştır. Endüstri 4.0 konusunda üniversite ve KOBİ işbirliği ile ilgili verilere bakıldığında, işletmelerin %55'inde işbirliği kültürünün olmadığı veya bu konunun üzerinde durulmadığı, çeşitli engellerin bulunduğu sonucuna varılmıştır. Endüstri 4.0 konusunda üniversite ile KOBİ arasındaki etkileşimi incelemek amacıyla yapılan ilişki analizlerinde, elde edilen sonuçlar oldukça anlamlıdır. Analizler sonucunda, anlamlılık değeri "0" olarak belirlenmiş ve hata oranı 0,05'in altında olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Bu bağlamda, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

a. Üniversite ile hiçbir iş birliği çalışması yapmayan KOBİ'lerin %75'i Endüstri 4.0 alanında üniversite ile iş birliği yapma niyetinde değilken veya bu konuda engeller olduğunu ifade ederken, %25'i dördüncü endüstri devrimi konusunda üniversite ile iş birliği yapmayı planladıklarını belirtmiştir.

b. Üniversiteden ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alan KOBİ'lerin büyük bir kısmı, Endüstri 4.0 kapsamında da üniversite ile iş birliği yapma planları yapmakta ve bu yönde görüşmeler yürütmektedirler.

Orta yüksek ve yüksek teknoloji sektöründe faaliyet gösteren işletme yöneticileri arasında yapılan araştırmaya göre, Şekil 2'de görüldüğü gibi, katılımcıların %43,2'si Endüstri 4.0'a yönelik farkındalık ve bilgi düzeylerinin çok düşük veya neredeyse hiç olmadığını ifade etmiştir. Bununla birlikte, işletmelerin %41'i bu yeni endüstri devrimini başarıyla sağlayabileceklerine inandıklarını belirtmişken, %34,5'i ise bu konuda kararsız olduklarını dile getirmiştir.



Şekil 2. KOBİ'lerin endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi düzeyi ile üstesinden gelebilme iradeleri

KOBİ'lerin Endüstri 4.0 farkındalığı ve bilgi seviyelerini etkileyen faktörleri araştırmak amacıyla gerçekleştirilen ilişki analizlerinin sonuçlarına göre, anlamlılık değeri "0" olarak belirlenmiş ve hata oranı 0,05'in altında olduğu için H0 hipotezi reddedilmiştir. Bu sonuçlara göre, aşağıdaki faktörlerin etkileşimi veya kullanım durumu ile Endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık seviyeleri arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir:

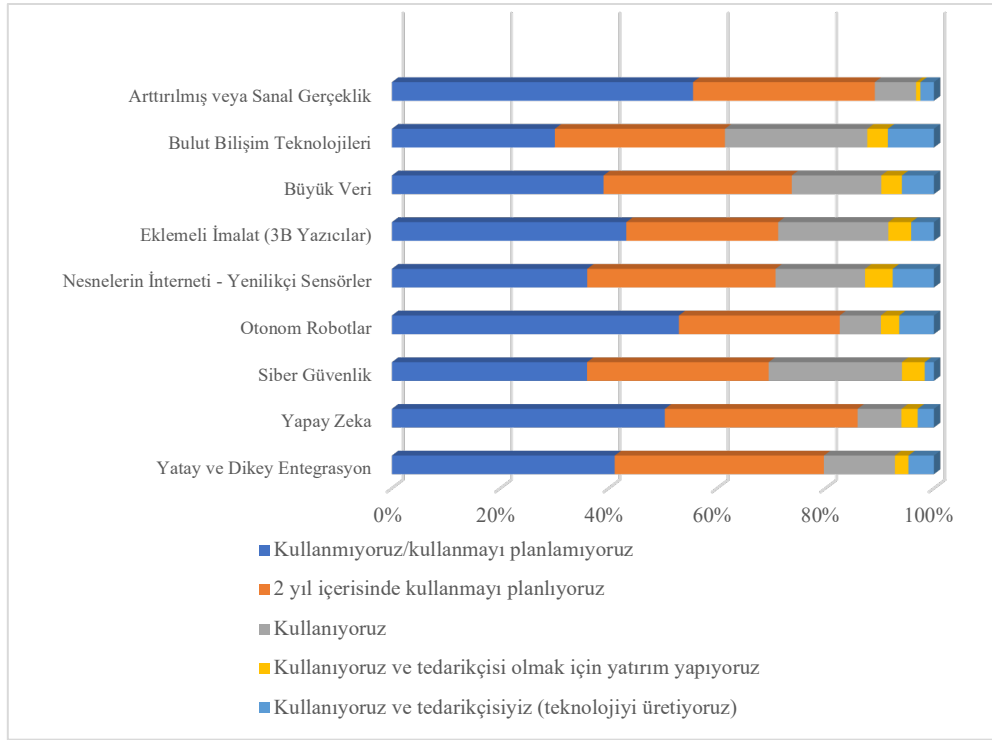
- Üçüncü endüstri devrimine konu olan bilgisayar programları veya yazılımların kullanılma durumu,
- Yalın üretim yaklaşımı konusundaki bilgi sahipliği ve benimseme seviyesi,
- Üniversitelerle iş birliği yapma durumu,
- Endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkındaki bilgi veya farkındalık düzeyi,
- Yeni mezunlar, girişimciler, start-uplar, fikir sahipleri ve kuluçka merkezleri ile etkileşim seviyesi,
- Teknoloji Geliştirme Bölgeleri'nde dijital dönüşüm sağlayıcı firmalardan haberdar olma durumu.

