

2024 | VOLUME 7 | ISSUE 3

**BUSINESS, ECONOMICS &
MANAGEMENT RESEARCH
JOURNAL**

BEMAREJ

E-ISSN 2651-2610

BEMAREJ

Business, Economics
&
Management Research Journal

E-ISSN 2651-2610

PERIOD Tri-annual

Founded 2018

Volume 7 / Issue 3 / 2024



Online Publication Date: 29 December 2024

Web: www.dergipark.org.tr/bemarej

Volume 7 / Issue 3 / 2024

E-ISSN

2651 – 2610

Founder & Owner

Dr. Engin ÇAKIR
(Aydin Adnan Menderes University)

Editor of the Issue

Dr. Engin ÇAKIR
(Aydin Adnan Menderes University)

Section Editors

Dr. Ayşe Cansu GÖK
KISA
(Hitit University)

Dr. Gökhan
AKEL
(Antalya Belek University)

Dr. Gülşah SEZEN
AKAR
(Aydin Adnan Menderes University)

Dr. Marina Evrim
JOHNSON
(Montclair State University)

Language Editor

Dr. Burcu HİÇYILMAZ
(Aydin Adnan Menderes University)

Secretariat

Dr. İsmail ÖZTANIR
(Aydin Adnan Menderes University)

Dr. Ümit KACIR
(Aydin Adnan Menderes University)

Correspondence

Aydin Adnan Menderes University, Faculty of Economics and Administrative
Sciences, Isabeyli 09860 - Nazilli / AYDIN / TURKEY

E-Mail

bemarej@gmail.com

Web Page

<http://dergipark.org.tr/bemarej>

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

(Ordered by names)

Dr. Adil Baykasoğlu	Dokuz Eylül University
Dr. Ahmet Şeker kaya	İstanbul University
Dr. Ali Ender Altunoğlu	Muğla Sıtkı Koçman University
Dr. Ali Özdemir	Dokuz Eylül University
Dr. Arzu Organ	Pamukkale University
Dr. Aşk iner Güngör	Pamukkale University
Dr. Aykut Hamit Turan	Sakarya University
Dr. Cemal İyem	Aydın Adnan Menderes University
Dr. Erman Coşkun	İzmir Bakırçay University
Dr. Ferhan Çebi	İstanbul Technical University
Dr. Hadi Gökçen	Gazi University
Dr. Hakan Sarıtaş	Pamukkale University
Dr. Hür Bersam Bolat	İstanbul Technical University
Dr. Hüseyin Şenkayas	Aydın Adnan Menderes University
Dr. İbrahim Halil Sugözü	Şırnak University
Dr. İlhan Küçük kaplan	Pamukkale University
Dr. İrfan Ertuğrul	Pamukkale University
Dr. İsmet Ateş	Aydın Adnan Menderes University
Dr. Marina E. Johnson	Montclair State University
Dr. Md Abdul Wadud	University of Rajshahi
Dr. Mehmet Tanyaş	Maltepe University
Dr. Mehpare Timor	İstanbul University
Dr. Muhsin Özdemir	Aydın Adnan Menderes University
Dr. Onur Özveri	Dokuz Eylül University
Dr. Öznur Özdamar Giovanis	İzmir Bakırçay University
Dr. Pınar Süral Özer	Dokuz Eylül University
Dr. Ralf Wagner	University of Kassel
Dr. Sacit Hadi Akdede	İzmir Bakırçay University
Dr. Selçuk Perçin	Karadeniz Technical University
Dr. Serkan Dilek	Kastamonu University
Dr. Süleyman Barutçu	Pamukkale University
Dr. Şevkinaz Gümü şoğ lu	Yaş ar University
Dr. Taylan Ürkmez	SolBridge International School of Business
Dr. Tuncay Ercan Sepetçioğ lu	Aydın Adnan Menderes University
Dr. Türkay Dereli	Gaziantep University
Dr. Veysel Yılmaz	Eskişehir Osmangazi University
Dr. Yetkin Bulut	Ondokuz Mayıs University
Dr. Yusuf Kaderli	Aydın Adnan Menderes University

CONTENTS

Research Articles

Endüstri 4.0'in insan kaynakları yönetimine etkisi: Tekstil sektöründe bir araştırma 157 - 172

Sena Şahin, Öznur Bozkurt

SWOT analysis for smart factories 173 - 192

İsmail Yoşumaz

All author(s) submitted manuscripts are subject to initial appraisal by the section editors to peer review as a double-blind by at least two independent and expert referees. For the article to be published, at least two referees agree on the publication of the work. Referee names are kept strictly confidential.

This journal is a CrossRef member (DOI:10.58308/bemarej)

This journal is available online at <http://www.dergipark.org.tr/bemarej>



Copyright 2024 ©BEMAREJ All rights reserved.

Authors own the copyright to their work published in the journal and their work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

INDEXES (indeksler)

INDEX  COPERNICUS
INTERNATIONAL
[Index Copernicus](#)

 **Scientific Indexing Services**
[Scientific Indexing Service](#)

ROOTINDEXING
JOURNAL ABSTRACTING AND INDEXING SERVICE
[Root Society for Indexing and Impact Factor Service](#)


[Google Scholar](#)

 Academic
Resource
Index
ResearchBib
[Research Bible](#)


[DRJI - Directory of Research Journals Indexing](#)

ESJI Eurasian
Scientific
Journal
Index
[www.ESJIndex.org](#)
[Eurasian Scientific Journal Index](#)


Journal
TOCs
The latest Journal Tables of Contents
[JournalTOCs](#)

Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimine etkisi: Tekstil sektöründe bir araştırma¹Sena Şahin²Öznur Bozkurt³**Özet**


Endüstrideki değişimler işletmecilik anlamında birçok süreci etkilemektedir. Bu süreçlerden biri olan insan kaynakları yönetimi de endüstri devrimlerinin geldiği son nokta olarak tabir edilen Endüstri 4.0'ın etkilediği işletmecilik fonksiyonlarından biridir. Türkiye açısından tam manası ile Endüstri 4.0'a geçişten bahsetmek zor olsa da, bir geçiş sürecinin yaşandığı da görülmektedir. Dijital süreçlerin ve yapay zekanın insan kaynakları yönetimi uygulamalarında yer alması ile işe alımdan, eğitime, performans değerlendirmeden ücretlemeye kadar pek çok süreçte değişimler ortaya çıkacağı da bir gerçektir. Bu çalışma, Endüstri 4.0'ın getirdiği yeniliklerin işletmelerin insan kaynakları yönetimine olan etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda araştırmada, Endüstri 4.0 ile birlikte insan kaynakları yöneticilerinin yürüttükleri faaliyetlerde ortaya çıkan değişimler ve bu değişimlere yönelik insan kaynakları yöneticilerinin olumlu ya da olumsuz algılarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma Düzce ilinde tekstil sektöründe faaliyet gösteren ve büyük işletme statüsüne sahip 11 işletmenin insan kaynakları yöneticileri ile yapılan görüşmelerden elde edilen bulgulara dayalı olarak yürütülmüştür. Nitel verilerin analizinde sıklıkla kullanılan betimsel analiz ile veriler analiz edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimine önemli katkılar sağladığı görülmektedir. Endüstri 4.0 işgücü planlaması süreçlerini kolaylaştırmakta, yetenek geliştirme ve eğitim olanaklarını artırmakta ve işgücü esnekliğini de artırmaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0 iş alanlarının değerlendirilmesi süreçlerini daha verimli hale getirmekte ve insan kaynakları yönetimi süreçlerini daha etkili bir şekilde yönetmeyi sağlamaktadır.


Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, İnsan Kaynakları, İnsan kaynakları 4.0, Düzce Tekstil İşletmeleri**JEL Kodları:** L60, M12, O15**The effect of industry 4.0 on human resources management: A research in the textile industry****Abstract**

Changes in the industry affect many processes in terms of business administration. Human resources management, one of these processes, is one of the business functions affected by Industry 4.0, which is described as the last point of industrial revolutions. Although it is difficult to talk about the transition to Industry 4.0 in Turkey, it is also seen that there is a transition process. It is a fact that with the inclusion of digital processes and artificial intelligence in human resources management practices, changes will occur in many processes from recruitment to training, from performance appraisal to wage management. This study aims to examine the effects of the innovations brought by Industry 4.0 on the human resources management of enterprises. In this context, the study aims to reveal the changes in the activities carried out by human resources managers with Industry 4.0 and the positive or negative perceptions of human resources managers towards these changes. The study was conducted based on the findings obtained from interviews with human resources managers of 11 enterprises operating in the textile sector in Düzce province and having the status of large enterprises. The data were analysed by descriptive analysis, which is frequently used in qualitative data analysis. According to the results obtained in the study, Industry 4.0 makes significant contributions to human resources management. Industry 4.0 facilitates workforce planning processes, increases talent development and training opportunities and increases workforce flexibility. In addition, Industry 4.0 makes the evaluation processes of work areas more efficient and enables more effective management of human resources management processes.

Keywords: Industry 4.0, Human Resources, Human Resources 4.0, Textile Enterprises in Düzce**JEL Codes:** L60, M12, O15

¹ Bu çalışma Prof. Dr. Öznur Bozkurt danışmanlığında yürütülen, Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü öğrencisi Sena Şahine ait olan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Lisansüstü Öğrencisi, Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce, Türkiye, sena_081_sahin@hotmail.com,  ORCID: 0009-0002-5814-8852

³ Sorumlu Yazar, Prof. Dr., Düzce Üniversitesi İşletme Fakültesi, Düzce, Türkiye, oznurbozkurt@duzce.edu.tr,  ORCID: 0000-0002-8846-1850

1. Giriş

2011 yılında ilk kez adı duyulan Endüstri 4.0, birçok yenilikçi uygulama ile yeni bir endüstri yapısı ortaya çıkarmaktadır. Yapay zekanın ve otonom sistemlerin üretim süreçlerine dahil olduğu bu yeni endüstride, yeni üretim tekniklerinin yanı sıra insan gücünün daha etkin alanlarda kullanımına yönelik çalışma modellerinin ortaya çıktığı görülmektedir. Özellikle rutin olan ve insan için tehlike oluşturabilecek alanlarda robotların etkin kullanıldığı görülmektedir. Geleceğin endüstrisinin bugünden çok farklı olacağı da kesindir (Yelkikalan, Kılıç Kırılmaz & Erdan Ayhün, 2021: 652). Endüstri 4.0 insan kaynakları yönetimi ile ilgili süreçlerde inovasyon kapasitesini ve verimliliği artıracaktır. Aynı zamanda yeni istihdam olanakları da ortaya çıkaracaktır. İKY'nin Endüstri 4.0'daki dönüşüm süreci, işgücünün dijital becerilerle donatılmasını, çalışanların sürekli eğitim ve gelişimini, esnek çalışma modellerini ve teknolojiye dayalı yönetim araçlarının kullanımını kapsamaktadır. Bu açıdan işe alım süreçlerinde, dijital yetkinliklere sahip nitelikli işgücünün çekilmesi ve seçilmesi kritik bir önem taşımaktadır (Rana & Sharma, 2019: 177). İKY, bu süreçte fırsatları yakalama ve teknolojik devrime uyum sağlamada oldukça önemli roller üstlenmektedir. Bu değişim sürecinde, klasik İKY uygulamalarının sınırlarının net bir şekilde belirlenmesi ve İKY 4.0'ın neyi değiştirebileceğinin anlaşılması önemlidir (Becker & Stern, 2016: 407). Bu süreçte, İK departmanları, işe alma, eğitim ve geliştirme, yetenek kazanımı, uzaktan çalışma ve çalışan katılımını kolaylaştıran teknolojilere ve sürükleyici araçlara yatırım yapmalıdır. Çalışanların yeni yöntem ve teknolojileri kullanma konusunda eğitilmesi, işletmelerin yeni iş modellerine ayak uydurabilmesi için hayati bir önem taşımaktadır (Hecklaua vd., 2016: 3). Endüstri 4.0 teknolojilerinin insan kaynağı vasıtası ile sanayi performansı üzerinde önemli katkıları olacaktır (Dalenogare vd., 2018: 384).

İnsan kaynakları yönetimi, teknolojideki gelişmelerin etkisi ile ortaya çıkan dijitalleşme sürecinden etkilenmektedir. Dijitalleşen insan kaynakları uygulamaları, insan kaynakları çalışanlarından ve yöneticilerinden beklenen yetkinlikleri de değiştirmektedir (Yalırsu vd., 2024). Endüstri 4.0'ın insan kaynakları üzerinde birçok konuda etkisi vardır. Özellikle siber güvenlik ve veri analizi tüm süreçlerde etkisini göstermektedir (Şentürk & Büber, 2023). İKY'nin dijital dönüşüme uyum sağlamak için dönüşmesi gerekmektedir. İnsan kaynağının teknolojik yenilik odağında gelişiminin sağlanmasının oldukça önemli bir konudur (Asiltürk, 2018). Robotların üretim süreçlerinin her aşamasında kullanılmaya başlaması ile işgücünün işletmedeki konumu değişime uğramıştır. Otomatikleşmiş ve yoğun teknoloji ile çalışan sistemlere uyumlu işgücünün önemi ve önceliği artmıştır (Bozkurt, 2022). Bu değişimlerin çalışanların işini kolaylaştırma bağlamında olumlu etkileri olurken, güvenlik sorunlarının ortaya çıkma potansiyeli ile birlikte olumsuz yansımalarının da olma potansiyeli vardır (Küçük & Çakıcı, 2018).

Bu çalışma Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimi üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ele alarak, insan kaynakları yöneticilerinin değişen rollerine yönelik algılarını belirlemeyi amaçlamaktadır. İş süreçlerinin otomasyonu ve dijitalleşmesi, işgücü becerilerinde ve niteliklerinde önemli dönüşümler gerektirmekte ve İKY'nin bu dönüşümlere uyum sağlaması gerekmektedir. Bu bağlamda, dijital dönüşümün, iş süreçleri, işe alım, eğitim, performans değerlendirme, ücretleme gibi insan kaynakları yönetimi stratejileri üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve işletmelere yol gösterici bilgiler sunulmuştur. Endüstri 4.0 bağlamında ortaya çıkan yeni çalışma modelleri ve yeni üretim süreçleri karşısında mevcut durumu sorgulama, gelecek için planlar yapma ve değişimlere hazırlıklı olmak için Endüstri 4.0'ın etkilerini insan kaynakları yönetimi açısından incelemek ve yöneticilerin algı ve eğilimlerini belirlemek ve de bu bağlamda ortaya çıkan duruma yönelik öneriler sunmak açısından bu çalışma önem taşımaktadır. Endüstri 4.0'ın her endüstride aynı etkiyi yapmasını beklemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Bu nedenle endüstri yapılarına göre ortaya çıkan değişimleri incelemek değişimleri yönetmek açısından önemlidir. Bu çalışmada da odak olarak seçilen tekstil sektörü Türkiye ekonomisinde ihracat değeri açısından önemli paya sahiptir. Bu sektörün gelişimine katkı sunacak her çalışma stratejik açıdan önemli olacaktır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Endüstri 4.0 ve İnsan Kaynakları Yönetimi

Dördüncü sanayi devrimi olarak tanımlanmakta olan Endüstri 4.0, üretimin otomatikleşmesi, siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, bulut bilişim, akıllı fabrikalar, makinadan makinaya iletişim terimleri ile tanımlanmaktadır (Sony & Naik, 2020). Endüstri 4.0 süreci, yoğun dijital teknolojileri kullanmayı ve geleneksel süreçlerin değişimini gerektiren, otomasyona yönelik yeni bir üretim sistemidir (Bozkurt, 2022). Yeni üretim sistemlerinin insan ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanması ve bu aşamada kaynak verimliliğini sağlamaktır (Lasi vd., 2014). İnsan kaynakları yönetimi sadece uygun insan kaynağını bulup seçmenin ötesinde bir fonksiyona sahiptir. İşletmeye yeni yetenekler kazandırmanın yanında aynı zamanda mevcut çalışanların gelişiminin sağlanması görevlerini de üstlenir (Saruhan ve Yıldız, 2021). İnsan kaynakları yönetimi; etkin planlama yapma, ihtiyaç duyulan yetenekleri belirleme, işe alım süreçlerini organize etme, çalışan gelişimi için eğitim programları düzenleme, çalışanların performansını objektif olarak ölçme gibi işletme başarısı için stratejik öneme sahip faaliyetleri yürütmeyi kapsar (Aji vd., 2023)

Teknolojide yaşanan değişim, insan kaynakları yönetimi alanını da hızlı bir şekilde etkisi altına almıştır. Endüstri 4.0 ile birlikte yaşanan teknolojik dönüşüm süreci, insan kaynakları departmanlarında radikal değişimlerin yapılmasını gerekli kılarken, verimliliğinin ve rekabet gücünün sağlanması açısından insan kaynakları yönetimi büyük önem teşkil etmektedir (Armstrong & Taylor, 2014: 5). İşletmelerin en önemli kaynağı sahip oldukları insan gücü ve onun yetenekleridir ve bu açıdan insan kaynaklarının ileri teknoloji uygulamalar ile başarılı olarak yönetilmesi büyük önem teşkil etmektedir (Pfeiffer, 2016). Organizasyonların hedeflerine ulaşma sürecinde çalışanların becerileri, yetenekleri, davranışları ve tutumları üzerinde etkili olan insan kaynakları yönetimi fonksiyonları oldukça önemlidir. Bilgi temelli ekonomilerde rekabet avantajı elde etmek için insan kaynakları yönetimi fonksiyonları büyük önem taşımaktadır ve özellikle inovasyon ve öğrenme alanlarının doğru bir şekilde tasarlanması son derece kritiktir. Kuruluşların Endüstri 4.0 ile olan uyumunun artırılmasında uygun yönetim uygulamaları hayati bir önem taşımaktadır. Uyumsuzluk durumunda işletmeler tarafından yönetim yaklaşımlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir (Shamim vd., 2016: 5312). Aşağıda insan kaynakları yönetimi Endüstri 4.0 kapsamında ele alınmıştır.

2.2. Endüstri 4.0 ve İş Analizi

İş analizi, işin genel durumu, özelliklerini, görevlerini, gerekliliklerini, çalışma koşullarını detaylı olarak incelemektir. Ortamın şartları göz önüne alındığında işlerin nasıl yapıldığından ziyade nasıl yapılacağına ayrıntılı olarak gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır (Bingöl, 2005: 85). Teknolojide yaşanan gelişmeler, işin yapısını değiştirmektedir. Bu değişimler iş analizlerini ve iş analizlerinin yapılaş yöntemlerini de değiştirmektedir. İş analizi süreçlerinde insan-bilgisayar iş birliğinin hakim olduğu yeni bir sistem ortaya çıkmaktadır (Bauer vd., 2015: 422). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte hem işler hem de çalışan yetenekleri çeşitlendi. Bu çeşitlilik, teknoloji ve yetkinlik bazlı iş analizi yöntemlerinin çok daha bütünlük kullanımını gündeme getirdi (Mathis & Jackson, 2010: 127). İş analizlerinin yeni becerileri ve yeni çalışma koşullarının özelliklerini dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Üretim süreçlerinde robotların kullanımının yaygınlaşması ile insan ve robot arasındaki işbirliği iş analiz süreçlerini de dönüştürmektedir. Ayrıca işin oluşturduğu tehlikeli ortamlarda bedensel yeteneklerin yerini alan robotlar çalışma koşullarının iş analizi sürecindeki etkisini de değiştirmiştir. İş analizinde yapay zekanın ve sensörlerin kullanımı anlık veri almada ve değerlendirmede kullanılarak daha doğru ve objektif sonuçlara ulaşmaya kaynaklık edecek. Veriyi elde etmek kadar depolamak ve hızlı bir şekilde ihtiyaç noktalarında kullanmak bulut sistemleri ile kolaylaşacaktır. Beden gücü ile yapılan birçok işin robotlar ile yapıyor olması iş gerekliliklerini değiştirmektedir. Aynı zamanda insan kaynağının iş tanımları da endüstrideki gelişmelere paralel olarak değişmektedir ve yetkinliklere odaklanma ortaya çıkmaktadır.