Örneğin; Yalın üretim hakkında bilgi seviyesi düşük olan işletmelerin Endüstri 4.0 konusundaki bilgi ve farkındalık seviyeleri düşük çıkarken, yalın üretim hakkında bilgi sahibi olan ve bu yaklaşımı başarılı bir şekilde benimseyen işletmelere doğru ilerledikçe Dördüncü Sanayi Devrimi hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeyinin arttığı görülmüştür.

Ülkemizde Ar-Ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve Endüstri 4.0 gibi alanlarda destek sunan kurumlar arasında Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK ve KOSGEB gibi çeşitli önemli kuruluşlar bulunmaktadır. Ancak, aynı sektörde faaliyet gösteren KOBİ'lerin %46,5'i, bu destek programları hakkında neredeyse hiç bilgi sahibi olmadıklarını veya sınırlı bir bilgiye sahip olduklarını ifade etmektedirler. Katılımcıların %57,8'i, bugüne kadar kamusal desteklerden yararlanmadıklarını belirtirken, %23,3'ü ise bir destek programından faydalandıklarını dile getirmişlerdir. Ayrıca, üniversitelerin devlet destekleri konusunda bilgilendirme ve farkındalık oluşturma rolü üstlendiği de gözlemlenmektedir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme içi süreçlerde kullanılmasında, hazırlık ve uygulama aşamalarında bazı zorluklar yaşanabilmektedir. Bu bağlamda, KOBİ'lerin %41,2'si işletmenin teknolojik alt yapısının eksikliğini en sık karşılaştıkları zorluk olarak öne çıkarmışlardır. Ardından %36,8 ile çalışanların bilgi ve yetenek eksikliği, %36 ile yüksek uygulama maliyetleri, %31,2 ile ekonomik faydanın tam olarak netleşmemesi ve çekinceler, %27,1 ile de kısa vadeli sonuç beklentileri ve bu konudaki zorluklar da önemli zorluklar arasında yer almaktadır.

KOBİ'lerin %39,6'sı henüz Endüstri 4.0 teknolojilerini veya uygulamalarını kullanmayı düşünmediğini ifade etmektedir. %37,9'u ise bu konuda değerlendirmelerin yapıldığını veya planlama çalışmalarının başlatıldığını aktarmıştır. İşletmeler arasında bulut bilişim teknolojilerinin %40 ile en yaygın olarak kullanıldığı, yapay zeka uygulamalarının ise %10 ile daha az kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca, işletmelerin yaklaşık olarak 2 yıl içinde %30'u endüstri teknoloji ve uygulamalarını kullanmaya başlama planları yaptıklarını ifade etmektedir. Bu bağlamda, Şekil 3'te, KOBİ'lerin bu çalışmada ele alınan Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamalarını ne ölçüde kullandığı görülmektedir.



Şekil 3. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin ve Uygulamalarının Kullanım Durumu

İşletmelerin uygulamalara başlama veya bu yönde adımlar atma kararlarını etkileyen faktörleri incelediğimizde, %50,4'lük bir çoğunluğun öncelik verdiği unsur verimliliği artırmaktır. Ardından, %44,8'lik bir kesim maliyetleri azaltma ve %42,2'lik bir oranla da çalışan hatalarını en aza indirmeye gerekliliğini belirtmektedir.

Katılımcı KOBİ'lerin değerlendirmelerine göre, Dördüncü Endüstri Devrimi bağlamında gerçekleştirilen uygulamaların en fazla "süreçlerin izlenmesi, görünürlüğünün artırılması ve kontrolünün sağlanması" konusuna katkı sağladığı ifade edilmiştir. İkinci sırada ise %36,5'lik bir oranla üretim süreçlerinde verimliliğin artırılmasına destek olduğu belirtilmiştir. Tablo 4'te, öncelikli beş beklenti ile bu uygulamaların işletmelere sağladığı en önemli beş katkı sıralanmıştır.

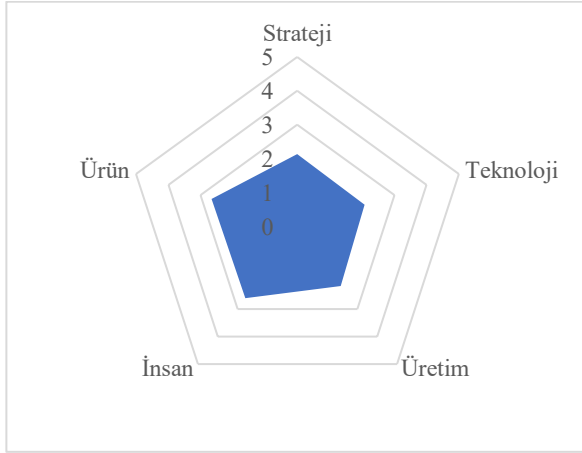
Tablo 4. Endüstri 4.0'dan Beklentiler ve Katkıları

Endüstri 4.0'dan Beklentiler	Sıralama	Endüstri 4.0'ın Katkıları
Verimliliği arttırmak istiyorum	1	Süreçlerin izlenmesi ve kontrolünü sağladı
Maliyetleri azaltma ihtiyacım var	2	Üretim sürecinde verimlilik arttı
Çalışan hatalarını en aza indirmek istiyorum	3	Kapasite arttı
Kapasitemi arttırmayı amaçlıyorum	4	Üretimde esneklik kazanıldı
İş sağlığı ve güvenliği konularında ilerleme sağlamak istiyorum	5	Maliyetler azaldı

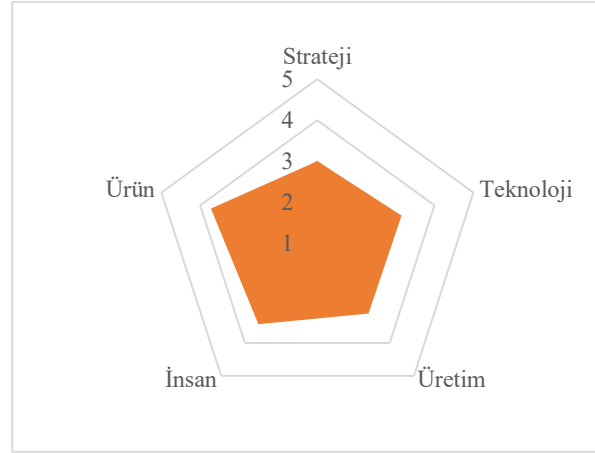
6.2. Olgunluk düzeyi ölçütü ile elde edilen bulgular

Orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesindeki imalat KOBİ'lerine uygulanan ölçüt, Trotta ve Garengo (2019) tarafından geliştirilmiş ve işletmelerin Endüstri 4.0 olgunluk seviyelerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu ölçüt, işletmelerin Endüstri 4.0 olgunluk seviyelerini belirlemek amacıyla 5 farklı boyutta ele alınan soruları içermektedir. Trotta ve Garengo'nun (2019) çalışmasında her bir boyut için hazırlanan sorular, kendi içinde 5'li Likert ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Her bir boyut için bileşenlerin ortalaması hesaplanarak boyutların ortalama puanları elde edilmiştir. Bu yöntem sayesinde radar grafikler için her bir boyuta ait puanlar belirlenmiştir.

Araştırmaya katılan tüm işletmelerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeyi, Şekil 4'te görüldüğü gibi ortalama seviyededir. Ancak, bilgisayar, elektronik ve optik ürünler üreten KOBİ'lerin tüm boyutlarda 3 ve üzeri puan aldıkları ve ortalamanın üzerinde bir performans sergiledikleri tespit edilmiştir (Şekil 5).