2.3. Endüstri 4.0 ve İnsan Kaynakları Planlaması

İhtiyaç duyulan sayı ve nitelikte insan gücünün sağlanması, yetiştirilmesi ve geliştirilmesi açısından insan kaynakları yönetiminde planlama oldukça önemlidir (Fındıkçı, 2003: 125-126). Endüstri 4.0'da personel planlaması, işi sadece başaran değil, daha ileriye taşımaya gayret gösteren çalışanların da eğitilmesini ya da bulunmasını gerektirmektedir. Teknoloji yalnızca iş modellerini ve endüstrileri değiştirmekle ve bazen de sekteye uğratmakla kalmıyor, bununla birlikte çalışanların işyerindeki görevlerini de bir başka boyuta taşımaktadır. Baskı altında, iş arayanın becerilerini mevcut işlerle eşleştirmeyi amaçlayan geleneksel insan kaynakları planlama yöntemlerinin artık yeterli olmadığı ortaya çıkmıştır. Çoğu işgücü planlaması, mevcut ve öngörülen rol ve beceri ihtiyaçlarının analizine dayanmakta ve kesintiler arttığında başarısızlık ortaya çıkmaktadır. Süreç, daimî çalışanların, sözleşmeli çalışanların ve akıllı robotlarının esnek bir karışımını gerektirirken, bunların tümü, işin değişen ihtiyaçlarını karşılamak için ihtiyaç duyulduğunda projelerde kullanılabilir (DiClaudio, 2019: 4).

2.4. Endüstri 4.0 ve Seçme-Yerleştirme

Yapılacak görevin gerekliliği olan çalışan sayısının ve niteliğinin sağlanması personel alımı olarak ifade edilmektedir. Seçme ve yerleştirme, gereksinimlerin planlanması, işe alım süreci ve gerektiğinde var olan çalışanların rotasyonu ile işten çıkarılması gibi sayısız alt görevi bünyesinde barındırmaktadır. Teknolojideki değişimlerin etkisi ile insan kaynakları seçim ve yerleştirmesinde, bilgisayarların kullanımı, bulut sistemlerinin kullanımı, video konferans ile ve yapay zeka desteği ile işe alım görüşmelerinin yapılması yeni faaliyetler ortaya çıkmıştır (Taşköprü, 2019: 48-49). İşe alım süreçlerinde açık pozisyonlarda ihtiyaç duyulan yeteneklerin iş gerekleri ile eşleştirilmesi sağlayan büyük veri ve yapay zeka teknolojileri sayesinde, işe alım sürelerinin hızının artması sağlanacaktır. Bunun yanında maliyetlerinde düşmesinin işletme verimliliğe olumlu etkileri olacaktır (Zhang, 2019). Geleneksel olarak yürütülen ve internetin bu kadar yaygın olmadığı dönemlerde iş ilanları çeşitli gazete ve dergilerde duyurulmaktaydı. Günümüz dijital teknolojileri ile internet platformları yaygınlaşmıştır ve işe alım süreçlerindeki tüm faaliyetler online olarak yapılabilir hale gelmiştir. Kağıt üzerinde yapılan kayıtlar dijital ortama aktarılarak verilere erişim bağlamında da kolaylık ve esneklik sağlanmıştır (Holm, 2014).

2.5. Endüstri 4.0 ve Eğitim – Geliştirme

Endüstri 4.0'ın getirdiği değişimler karşısında şirketlerin müşterilerin yeni ihtiyaçlarına ve yeni tip rakiplerine karşı çok duyarlı olmaları gerekmektedir. Çalışanların Endüstri 4.0'ın ihtiyaçlarına ve hızına uygun yeteneklerle donatılması için iş yerinde öğrenmenin ve yenilikçi davranışların destekleneceği gelişim ortamlarının varlığı önemlidir (Shamim vd., 2016: 5310). Endüstri 4.0'ı başarıyla uygulamak için şirketlerin işgücünü yeni yetkinlikleri kazandırmak amaçlı eğitmesi gerekmektedir. Eğitim sistemleri daha geniş beceriler sağlamayı ve gelecekteki bilişim teknolojileri becerileri açığını kapatmayı hedeflemelidir (Lorenz vd., 2015: 4). Yeniliğin teşvik edilmesi, teknoloji alt yapısının güçlendirilmesi ve yeni teknolojilerin benimsenmesinin sağlanması ile bu durumun geliştirilmesi mümkündür (MacDougall, 2014: 20). Eğitim ortamları, öğrenmeyi teşvik edici unsurlarla sanal dünyaya doğru kaymaktadır. Ekip üyelerinin sürekli değişmesi, Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan sanal takımlar ile çalışmayı çok daha anlamlı hale getirmektedir. Eğitim konusunda gereksinim duyulan önemli noktalardan bir diğeri ise insan ve robotların aynı takım içerisinde etkileşimi ve iş birliğidir (Richert vd., 2016: 145). Eğitim ortamlarının fiziki olmaktan çıkması, öğrenenlerin gelişim sağlayacakları alanlarda kendi istedikleri eğitim içeriklerine istedikleri zaman ulaşabilmesi, eğitimin sanal ve simüle edilmiş ortamlarda güvenle gerçekleşebilmesi ve de eğitim etkinliğinin hızlıca değerlendirilebilmesi Endüstri 4.0'ın insan kaynakları eğitim süreçlerinde katkıları arasında yer almaktadır.

2.6. Endüstri 4.0 ve Performans Yönetimi

Performans yönetimi düzenli olarak hedeflerin belirlenmesi, ölçülmesi ve hedeflerle yeteneklerin uyumlu hale getirilmesini gerektirir. Performans değerlendirmesinin amacı, bireysel hedeflere ulaşılmasını sağlayan ve teşvik eden çeşitli destek önlemlerini kullanmak ve bu hedeflere ulaşılıp

ulaşılmadığını eş zamanlı veya düzenli olarak değerlendirmektedir (Bulut, 2004). Endüstri 4.0 sürecinde insan kaynağı hem bireysel amaçlar için hem de örgütsel amaçlar için kendi rol ve sorumluluğunu sorgulamakta ve kendi verimliliğinin işletme verimliliği üzerindeki etkisini artırmak için izlenecek yollara hakim olmaktadır. Bu durum performans yönetiminde amaç odaklı esnek sistemleri gerektirmektedir (Peruzzini & Pellicciari, 2017: 347-348). Performans yönetimi özel yeteneklere odaklanmalı ve bu yetenekleri geliştirmelidir. Çalışanların belli rolleri gerçekleştirebilmesi için teşvik ve ödüller ile motivasyon düzeylerinin yükseltilmesi performansı artırıcı etki yapacaktır. Rekabetçi ücretlendirme, ödüller, teşvikler, iş güvenliği, geniş iş tanımları, kısmi zamanlı çalışma, çalışma ekipleri, çalışan katılımı ve bilgi alışverişi gibi eylemler çalışanların performansının artırılmasında kullanılabilir eylemlerdir (Prieto & Perez Santana, 2014: 187). Endüstri 4.0 döneminde performans hedefleri çalışan katılımı olarak belirlenmekte, sürekli olarak performansın izlenmesi, geliştirilmesi noktasında yapay zeka ve otonom sistemler kullanılmaktadır. Çalışanların performansları ile bilgilerin bulut teknolojileri aracılığı ile depolanması ve paylaşılması ile performans gelişimi daha etkin takip edilebilmektedir.

2.7. Endüstri 4.0 ve Kariyer Yönetimi

Endüstri 4.0'da kariyer yönetimi ile ilgili uygulamalar dijital ortama taşınmakta ve kariyer yönetimindeki sorumluluğun çoğu çalışana doğru kaymakta, bu doğrultuda da kariyerleri için ihtiyaç duydukları konularda eğitimlere katılarak kariyer gelişimlerini sağlamaktadırlar. Ayrıca endüstri 4.0'ın ortaya çıkardığı dijital araçlar ile kariyer planlama ve kariyer gelişim süreçleri işletmelerde kolaylıkla takip edilebilmektedir (Esen, 2011). Endüstri 4.0, çeşitli ve esnek kariyer yollarını çalışanlar için olanaklı kılarak uzun süre işletmede kalmalarını sağlamaktadır. Yapay zeka çalışanların kariyer planlaması yapmasına destek olmaktadır ve performansları ile tutarlı kariyer yolları belirlemelerine yardımcı olmaktadır. Yöneticiler ise çalışanlarına sürekli geri bildirimde bulunarak onların kariyer hedeflerini örgüt bazlı yaparak, bağlılık sağlamalarına katkı sunmaktadırlar (Gündoğmuş vd., 2020). Endüstri 4.0 örgüt yapılarını değiştirdiği için kariyerin yukarı doğru planlanması ortadan kalkmaktadır. Birden fazla alanda yeteneğe sahip çalışanların çoklu kariyer yollarında ilerlemesi söz konusudur. Esnek kariyer anlayışının yaygınlaşması ve kariyerin örgüt ve ülke sınırları dışına taşması eskiye kıyasla çok daha kolay olmaktadır.