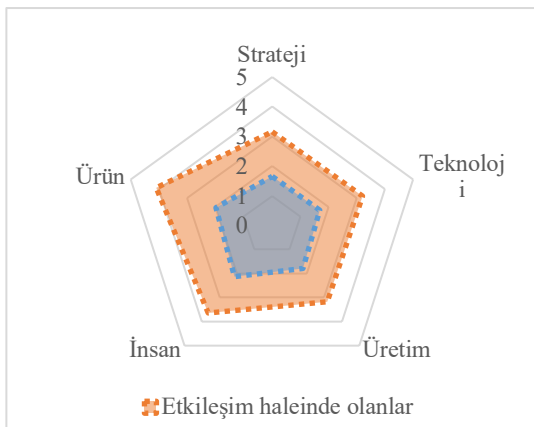
Şekil 4. Araştırmaya Katılan Tüm KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyi



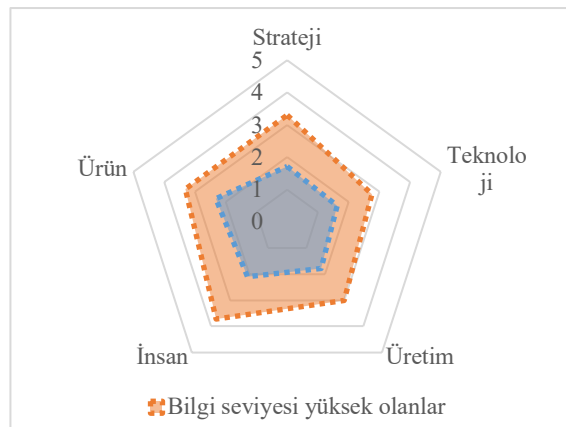
Şekil 5. Bilgisayarların, Elektronik ve Optik Ürünlerin İmalatını Gerçekleştiren KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyi

KOBİ'lerin, yeni mezunlar, girişimciler, gençler, startuplar ve teknoloji odaklı yeni işletmelerin bulunduğu kuluçka merkezleri gibi yapılarla olan etkileşimlerinin Dördüncü Sanayi Devrimi olgunluk düzeyi üzerindeki etkisi, Şekil 6'daki grafikte açıklığa kavuşturulmuştur. İşletmeler, bu tür etkileşimlerin içinde olmadıklarında, Endüstri 4.0 olgunluk düzeyinin her boyutunda ortalamanın altında kalmışlardır. Ancak etkileşim içinde olan KOBİ'ler, tüm boyutlarda ortalamanın üzerindedir. Ayrıca, işletmelerin Ar-Ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve Endüstri 4.0 gibi konularda sağlanan destekler hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeylerinin Dördüncü Sanayi Devrimi hazırlık ve olgunluk düzeyleri üzerindeki etkisi, Şekil 7'de görselleştirilmiştir. Bu bağlamda, destekler hakkında bilgi sahibi olmayan işletmelerin olgunluk düzeyi Türkiye ortalamasının altında kalmışken, desteklere yüksek farkındalıkla yaklaşan işletmelerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeyleri, ülke ortalamasının üzerine çıkmış ve teknoloji boyutu dışındaki diğer boyutlarda 3 puan seviyesini aşmıştır.

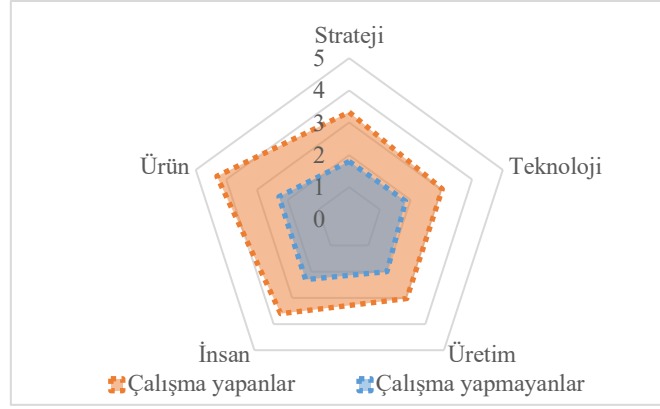
Bunun yanı sıra, Şekil 8'de görüldüğü üzere, üniversitelerle Endüstri 4.0 kapsamında herhangi bir çalışma yürütmeyen veya engellerle karşılaşan işletmelerin dijital dönüşüm konusunda önemli bir mesafe kat etmeleri gerekmektedir. Diğer taraftan, yükseköğretim kurumlarından yeni teknolojilere ve uygulamalara yönelik destek alan, görüşmeler yapmaya başlayan ve çalışmalar yürüten KOBİ'lerin beş boyutta da ortalamanın üzerinde bir performans sergiledikleri görülmektedir.



Şekil 6. KOBİ'lerin Girişimcilik Ekosistemi ile Etkileşimine Yönelik Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyi



Şekil 7. Destekler Hakkında Bilgi ve Farkındalık Sahibi Olma Derecesine Göre Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyi



Şekil 8. Üniversite ile Endüstri 4.0 Kapsamında Çalışma Yapılma Durumuna Yönelik Endüstri 4.0 Olgunluk Düzeyi

7. Sonuçlar ve Öneriler

Bu ilgili sektörde faaliyet gösteren KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a dair farkındalık ve bilgi düzeyleri, işletmelerin Dördüncü Sanayi Devrimi'yle ilgili karşılaştığı zorluklar, Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamalarının kullanım durumları, işletmelerin beklentileri ve uygulama yapan KOBİ'lerin elde ettiği katkılar ile Endüstri 4.0 olgunluk düzeyleri anket yöntemiyle araştırılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Almanya gibi sanayiye dayalı ekonomilerin ekonomik krizlere karşı daha az duyarlı olmaları ve bu süreçleri daha az sarsıntı ile atlatalmaları, imalat sanayisinin Endüstri 4.0'a ve dijital dönüşüme hazırlanmasının ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir. Son 15–20 yıl içinde bankacılık, finans ve eğlence sektöründe internet teknolojisiyle ilgili değişim ve dönüşüm imalat sektörüne de giriş yaparak, geleneksel uygulamaları ve teorileri alt üst etmektedir. Bu nedenle değişime ayak uydurmayan işletmelerin sürdürülebilirlikleri sorgulanmaktadır.

Ülkemizin ekonomik olarak orta gelir düzeyinden yüksek gelir düzeyine yükselmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Bu bağlamda, özellikle katma değeri yüksek ve rekabeti zor olan sektörlerde bulunan orta-yüksek ve yüksek teknoloji odaklı politikalara ihtiyaç vardır. Türkiye'deki imalat üretiminin %30'unun orta ve yüksek teknoloji seviyesinde gerçekleştiği düşünüldüğünde, bu konunun önemi daha da iyi anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında ekonomimizin omurgasını oluşturan orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyindeki imalatçı KOBİ'ler ele alınmıştır. Bu ilgili sektörde faaliyet gösteren KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a dair farkındalık ve bilgi düzeyleri, işletmelerin Dördüncü Sanayi Devrimi'yle karşılaştığı zorluklar, Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamalarının kullanım durumları, işletmelerin karşılaştığı zorluklar, beklentileri ve uygulama yapan KOBİ'lerin elde ettiği katkılar ile Endüstri 4.0 olgunluk düzeyleri anket yöntemiyle araştırılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Anket sonuçlarına göre şu bulgular elde edilmiştir;

- İşletme yöneticilerinin ve KOBİ çalışanlarının çoğunluğunun Endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi düzeyi, orta veya zayıf seviyelerdedir.
- İlgili teknoloji seviyesindeki KOBİ'ler arasında, Teknoloji Geliştirme Bölgelerindeki dijital dönüşüm sağlayıcı firmalarla etkileşim incelendiğinde, her 10 KOBİ'den 4'ünün bu bölgelerde faaliyet gösteren işletmelerden ve bu işletmelerin geliştirdiği teknolojilerden haberdar olmadığı görülmüştür.
- KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde teknolojik alt yapı eksikliği ve yüksek uygulama maliyetlerini en önemli zorluklar olarak belirtmişlerdir. Ancak devlet desteklerinin bilinmediği ve bu nedenle kullanılmadığı gözlemlenmiştir.
- Endüstri 4.0 Üniversite ve KOBİ işbirliği konusunda, işletmelerin %55'inin işbirliği yapmayı düşünmedikleri veya bu konuda engeller olduğunu düşündükleri görülmüştür.

Bu sonuçlar, bilgi ve farkındalık düzeyinin artırılmasının gerekliliğini açıkça göstermektedir. Bu amaçla, televizyon programları ve sosyal medya gibi platformların kullanılması, TEKNOFEST gibi etkinliklerin artırılması, tanıtım günleri, konferanslar ve seminerlerin düzenlenmesi, farkındalığı artırmak ve bilgi düzeyini yükseltmek için önerilmektedir.