2.8. Endüstri 4.0 ve Ücret Yönetimi

Ücretlendirme, ödeme yönetimi, tazminat, ödül yönetimi olarak da bilinen, bir şirkette maaşların kime, neyle, ne zaman ve nasıl ödeneceğine ilişkin politika, yapı, sistem ve uygulamaları kapsar. Çalışanlara kişisel yeterlilik gereklilikleri ve performans katkısı için adil ve motive edici ücretlendirme sağlamayı amaçlamaktadır (Kaymaz, 2010: 12). Ücret yönetim sisteminin çalışanların işe katkısını yansıtması son derece önemlidir. Kişisel, ekip ve organizasyonel performansa dayanarak, çalışanlara çeşitli ödemeler yapılması çalışanın çabasını artırıcı etki yapabilme potansiyeline sahiptir. Performans ve ücret arasındaki bağlantının iyi kurulması, işletmelerde yenilikçiliği ve öğrenme ortamlarını teşvik etmek açısından önemlidir. Değişen endüstri yapıları ücretin belirlenmesinde esas alınan kriterleri de değiştirmektedir. İşletme amaçlarına yapılan katkı dikkate alınarak belirlenen esnek ücret sistemleri, çalışanların her birinin birbirinden farklı ve başarıları bağlamında ücretlendirilmesi durumunu ortaya çıkarmıştır (Shamim vd., 2016). Ücret sistemlerinin oluşumu, yönetimi ve çalışanlara ödemenin yapılma şekilleri değişim geçirmektedir. Çalışanların yetkinlik bazlı ücretlendirilmesi ve ücret belirleme kriterlerinin şeffaflığının sağlanması noktasında piyasa ücret araştırmalarının büyük veri ve bulut sistemlerle kolayca yapılabilmesi, yapay zeka destekli karar destek sistemlerinin varlığı ücret sistemlerinin etkinliğini artırmaktadır.

2.9. Endüstri 4.0 ve İş Sağlığı ve Güvenliği

Endüstri 4.0 iş sağlığı ve güvenliği konusunda özellikle kazaların ve riskli durumların önceden belirlenerek önlem alınması bağlamında katkı sunmaktadır. Çalışma ortamının güvenliğinin sağlanmasında artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve büyük veri teknolojileri kullanılmaktadır. Bu

teknolojiler ortaya çıkması muhtemel tehlikeleri önleme ve ortadan kaldırmada etkili sonuçlar vermektedir (Çelik, 2019). Yeni dijital teknolojilerle birlikte çalışan kaynaklı veya örgüt kaynaklı güvensizlik doğrucu faktörler en aza indirilerek iş kazaları azaltılabilecektir (Kahraman & Özdemir, 2022). Endüstri 4.0 ile birlikte makine kullanımı artacak ve bu da makine kaynaklı iş kazalarını artıracaktır. Bu durum insan kaynakları yöneticilerinin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili önlemlerinin değişimini gerekli kılacaktır. Ofis dışı evden çalışmaların artması ile evden çalışanların ne tür iş sağlığı ve güvenliği ile karşılaşacağı ve bunların nasıl yönetileceği ile ilgili yeni düzenlemelere ihtiyaç vardır (Çelik & Can, 2019). Endüstri 4.0 teknolojileri çalışanların tehlikeli işleri önceden deneyimlemesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca çalışanların maruz kalabileceği bedensel veya ruhsal tehlikelerin ve kazaların önlenmesi ile işletme açısından maliyet oluşturacak veya çalışan hayatı için tehdit oluşturacak durumların bertaraf edilmesi çalışanların bağlılık ve verimliliğini arttıracaktır.

3. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu araştırmanın amacı, Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimi bağlamında yürütülen faaliyetlerde ortaya çıkardığı değişimleri ve insan kaynakları yöneticilerinin Endüstri 4.0 bağlamında ortaya çıkan yeni insan kaynakları yönetimi faaliyetlerine yönelik algılarını analiz etmektir. İnsan kaynakları yönetimi, bu teknolojik dönüşüm sürecinde çalışanların becerilerini geliştirmek, yeni teknolojilere uyum sağlamak ve iş süreçlerini yeniden şekillendirmek gibi önemli sorumluluklar üstlenmektedir. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimi üzerindeki etkilerini anlamak, işletmelerin başarılı bir şekilde dönüşümü yönetmelerine yardımcı olacaktır. Bu bağlamda çalışmada, insan kaynakları yöneticilerinin Endüstri 4.0'ın etkisini olumlu etkileri veya olumsuz etkileri bağlamında nasıl değerlendirdikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ortaya çıkan sonuçların değerlendirilmesi ile insan kaynakları yöneticilerine yönelik ve onların iş süreçlerinde ki etkinliğini artırmalarına yönelik öneriler sunulmuştur.

4. Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada katılımcıların görüşlerini derinlemesine alabilmek ve betimlemeler yapabilmek için nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu şekilde araştırmaya katılanların algıları ve tecrübeleri daha açık bir şekilde ortaya konulabilmektedir. Nitel çalışmanın tercih edilme nedenlerinden biri de araştırma deseninde sağladığı esnekliktir. Katılımcıların deneyimlerini ve algılarını alabilmek için araştırmada olgu bilim deseni kullanılmıştır. Veriler yarı yapılandırılmış mülakat tekniği ile toplanmıştır. Bogdan ve Biklen, (1992)'ye göre görüşme tekniği katılımcıların bakış açılarını, tecrübelerini, duygularını ve aynı zamanda algılarını ortaya koyan güçlü bir yöntemdir. Yarı yapılandırılmış mülakatlar hem süreci yönetme açısından hem de derinlemesine bilgi alma açısından oldukça elverişlidir. Bu nedenle bu çalışmada yarı yapılandırılmış mülakat kullanılması tercih edilmiştir.

Bu çalışmanın birincil verileri, Düzce Organize Sanayi Bölgesi'nde tekstil sektöründe faaliyet gösteren ve Endüstri 4.0 dönüşümünü yapmış veya bu dönüşümü yapmakta olan büyük işletmelerden toplanmıştır. Düzce TSO'ya kayıtlı toplam 91 tane büyük işletme statüsüne sahip tekstil işletmesi mevcuttur. Bu işletmelerden araştırmaya katılmayı kabul eden ve kolayda örneklem ile seçilen 11 insan kaynakları yöneticisi ile mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Cevapların birbirini tekrar etmeye başladığı noktada mülakat durdurulduğu için toplam 11 İnsan kaynakları yöneticisinden elde edilen veriler ile araştırma bulguları oluşturulmuştur. Görüşmeler katılımcılardan izin alınarak ses kayıt cihazı ile kayıt edilmiştir ve daha sonra araştırmacı tarafından dökümü yapılarak ses kayıtları ile dökümün örtüşüp örtüşmediği kontrol edilmiştir. Toplanan veriler betimsel analiz yöntemi ile analiz edilmiştir.

Bu araştırma için Düzce Üniversitesi Etik kurulundan 29.12.2022 tarih ve 2022/461 sayılı kararı ile etik izni alınmıştır.

5. Geçerlilik ve Güvenilirlik

Araştırmada güven vericilik sağlamak ve mülakat sürecini etkin yönetmek için yarı yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılmıştır. Görüşmeyi yapan araştırmacı her bir katılımcı ile onların kendi tercih

ettikleri yerde ve zamanda görüşmeleri yapmıştır. Görüşmede kullanılan mülakat soruları için öncelikle araştırma amacına uygun literatür detaylı taranarak bir soru havuzu oluşturulmuştur. Oluşturulan soru havuzu için sonraki aşamada uzman görüşleri alınmıştır. Konu ile ilgili uzmanlık bilgisine sahip üç akademisyenden ve iki insan kaynakları yöneticisinden alınan görüşler neticesinde mülakat sorularına son şekli verilmiştir. Mülakatlar esnasında araştırmacı tarafından notlar tutulmuştur; ayrıca ses kayıtları için izin alınarak ses kaydı da yapılmıştır. Elde edilen verilerin dökümü yapılarak ses kayıtları ve mülakat notları ile eşleşip eşleşmedikleri ikinci bir göz ile kontrol edilmiştir.

6. Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde 11 katılımcı ile yapılan görüşmelerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Araştırmaya katılan insan kaynakları yöneticileri kodlama kullanılarak K1, K2, K3... şeklinde ifade edilmiştir. Endüstri 4.0 ve insan kaynaklarına yönelik etkilerinin incelendiği bulgular aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmaya Katılanların Demografik Özellikleri

Katılımcı	Eğitimi	Yaşı	Cinsiyeti	Ünvanı	Kurumun Faaliyet Süresi	Şuan ki İş Deneyimi	Toplam Meslek Deneyimi
Katılımcı 1	Üniversite	42	Kadın	İK Müdürü	57	7	24
Katılımcı 2	Üniversite	29	Kadın	İK Müdürü	35	6	6
Katılımcı 3	Üniversite	42	Kadın	İK Müdürü	39	5	16
Katılımcı 4	Üniversite	30	Erkek	İK Müdürü	15	4	8
Katılımcı 5	Üniversite	32	Kadın	İK Müdürü	10	2	7
Katılımcı 6	Üniversite	30	Erkek	İK Müdürü	37	4	6
Katılımcı 7	Üniversite	38	Erkek	İK Müdürü	33	5	10
Katılımcı 8	Üniversite	28	Erkek	İK Müdürü	28	6	8
Katılımcı 9	Üniversite	41	Kadın	İK Müdürü	2	2	12
Katılımcı 10	Üniversite	35	Kadın	İK Müdürü	27	6	13
Katılımcı 11	Üniversite	39	Kadın	İK Müdürü	16	3	9

6.1. Endüstri 4.0 İnsan Kaynakları Yönetimi Üzerine Genel Etkileri

Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimi üzerindeki genel etkileri; yeni iş alanlarının oluşumu, veri analizi ve performans değerlendirme, verimlilik artışı ve iş yükünün azalması, çalışan motivasyonu ve performans artışı, stratejik yönetim ve birimler arası koordinasyon gibi birçok alanda olumlu yönde olmuştur. Bu etkiler, insan kaynakları süreçlerinin daha verimli ve etkili hale gelmesini sağlamaktadır. Çalışmanın bulguları, Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetiminde benimsenmesinin ve yaygınlaştırılmasının önemini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, işletmelerin Endüstri 4.0 teknolojilerini insan kaynakları yönetim süreçlerine entegre etmeleri, rekabet avantajı elde etmeleri ve sürdürülebilirliklerini sağlamaları açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu konuda ortaya çıkan genel görüşlere ek olarak katılımcıların birbirinden farklı görüşleri şu şekilde sıralanabilir;

K1 “İnsan kaynakları departmanında tutulmakta olan oldukça fazla veri bulunmaktadır. (Özlük, eğitim, performans, işe alım) Bu verilerin analizinin doğru bir şekilde yapılması sistemlerin doğru bir şekilde işlemesi ve geliştirilebilmesi için çok önemlidir. Bu yüzden yeni nesil İK organizasyonlarında İK Analisti gibi sadece veri analiziyle ilgilenmesi beklenen pozisyonlar doğmuştur.”