Ayrıca, otomasyon sistemlerinin ve ilgili yazılımların tüm işletmeyi kapsayacak şekilde kullanılmaması, üretimdeki bilgi ve iletişim alt yapısı ile çalışanlar arasındaki bağlantı teknolojilerinin, Endüstri 4.0 olgunluk analizlerinden elde edilen verilerle birleştirildiğinde, orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesindeki imalatçı

KOBİ'lerin hala Endüstri 3.0 aşamasını tamamlamadığını göstermektedir. Bu teknoloji düzeyindeki KOBİ'lerin Endüstri 4.0 olgunluk seviyeleri 5 üzerinden yaklaşık 2,5 olarak ölçülmüştür. Bu nedenle devlet politika ve destek mekanizmalarının, işletmelerin hedef odaklı teknoloji edinimini ve üretimini sağlamak için Endüstri 3.0 teknolojilerini veya yazılımlarını da içerecek şekilde tasarlanması önemlidir.

Araştırma sonuçları aynı zamanda KOBİ'leri Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsemeye yönlendiren en büyük etkenin verimliliği artırmak olduğunu göstermektedir. İşletmeler, Endüstri 4.0 ile ilgili olarak verdikleri cevaplarda, bu dönüşümün verimlilik artışına en fazla katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, en üst sıradaki beklentileri arasında maliyetlerin azalacağı ve kapasitenin artacağı yönündeki beklentiler bulunmaktadır. Bu sonuçlar, Endüstri 4.0 dönüşümünün kaçınılmaz ve işletmelere büyük faydalar sağlayacağını vurgulamaktadır. Bu nedenlerle, Endüstri 4.0 dönüşümü devlet politikaları içinde yer almalı, destekler artırılmalı ve sağlayacağı potansiyel katkılar sürekli vurgulanmalıdır.

Bundan sonraki ileri çalışmalarda imalat sektörü içerisinde sayılmadığı için bu araştırma kapsamına alınmayan ancak ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemede ve ülke ekonomilerinin güçlü kalmasını sağlamada çok önemli role sahip bilgisayar programlama faaliyetleri alanında çalışan, ayrıca yapay zeka teknolojileri üreten veya kullanan KOBİ'leri de içerecek yeni araştırmalar yapılabilir. Benzer araştırmalar yapılırken T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığında işletmelere dair elde edilebilecek bazı sayısal veriler kullanılarak farklı analizler yapılabilir. Buna ilaveten Endüstri 4.0 farkındalığı yüksek olan kurumların herhangi bir KOSGEB, KOBİ-GEL veya TÜBİTAK Ar-Ge desteklerinden yararlanıp yararlanmadığı, işletme çalışanlarının eğitim düzeyi, işverenlerinin Endüstri 4.0 ile ilgisi gibi etkenler dikkate alınarak farklı ilişkiler ortaya konabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Kamil Akpınar, kaynak araştırması, anketin tasarımı, uygulanması, verilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılması, istatistiksel analizlerin yapılmasına; Orhan Dengiz, anket hazırlığı, sonuçların yorumlanması ve makalenin düzenlenmesine; Berna Dengiz, anket hazırlığı, tüm çalışmaların kontrolü, sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması ve makalenin genel tasarımına yönelik katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Aksu, H. (2018). *Dijitopya dijital dönüşüm yolculuk rehberi*. Pusula Yayıncılık.

Aksu, M.V. ve Taslak, S., (2022), Dördüncü sanayi devrimi ve küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin (KOBİ'lerin) dijital dönüşümü, *Yeni Fikir Dergisi*, 14(29), 11-23, doi: <https://10.57205/yenifikirjournal.1211439>

Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30. doi: <https://10.15637/jlecon.129>

Atak, G. (2018). *Impact factors and current issues on technology development for industry 4.0 transformation in technopark companies: the case of Turkey* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/1b1cf693-6d9f-419f-8776-0ae21e46afc4/content>

Belgin, Ö. ve Dengiz, B. (2005). KOBİ'lerde benzetim ile verimlilik artışı: Türkiye ve AB KOBİ'lerinden uygulamalar. 2. *KOBİ'ler ve Verimlilik Kongresi: AB KOBİ'leri ile İşbirliği*, 611-618, İstanbul.

Demir, S., Sarıışık, G. ve Öğütlü, A. S., (2022), KOBİ'lerin endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk seviyesinin belirlenmesi: Şanlıurfa ili örneği, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 14(4), 2938-2955. doi: <https://10.20491/isarder.2022.1543>

Dengiz O. (2017). Endüstri 4.0: Üretimde Kavram ve Algı Devrimi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 15(1): 38-45.

Duman, M., (2021), KOBİ'lerin endüstri 4.0 hazırlık süreci: Bir meta-sentez çalışması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 624-641. doi: <https://doi.org/10.32709/akusosbil.817787>

- EUROSTAT Glossary: High-Tech Classification Of Manufacturing Industries Statistics Explained. (2022). Erişim adresi: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:High-tech_classification_of_manufacturing_industries
- Freeman, C. ve Soete, L. (2003). *Yenilik iktisadı*. TÜBİTAK Yayınları.
- Gür, N., Ünay, S. ve Dilek, Ş. (2018). *Sanayiye yeniden düşünmek küresel teknolojik dönüşümün dünya ve Türkiye ekonomisine yansımaları*. SETA.
- Hirst, P. and Thompson, G. (1997). Globalization in question: the international economy and the possibilities of governance, *Political Science Quarterly*, 112(1), 169-170, <https://doi.org/10.2307/2658191>
- Karabacak, N. ve Aras, N., (2019), KOBİ'lerin malzeme aktarma ve depolama sistemlerine yönelik endüstri 4.0 uygulamalarında karşılaştığı güçlükler ve çözüm önerileri, *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 17(2), 39-45, Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1067299>
- Karadayı Usta, S., (2021), Türkiye’de yürütülen Endüstri 4.0 araştırmaları, *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 839-861. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/67597/935413>
- İç, Y.T. (2022). Orta ve yüksek teknoloji ürünleri üreten imalat sektörlerinin son on yıldaki performansının değerlendirilmesi, *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 20(2): 49-60, <https://doi:10.56193/matim.1094133>
- Ünal, F. (2015). *Büyük veri ve semantik*. Abaküs.
- Pech, M. and Vanecek, D. (2022). Barriers of new technology introduction and disadvantages of industry 4.0 for industrial enterprises, *Serbian Journal of Management*, 17 (1), 197 – 206, doi: <https://10.5937/sjm17-30453>
- Rifkin, J. (2019). *Üçüncü sanayi devrimi yanal güç, enerjiyi, ekonomiyi ve dünyayı nasıl dönüştürüyor*. İletişim.
- Soomro, M.A., Hizam-Hanafiah, M., Abdullah, N.L., Ali, M.H. and Jusoh, M.S. (2021). Industry 4.0 readiness of technology companies: A pilot study from Malaysia. *Administrative Sciences*, 11:56, doi: <https://10.3390/admsci11020056>
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Türkiye'nin Sanayi Devrimi “Dijital Türkiye” Yol Haritası. (2018). Erişim adresi: https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf
- Türkmen, A. ve Yiğitler, H. (2022). Yüksek ve orta teknoloji ihraç ürünlerindeki karşılaştırmalı üstünlük ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, *Journal of Abant Social Sciences*, 22(1), 1–16, doi: <https://10.11616/asbi.1096160>
- Trotta, D. and Garengo, P. (2019). Assessing industry 4.0 maturity: An essential scale for SMEs, *2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management*, 69-74, Cambridge.
- Türkiye İstatistik Kurumu Dış Ticaret İstatistikleri. (2023). Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dis-Ticaret-Istatistikleri-Aralik-2023-49630#:~:text=%C3%96zel%20ticaret%20sistemine%20g%C3%B6re%2C%202023,milyar%20622%20milyon%20dolara%20geriledi.>
- Türkiye İstatistik Kurumu Küçük ve Orta Büyüklükteki Girişim İstatistikleri. (2022). Erişim adresi: [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kucuk-ve-Orta-Buyuklukteki-Girisim-Istatistikleri-2022-49438.](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kucuk-ve-Orta-Buyuklukteki-Girisim-Istatistikleri-2022-49438)
- Yiğitöl, B., Güleş, H.K. ve Sarı, T. (2020). Endüstri 4.0 dönüşüm sürecinde, KOBİ'lerin teknoloji seviyelerinin belirlenmesi: Konya imalat sanayi örneği, *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), 320-332, doi: <https://10.7240/jepps.665375>