K4 “Endüstri 4.0 ile birlikte bilgiye dayalı yeni insan kaynakları gereksinimleri doğacaktır bilişim otomasyon bilgisayar mekanik elektronik gibi bilgi birikimi gerektiren dallarda insan kaynakları gereksinimi artacaktır.” K6'nın “İnsan Kaynakları Yönetimi'nde bu teknolojiler, işe alım süreçlerinde aday değerlendirmeleri, çalışan eğitimi, performans yönetimi ve iş sağlığı/güvenliği gibi alanlarda kullanılır.”

K7 “Ölçme ve değerlendirmeyi daha objektif yapabilmemizi sağlamaktadır.”

K10 “Çalışanların performanslarını ve gelecekteki potansiyelini analiz ederek gelişim ihtiyaçlarını ve kariyer planlamalarını daha doğru yapmayı sağlamaktadır.

”K11 “Endüstri 4.0 İnsan Kaynakları Yönetiminde veri odaklı karar alma süreçlerini güçlendirirken, otomasyon ve işgücü yönetiminde stratejik yönlendirmeler sağlayarak operasyonel etkinliği artırır.”

6.2. Endüstri 4.0 ve Çalışanların Sahip Olması Gereken Yetkinlikler

Katılımcılar, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşümle birlikte çalışanların dijital becerilere sahip olmasının gerekliliği konusunda ortak bir görüşe sahiptir. Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikler, çalışanların dijital teknolojilere uyum sağlama yeteneklerini artırmış ve veri analizi gibi yetkinliklerin önemini artırmıştır. Bu durum hem beyaz yakalı hem de mavi yakalı çalışanların sürekli olarak dijital becerilerini geliştirmelerini ve yeni teknolojilere hızla adapte olmalarını zorunlu kılmaktadır. Özellikle veri analizi ve teknoloji odaklı çözümler geliştirme yeteneği, çalışanların iş süreçlerinde daha verimli ve etkili olmalarını sağlamaktadır. Kısacası, Endüstri 4.0'ın getirdiği dönüşüm, çalışanlarda esneklik, adaptasyon yeteneği ve sürekli öğrenme becerilerinin gelişimini zorunlu kılmaktadır.

K1 “Çalışanlardan daha fazla esneklik ve adaptasyon yeteneği beklemekteyiz. Bu teknolojik dönüşüm sürecinde, iş yapış şekilleri ve gereksinimler hızla değişebileceği için esneklik önemli bir hal alacak”

K2 “Hem beyaz hem de mavi yakalı çalışanlar, dijital teknolojileri kullanma ve anlama yetkinliklerine sahip olmalıdır”.

K3 “Özellikle beyaz yakalı çalışanlardan talep ettiğimiz yetenek dijital okur -yazarlıktır”.

K5 “Endüstri 4.0, hem beyaz yakalı (yönetici ve profesyonel) hem de mavi yakalı (işçi ve operasyonel) çalışanların sahip olması gereken yetkinlikleri değiştirecektir. Bu değişim, dijital teknolojilere ve otomasyona adapte olabilmek, veri analizi ve teknoloji odaklı çözümleri anlama yeteneği gibi yeni yetkinliklere odaklanacak şekilde olacaktır. İşlerin dijitalleşmesiyle birlikte, çalışanların teknolojiyi kullanabilme yeteneği daha önemli hale gelmiştir.

K11 “İletişim, esneklik ve sürekli öğrenme yetenekleri bu dönemde kritik hale gelmiştir”.

6.3. Endüstri 4.0'ın İnsan Kaynakları Planlamasına Etkisi

Katılımcıların Endüstri 4.0'ın insan kaynakları planlaması üzerindeki etkisine ilişkin görüşleri incelendiğinde, eğitim, yetkinlikler, esnek çalışma ve yetenek haritası konularında olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0 döneminde eğitim artışının sağlanması, işgücü yetkinliklerinde artışın sağlanması, esnek çalışma imkanlarının sunulması ve yetenek haritasının belirlenmesi konularındaki katılımcı görüşleri, işletmelerin değişen iş ortamlarına uyum sağlamaları ve rekabet güçlerini artırmaları için önemli adımlar olarak öne çıkmaktadır. Sürekli olarak işgücü planlaması yaparak çalışanların yeni teknolojilere uyum sağlayabilmesi için eğitim ve gelişim programları düzenlemek, yeni istihdam türleri ve yetkinlikler hakkında bilgi toplamak ve firmaların ihtiyaçları doğrultusunda yetkili kişiler ile istişare etmek, mevcut işgücü yetkinlikleri ile gelecekteki ihtiyaçlar arasındaki farkları analiz ederek beceri eksikliklerini belirleyip eğitim ve gelişim programları ile bu boşlukları kapatmak gibi yaklaşımlar Endüstri 4.0 da insan kaynakları departmanına düşen sorumluluklar arasında yer almaktadır. Geleceğin işgücü ihtiyaçlarını belirlemek, doğru pozisyon tanımlarını yapmak ve dijital yetenek haritaları oluşturmak, işletmelerin başarılı olmaları için kritik öneme sahiptir. Bu yaklaşımlar, işletmelerin değişen işgücü dinamiklerine uyum sağlamalarını ve rekabet avantajı elde etmelerini sağlayabilir.

K3 “İnsan kaynağı planlaması sürecinde işletmenin gelecekte ihtiyaç duyacağı becerileri dikkate almaktayız.”

K6 “Endüstri 4.0 ile gelişen iş alanları ve yetkinlikler için sürekli olarak işgücü planlaması yapmakta ve çalışanların yeni teknolojilere uyum sağlayabilmesi için eğitim ve gelişim programları düzenlemekteyiz.

K10 “Mevcut işgücü yetkinlikleri ile gelecekteki ihtiyaçlar arasındaki farkları sürekli analiz edip, hangi alanda beceri eksiklikleri olduğunu belirlemekteyiz.”

6.4. Endüstri 4.0'ın İşe Alım Süreçlerine Etkisi

Katılımcıların Endüstri 4.0'ın işe alım süreçlerinin etkisine ilişkin görüşleri incelendiğinde; Endüstri 4.0'ın adayların başvuru süreçlerinin online platformlara taşınması ile CV değerlendirmeleri çok daha kısa sürede yapılabilmektedir. Bu süreçlerde yapay zekanın kullanımı hız artışı yanı sıra maliyet tasarrufu da sağlamaktadır. İşe alım süreçlerinin objektifliğine katkı sağlayacak olan Endüstri 4.0 küresel boyutta yeteneklerin keşfedilmesi ve istihdamını artırıcı etki yapmaktadır.

K3 “İşe alım mülakatları dijital ortamda, ülkeler arası koşullarda bile yapılabilmektedir. Bu da doğru adayı bulmada ve takip etmede çok daha geniş bir yelpaze sunmaktadır”.

K4 “Yetenek seçiminde farklı test ve yöntemler geliştirilmesine ihtiyaç duyduk. Uygulamalı ve performansa dayalı testler yapmak şu anda simülasyon teknikleri sayesinde çok daha kolay olmaktadır”.

K5 “İşe alım süreçlerini otomatikleştirme ve veri analizi ile aday seçimini iyileştirdik. Bu da bize etkili işe alım yapmayı sağlamaktadır”.

K10 “Yapay zeka uygulamaları işverenlerin nitelikli adayları daha kolay bulmasını ve işe alım süreçlerinde daha stratejik kararlar alınmasını sağlamaktadır”

6.5. Endüstri 4.0'ın Performans Değerleme Süreçlerine Etkisi

Katılımcıların endüstri 4.0'ın performans değerlendirme süreçlerine etkisine ilişkin görüşleri incelendiğinde; endüstri 4.0'ın performans değerlendirme süreçlerini kolaylaştırılması, veri odaklı ve objektif değerlendirme sağlaması, şeffaflık ve güvenilirlik sağlaması, hızlı ve doğru geri bildirim artışı sağlaması noktasında hem fikir oldukları görülmektedir. Katılımcılar, Endüstri 4.0 teknolojilerinin performans değerlendirme süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Bu teknolojiler sayesinde performans yönetimi daha sistematik ve izlenebilir hale gelmiştir. Özellikle büyük veri analitiği ve otomasyon araçları, yöneticilerin ve İK profesyonellerinin performans verilerini daha verimli bir şekilde yönetmelerine olanak tanımaktadır. Bu durum, performans sistemlerinin daha hızlı ve doğru raporlanmasını sağlamış ve yönetim sürecini basitleştirmiştir. Endüstri 4.0 uygulamalarının getirdiği en büyük yeniliklerden biri, performans değerlendirmelerinde veri odaklı ve objektif ölçümlerin kullanılabilmesidir. Katılımcılar, büyük veri analitiği ve yapay zeka destekli sistemlerin, çalışan performansını daha nesnel ve kesin bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olduğunu vurgulamışlardır. Bu durum, subjektif değerlendirmelerin azalmasına ve çalışanların performanslarının daha adil bir şekilde ölçülmesine katkı sağlamaktadır.

K1 “Endüstri 4.0 ile performans yönetim sistemleri işletmelerin taleplerine göre oluşturulabiliyor. Firmanın temel amaçlarına hizmet eden performans değerlendirme sistemi oluşturulduğunda da geliştirilmiş uygulamamız var ve bu uygulama üzerinden performans takibi yapabiliyoruz”.

K2 “Büyük veri analitiği, çalışanların performansını objektif bir şekilde ölçmeyi sağlamaktadır. Teknoloji araçları, çalışanlarımızın performans değerlendirme sürecine daha fazla katılımını teşvik etmektedir”.

K4 “Performans değerlendirme sonuçlarının daha güvenilir olmasına olanak sağlamıştır”.

K5 “Endüstri 4.0, İnsan Kaynakları Yönetimi'nde performans değerlendirmesine büyük etkiler yapmıştır. Bu teknolojiler, veriye dayalı değerlendirme ve geri bildirim sağlayarak performans yönetimini daha objektif ve etkili hale getirmiştir. Ayrıca gerçek zamanlı veri analizi, performans iyileştirmesi için daha hızlı ve daha doğru kararlar alınmamıza yardımcı olmaktadır”.

K11 “Özellikle geri bildirim süreçlerimizi daha etkin hale getirdi.”

6.6. Endüstri 4.0'ın İnsan Kaynakları Eğitimine Etkisi

Katılımcılar, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşümle birlikte çalışanların dijital becerilere sahip olmasının gerekliliği konusunda ortak bir görüşe sahiptir. Bu dönüşüm, hem beyaz yakalı hem de mavi yakalı çalışanların dijital teknolojileri kullanma yeteneklerini geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Özellikle veri analizi ve teknoloji odaklı çözümler geliştirme yeteneği, çalışanların iş süreçlerinde daha verimli ve etkili olmalarını sağlayacaktır. Endüstri 4.0'ın dijital ve teknolojik yetkinlikler üzerindeki olumlu etkisi, çalışanların sürekli öğrenme ve gelişim çabalarını artırarak, işletmelerin rekabet gücünü

de artıracaktır. İnsan kaynakları eğitimlerinin dijital ortamlara kayması ise birlikte, öğrenenlerin süreçteki sorumluluğu daha da artmıştır. Eğitimin etkinliğinin ölçülmesi ve arzu edilen performans sonuçlarıyla kıyaslanması çok daha kolaylaşmıştır. Zaman ve mekan bağımsız öğrenme ortamları eğitimlerin etkinliğini de artırmaktadır.

K3 “Değişim sürecinin başarısı, teknolojik yeniliklerin benimsenmesiyle sağlanacaktır. Bu ise eğitim içeriklerinin dijital teknolojilere uyumu sağlayacak kapsamda düzenlenmesini gerekli kılmıştır”.

K5” Uzmanlık alanlarına yönelik gelişimleri sağlayacak eğitimleri çalışanlarımıza sunmaktayız ve çalışanlar da bu konuda oldukça yüksek motivasyona sahipler”.

K7 “Dijital yetenek havuzları oluşturmak ve bu yetenek havuzlarının gelişimini sağlamak için eylem planları hazırlamaktayız. “Ayrıca yeni istihdam alanlarını dikkate ala eğitim programları yapmaktayız.

K10 “Eğitim, dijital dönüşüm sürecinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle eğitim yatırımlarını artırmaktayız ve dijital eğitim olanakları sağlama noktasında yatırımlar yapmaktayız. Çalışanların sadece bugünkü yeteneklerini geliştirmek için değil aynı zamanda gelecekte ihtiyaç duyacağımız yeteneklerini geliştirmek için de eğitimle yapmaktayız” .

K11 “İnsan kaynakları yönetimi, Endüstri 4.0'ın getirdiği değişimlere hızla adapte olmalıdır. Bu ise eğitim ile mümkün olacaktır. Hem mavi yakalı hem de beyaz yakalı çalışanlar için dijital okur- yazarlık eğitimleri vermekteyiz”.

6.7. Endüstri 4.0'ın Ücret Sistemine Etkisi

Katılımcıların endüstri 4.0'ın ücret sistemine etkisine ilişkin görüşleri incelendiğinde; endüstri 4.0'ın veri odaklı ve objektif ücret sistemleri sağlama, adil ve motive edici ücret politikaları oluşturma, ücret artışı ve maliyet yönetiminde etkinlik sağlama, uzmanlık ve beceriye dayalı ücretlendirme noktalarında olumlu olarak etki ettiği düşünülmektedirler. İş değerlendirme süreçlerinin etkinliği sayesinde işe en uygun ücret sistemini geliştirmek mümkün olmaktadır. Teknolojik yeniliklerin getirdiği imkanlar sayesinde maliyet yönetimi daha etkin bir şekilde yapılabilir hale gelmekte ve bu da sürdürülebilir ücret artışlarına olanak tanımaktadır. Teknolojik yeniliklerin sağladığı veri analizi imkanları sayesinde çalışanların performansı daha net bir şekilde değerlendirilebilmekte ve bu da adil ücretlendirme politikalarının uygulanmasını desteklemektedir.

K2 “Endüstri 4.0 teknolojileri çalışanlarımızın performansını daha doğru ölçmek mümkün olmaktadır ve bu sayede de ücret sistemleri veri odaklı ve objektif olarak oluşturulabilmektedir”.

K3 “Adil ücret politikaları, çalışanların motivasyonunu artırıyor ve performanslarını olumlu yönde etkiliyor”.

K5 “Endüstri 4.0, uzmanlık ve becerilere dayalı ücretlendirme sistemlerini geliştirmemizde oldukça iyi bir destekleyici oldu”.

K8 “Endüstri 4.0 teknolojileri, maliyet yönetiminde daha etkili olmamızı sağlıyor ve bu da ücret artışlarını daha sürdürülebilir hale getiriyor”.

K10 “Teknolojik yenilikler, çalışanların uzmanlık ve becerilerini değerlendirerek onlara uygun ücretler belirlememizi sağlıyor”.

7. Sonuç

Sürekli değişen ve dönüşen endüstrilerde işletmelerin yeniliklere uyum süreçleri, yönetim stratejilerinde belirleyici rol oynamaktadır. Son yıllarda hükümet politikaları içinde de yer almaya başlayan Endüstri 4.0 gerçeği işletmeleri, işletme çalışanlarını, tüketicileri ve toplumun diğer kesimini bir şekilde etkilemeye başlamıştır. Endüstri yapıları kadar bu yapılardaki çalışma şekilleri de değişim sürecine girmiştir. Bazı işlerin ortadan kalkmaya başladığı bu dönemde yeni işler ve bu işleri yapan yeni çalışan profilleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle insan kaynakları süreçleri işletmelerdeki değişimlerin lokomotifi olarak çok daha stratejik bir rol oynamaya başlamıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin insan kaynakları süreçlerine entegrasyonu ile işletmeler rekabet gücünü artırmak için daha fazla güce sahip olmaya başlamıştır. Bu bağlamda, büyük veri analitiği, yapay zeka ve otomasyon teknolojilerinin işe alım,

performans yönetimi ve yetenek yönetimi süreçlerine entegrasyonu ile insan kaynakları yönetimi süreçlerinin verimliliği artmaktadır. Yapay zekanın ve otomasyon sistemlerinin iş süreçlerinde kullanımı ile yeni iş alanlarının oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetim süreçlerindeki etkileri incelenmiştir. İnsan kaynakları planlamasından performans yönetimine ve ücret sistemlerinden insan kaynakları eğitim süreçlerine kadar birçok insan kaynakları yönetim faaliyeti tekstil işletmeleri bağlamında değerlendirilmiş ve bu işletmelerdeki insan kaynakları yöneticilerinin Endüstri 4.0'a yönelik algıları ile insan kaynakları bağlamında yürüttükleri faaliyetlerde ortaya çıkan değişimler ele alınmıştır. İnsan kaynakları yöneticilerinin Endüstri 4.0'a yönelik olumlu ve olumsuz algıları değerlendirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre Endüstri 4.0'ın etkileri araştırmaya katılan sektörde hissedilmektedir ve bu kapsamda işletmelerde yeniliklere uyum süreçleri yürütülmektedir. Üretim süreçlerinde ortaya çıkan değişimler insan kaynakları politikalarını da değişime doğru yönlendirmiştir. Endüstri 4.0'ın otomasyonu önceliğe almasının insana olan ihtiyacı ortadan kaldırmayacağına yönelik bir görüş olduğu ve yeniliklerin insan kaynağı odağında ve insan kaynağının desteği ile yapılabileceği fikrinin araştırmaya katılanlarda hakim olduğu görülmüştür. Özellikle işe alım, performans yönetimi ve yetenek yönetimi süreçlerinde, Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletmelerin daha doğru ve hızlı kararlar almasına olanak tanıdığı görülmektedir. Alcácer ve Cruz-machado (2019)'un araştırmasına göre Endüstri 4.0, çevikliği, esnekliği, karar verme etkinliğini, birlikte çalışmayı ve çalışanların yeteneklerinin gelişimi desteklemektedir. Katılımcılar, insan kaynağı ile ilgili alınacak kararlarda daha objektif ve veriye dayalı karar almayı sağlayan Endüstri 4.0 araçları sayesinde daha doğru ve hızlı kararlar aldıklarını ifade etmişlerdir. Kişi ve Özer (2024: 38) yaptığı çalışmada, Endüstri 4.0'ın sağladığı doğruluk ve etkinlik ile işletmelerin en uygun adayları seçmelerinin ve işe alım süreçlerini hızlandırmalarının mümkün olduğunu ifade etmişlerdir. Büyük veri analitiği ile adayların yetkinlikleri, performans geçmişleri ve potansiyelleri daha iyi değerlendirilebilir. Bu da doğru adayların seçilmesine ve işe alım sürecinin hızlanmasına yol açar. İşe alım süreçlerinde büyük veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojilerin kullanımı, aday değerlendirmelerinde doğruluk ve etkinlik sağlamaktadır. Kara ve Bazancir (2023: 793)'a göre yapay zeka tabanlı araçlar, aday seçim sürecini otomatikleştirerek zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. İşe alım süreçlerinde teknolojik entegrasyon, doğru adayların seçilmesine ve işe alım sürecinin hızlanmasına katkı sağlar. Karaboğa (2020: 4)'ün yaptığı araştırmanın sonuçlarına göre ise, işe alım süreçlerinde yapay zekadan sadece yardımcı unsur olarak yararlandığı, işletmelerin işe alım süreçlerinde yapay zekaya pek güvenmediği, bu nedenle kullanmadığı veya kısmen kullandığı tespit edilmiştir.

Performans yönetimi süreçlerinde büyük veri analitiği ve yapay zekanın önemli roller oynamakta olduğunu ifade eden katılımcılar, performans değerlendirme sürecinde özellikle objektifliğin sağlanması ve performans sonuçlarına göre eğitim programlarının düzenlenmesi için endüstri 4.0 araçlarını kullanmakta olduklarını bildirmişlerdir. Gümüş (2023)'ün çalışmasında, çalışanların gelişim alanlarının belirlenmesinde ve uygun geri bildirimlerin verilmesinde endüstri 4.0'ın etkili rol oynadığı belirtilmektedir. Çalışanların yeniliklere hazırlanması sürecinde ve performanslarının artırılması ile ilgili süreçlerde Endüstri 4.0 teknolojilerinden yararlanmak doğru karar vermek ve doğru yetenek geliştirme programları tasarlamak için oldukça elverişli araçlar sunmaktadır. Bu durum ise kaynak verimliliğini sağlamakta ve çalışan performansından işletme performansına doğru tüm süreçlerde etkinliği getirmektedir.

Katılımcılar, Endüstri 4.0'ın ücretlendirme sistemleri üzerinde de etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Dijital ve teknolojik yetkinliklere sahip çalışanların ücretlendirilmesinde daha adil ve şeffaf sistemlerin oluşturulduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, performans verilerine dayalı ücret sistemleri, çalışanların motivasyonunu artırmaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0 teknolojilerinin ücret sistemlerinde şeffaflığı artırdığını ifade etmektedirler. Ayrıca, katılımcılar, Endüstri 4.0'ın dijital ve teknolojik yetkinliklerin çalışanların dijital teknolojileri kullanabilme ve verileri analiz edebilmesine genel olarak olumlu etkiler yaptığı konusunda hemfikirdir. Topçu ve Güngör (2017) yaptığı çalışmada, Endüstri 4.0'ın çalışan yetkinliklerini dijital ve teknolojik becerilere odaklanarak değiştirdiğini belirtmektedir. Bu durum ise performans ve ücret sistemlerini etkilemektedir. Görüldüğü üzere Endüstri 4.0 ile ücret konusunda

objektif ve veriye dayalı kararlar alındığından, çalışanların yönetime karşı ücret konusunda güvensiz bakış açıları kırılabilir. Şeffaflık sağlama noktasındaki olumlu etkiler ile birlikte aynı zamanda iç paydaşlara yönelik sorumlu davranışlar ve hatta sosyal sorumlu insan kaynakları uygulamalarının etkinliğinin artacağını söylemek mümkündür.

Katılımcılar, Endüstri 4.0 teknolojilerine daha fazla yatırım yapması ve bu teknolojileri insan kaynakları yönetimi süreçlerine entegre etmesi gerektiğini ifade etmiştir. Özellikle, yeni teknolojilerin kullanımıyla birlikte işletmelerin daha verimli ve etkin hale gelmesi beklenmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin insan kaynakları yönetimindeki etkileri, işletmelerin rekabet gücünü artırma, verimliliği sağlama ve süreçleri optimize etme açısından büyük önem taşımaktadır. İşletmelerin, teknolojik entegrasyonu ve dijitalleşmeyi destekleyici politikalar oluşturarak, çalışanların bu dönüşüme uyum sağlamalarını kolaylaştırmaları gerekmektedir. Çalışanların dijital becerilerini geliştirmelerine ve yeni teknolojilere uyum sağlamalarına yardımcı olacak sürekli eğitim ve gelişim programları oluşturulmalıdır. Bu durum, çalışanların motivasyonunu ve verimliliğini artırırken, işletmelerin teknolojik gelişmelere daha hızlı adapte olmalarını sağlar. Gürbüz (2024: 216)'ya göre gelişen teknolojilere adapte olabilmek için işletmelerin çalışanlarını sürekli eğitime tabi tutmaya ihtiyaçları vardır; çünkü başarılı sonuçlar almanın üzerindeki en büyük etkilerden biri eğitimidir. Akıncı ve Kahraman (2024)'e göre Endüstri 4.0 ile birlikte istihdam biçimleri değişmekte ve yeni istihdam alanları ortaya çıkmaktadır. Bu durum hem ekonomik hem de toplumsal etkileri bağlamında üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu şekilde muhtemel tehditlerin önlenmesi ve olumlu etkilerinin de çok daha hızlı ortaya konulması sağlanacaktır. Yapay zeka üretim hatalarını azaltarak maliyet avantajı sağlayabilmektedir.

Eğitim çalışanın benlik saygısını artırmak, maliyeti düşürmek, daha iyi ürün ve hizmet kalitesi, daha yüksek çalışan memnuniyeti, yeni teknolojiyi kullanmak, bir hedef pazarın ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla yeteneği elde tutmak ve geliştirmek, ekip çalışmasını geliştirmek, daha fazla iş doyumunu sağlamak ve örgüte olan bağlılığı arttırmak gibi sonuçlar doğurmaktadır (Chiang vd., 2005; aktaran; Subaşı & Erdoğan, 2023: 3). Endüstri 4.0 süreçlerinin insan kaynakları eğitimine olan etkilerine bakıldığında, dijital platformlara taşınan eğitimlerin öğrenme etkinliğini artırmakta olduğu, eğitim ihtiyaçlarının anlık takip edilebilmesi sayesinde eğitim maliyetlerinin kontrolünün sağlanabildiği ve en önemlisi ise öğrenenlerin öğrenme sorumluluğunu daha fazla üstlenmesi ise doğru gelişim alanlarında motive bir şekilde öğrenmenin gerçekleşmesinin mümkün olmasıdır. Kişiselleştirilmiş öğrenme ortamları, bu ortamlarda kullanılan yapay zeka odaklı yazılımlar ve artırılmış gerçeklik uygulamaları eğitimin verimliliğini artırmaktadır.

Sonuç olarak, büyük veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojilerin işe alım süreçlerinde doğruluk ve etkinlik sağladığı, performans yönetimi ve yetenek geliştirme süreçlerinde objektif değerlendirmelere imkan tanıdığı görülmektedir. Çalışanların dijital becerilerini geliştirmelerine yönelik sürekli eğitim ve gelişim programlarının oluşturulması, çalışan motivasyonunu ve verimliliğini artırırken, işletmelerin teknolojik gelişmelere daha hızlı adapte olmalarını sağlamaktadır. Bu doğrultuda, Endüstri 4.0 teknolojilerinin insan kaynakları yönetiminde daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması için işletmelerin stratejik adımlar atması ve çalışanların bu dönüşüme uyum sağlamaları için destekleyici politikaları oluşturması gerekmektedir. Teknolojik fırsatları en iyi şekilde değerlendirirken insan faktörünü göz ardı etmemek, işletmelerin başarısını artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Teknolojiye yatırım yapmak tek başına işletme başarısını getirmede yeterli olmayacaktır. Çalışanların hem o teknolojiyi kabul etmesi hem de teknolojiye uyum sağlaması gerekmektedir. Aksi halde değişimlere direnç oluşması veya teknolojik değişimlere bağlı olarak yetersizlik hissi ile teknolojik stres oluşması muhtemeldir. Kateroğlu (2022)'ye göre de Endüstri 4.0 teknolojilerinin varlığı tek başına başarıda etkili değildir. Asıl önemli olan bu teknolojileri kullanabilecek kabiliyette olmaktır. Bu nedenle çalışanların teknoloji ile uyumlu yetenek geliştirmesi önemlidir. Endüstri 4.0' teknolojileri çalışanların yeteneklerini geliştirmeleri için oldukça fazla imkan sunmaktadır. Bu kapsamda kendi öğrenme ve gelişim sorumluluğunu üstlenmiş, yeteneklerini geliştirmiş çalışanların işletmeler tarafından istihdam edilme potansiyelleri yüksek olacaktır. Diğer taraftan yetenekli çalışanlar tarafından tercih edilecek işletmeler de çalışanlara gelişim fırsatları sunan ve katılımcı yönetim anlayışını benimsemiş işletmeler olacaktır. Endüstri 4.0 ile hem endüstri yapıları, hem bu yapılardaki işletmeler hem de bu işletmelerdeki çalışanlar

yeni bir sürece girmiştir. Bu nedenle Endüstri 4.0'ın etkilerini ele alacak çalışmalar bu dönüşüm süreci için oldukça önemli katkılar sunacaktır. Endüstri 4.0'ın insan kaynakları bağlamındaki etkilerinin daha derinlemesine ve her bir insan kaynakları yönetimi fonksiyonu açısından ele alınmasına yönelik çalışmalar yapılabilir. Bunun dışında örgüt yapıları, kültür, rekabet yapısı, örgüt stratejileri gibi konularla Endüstri 4.0'ın ilişkilendirildiği çalışmaların yapılması da önerilir.

Kaynakça

- Akıncı, H., & Kahraman, Ü. G. (2024). Endüstri 4.0: Yönetim bilişim sistemleri bakış açısıyla değerlendirme. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(1), 76-99.
- Aji, L. J., Anshori, M. I., Ludin, I., Muhammad, I., Hartini, H., & Ugli, Y. (2023). Human resource management research in the last 5 years from the scopus database: A bibliometric review. *Journal of Economic Global*, 1(1), 21-29.
- Alcácer, V., & Cruz-machado, V. (2019). Engineering science and technology, an international journal scanning the Industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3).
- Armstrong, M., & Taylor, S. (2014). *Armstrong's handbook of human resource management practice*. 13th Edition, Kogan Page Ltd
- Asiltürk, A. (2018). İnsan kaynakları yönetiminin geleceği: İK 4.0. *Journal of Awareness*, 3(5), 527-544.
- Bauer, W., Hammerle, M., Schlund, S., & Vocke, C. (2015). Transforming to a hyperconnected society and economy towards an "Industry 4.0". *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences*, 417-424.
- Becker, T., & Stern, H. (2016). Future trends in human work area design for cyber-physical production systems, *Procedia CIRP*, 57, 404-409.
- Bingöl, D. (2005). *İnsan kaynakları yönetimi*. Beta Basım Yayım.
- Bulut, Z. A. (2004). İşletmelerde performans değerlendirme çalışmaları ve uygulanan yöntemler. *Mevzuat Dergisi*, 7(9), 1-14
- Bozkurt, Ö. (2022). Endüstri 4.0 bağlamında girişimcilik 4.0 ve başarı faktörleri: Bir model önerisi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 24(42), 223-240.
- Çelik, N. (2019). *Sanayinin geleceği endüstri 4.0 ve iş sağlığı ve güvenliği*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
- Çelik, N., & Can, E. (2019). Endüstri 4.0 sisteminde iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi muhtemel problemleri ve çözüm önerileri. *OHS ACADEMY*, 2(3), 119-126.
- DiClaudio, M. (2019). People analytics and the rise of HR: how data, analytics and emerging technology can transform human resources (HR) into a profit center. *Strategic HR Review*, 18(2), 42-46, <https://doi.org/10.1108/SHR-11-2018-0096>
- Esen, M., (2011). *Bireysel ve kurumsal hazır oluşun teknoloji kabulüne etkisi, elektronik insan kaynakları yönetimi (E-İKY) alanında ampirik bir araştırma* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli
- Fındıkçı, İ. (2018). *İnsan kaynakları yönetimi* (9.Baskı). Alfa Yayıncılık.
- Gümüş, G. H. (2023). İşletme performansı ve endüstri 4.0 teknolojileri ilişkisi: Teorik bir analiz. *İşletme ve Girişimcilik Araştırmaları Dergisi*, 2023(3), 1-14.

- Gündoğmuş, E., Yıldız, F. Z., Atalay, E., & Aydın, B. Y. (2020). Yapay zeka ve insan kaynakları yönetiminin geleceği. *19. Uluslararası İşletmecilik Kongresi*. 23-25 Eylül, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Gürbüz, C. (2024). Mesleki ve teknik eğitim beceri sistemlerinin dijitalleşmesi. *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi*, 15(29), 200-222.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1-6.
- Holm, A. B. (2014). Institutional context and e-recruitment practices of Danish organizations. *Employee Relations*, 36(4), 432 – 455.
- Kahraman, Z., & Özdemir, Y. K. (2022). Dijitalleşmenin iş sağlığı ve güvenliğine entegrasyonu ve uygulanabilirliği. *OHS ACADEMY*, 5(3), 208-221.
- Kara, A., & Bazancir, R. (2023). *Sosyal, insan ve idari bilimlerde öncü ve çağdaş çalışmalar*. Duvar Yayınları.
- Karaboğa, U. (2020). *İşe alım süreçlerinde yapay zeka teknolojilerinin kullanımı*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- Kateroğlu, E. (2022). *Endüstri 4.0 ve enerji dönüşümü: Türkiye'de güneş enerjisi teknolojilerinden elektrik üretimi potansiyelinin değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara.
- Kaymaz, K. (2010). Kazanç paylaşım planları. *Verimlilik Dergisi*, (1), 1-15.
- Kişi, N., & Özer, M. A. (2024). İnsan kaynakları yönetiminde yapay zekâ teknolojisinin benimsenmesi üzerine güç alanı analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(Özel Sayı), 35-52.
- Küçük, Ö., & Çakıcı, A. (2018). İşyeri kabalığının öznel iyi oluş haline etkisi. *İş ve İnsan*, 5(1), 75-87.
- Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242.
- Lorenz, M., Rübmann, M., Lasse, K., Lueth, K., & Bolle, M. (2015). *Man and machine in Industry 4.0*. The Boston Consulting Group.
- MacDougall, W. (2014). *Industry 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Germany Trade and Invest.
- Mathis, R., & Jackson, J. (2010). *Human resources management* (Thirteenth Edition). South-Western Cengage Learning.
- Peruzzini, M., & Pellicciari, M. (2017). A framework to design a human-centred adaptive manufacturing system for aging workers. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 330-349.
- Pfeiffer, S. (2016). Robots, Industry 4.0 and humans, or why assembly work is more than routine work. *Societies*, 6(2), 16.
- Prieto, I. M., & Pérez-Santana, M.P. (2014). Managing innovative work behavior: The role of human resource practices. *Personnel Review*, 43, 184-208.
- Rana, G., & Sharma, R. (2019). Emerging human resource management practices in Industry 4.0, *Strategic HR Review*, 18(4), 176-181.
- Richert, A. S., Shehadeh, M., Plumanns, L., & Groß, K. (2016). Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age, *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2016, 142-149.

- Shamim, S., Cang, Yu, H., & Li, Y. (2016). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 5309-5316.
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: A review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31(10), 799-815.
- Subaşı, S., & Erdoğan, N. (2023). Örgütlerde eğitim ve geliştirmenin performansa etkisi ve yönetici desteğinin rolüne yönelik literatür incelemesi. *Akademik Platform Eğitim ve Değişim Dergisi*, 6(1), 1-20.
- Şentürk, G., & Büber, H. (2023). Endüstriyel değişim sürecinin insan kaynakları yönetimi uygulamalarına etkisi üzerine nitel bir çalışma, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 66, 65-74.
- Taşköprü, S. (2019). *Endüstri 4.0'in insan kaynakları yönetimi uygulamalarına etkisi üzerine bir araştırma*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü. Sakarya
- Topçu, İ., & Güngör, İ. (2017). Endüstri 4.0 ve çalışanların yetkinliklerine etkileri. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 2123-2139.
- Yalır, H. Y., Ulukaya, H., Gök, S., & Başaran, A. (2024). Dijitalleşmenin etkisinde insan kaynakları uygulamaları, çalışanların yetkinlikleri ve iyi oluş halleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 15(42), 624-646.
- Yelkikalan, N., Kılıç Kırılmaz, S., & Erden Ayhün, S. (2021). İşletme yöneticilerinin endüstri 4.0 ve insan kaynakları yönetimi algılarının belirlenmesine yönelik bir araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 651-666.
- Zhang, H. (2019). Reflections on the innovation of human resources management in the era of big data. *8th International Conference on Education and Management (ICEM 2018)*

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazarlar beyan eder.

Kurul adı: Düzce Üniversitesi Etik Kurulu

Tarih: 29.12.2022

No: 2022/461

ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

1. yazar katkı oranı: %50

2. yazar katkı oranı: %50

SWOT analysis for smart factories

İsmail Yoşumaz¹

Abstract

The third industrial revolution introduced automation technology to factories. Thanks to this technology, the process of automation of repetitive processes in factories began. This process is unidirectional and can be expressed as the implementation of human commands by the machines (robots, conveyors and other machines) in the factory without any modification. With the Fourth Industrial Revolution, machine and human collaboration has gained importance and the concept of smart factory has come to the fore. Smart factories have both advantages and weaknesses, opportunities and threats.

This study aims to examine the advantages and opportunities, weaknesses and threats that the smart factory infrastructure can provide to businesses by using the SWOT analysis method. In this context, document analysis, one of the qualitative analysis techniques, was used in the study. The study sample consists of all documents in the references section. The snowball method was used in sample selection. As a result of the study, it was seen that the smart factory infrastructure provides great advantages to businesses. However, it is concluded that cyber security threats and unqualified employees are among the issues that need to be emphasised by businesses.

Keywords: Digital Transformation, Knowledge Management, Smart Factories, Technology and Innovation Management


JEL Codes: M10, M15, M19, O39

1. Introduction

Although the smart factory concept conjures up images of technological objects such as autonomous machines, robots and digital displays, these technologies predate the smart factory concept. At the core of smart factories is the data-knowledge cycle. The data-knowledge cycle is the process of analysing the data obtained from the smart factory components and transforming it into knowledge, and sharing the transformed knowledge with the smart factory components so that the smart factory process can be maintained efficiently.

Knowledge has always had an essential place in the lives of human beings. With the development of technology, the importance of knowledge has not changed, but the methods of acquiring (Nowacki & Bachnik, 2016), sharing (Santoro et al., 2018) and producing new knowledge from knowledge have changed. Those who use these methods have the power of knowledge. To acquire knowledge in smart factory infrastructures, data, which is the building block of knowledge, is collected from elements such as machinery, equipment and people (Chen et al., 2017), through advanced sensors, internet and wireless communication infrastructure, and mobile technologies (such as 4G, 5G) (Xu et al., 2021; Shi et al., 2020). From the collected data, artificial intelligence and different software technologies are used to extract the necessary knowledge to maintain the smart factory infrastructure. This process, from data to knowledge, constitutes the data-knowledge cycle (Grabowska, 2020; Padovano et al., 2018; Resman, Turk & Herakovic, 2020; McLaughlin, 2020). Business functions such as production, marketing and logistics, which are subject to the data-knowledge cycle, have started to be called smart production, smart marketing and smart logistics.

The inclusion of automation technologies in factories has started the era of unidirectional automatisisation in factories. Unidirectional automatisisation can be expressed as the implementation of commands given by humans in automation systems by machines (robots, conveyors and other machines) in the factory without any modification. Thanks to the discovery of the Internet, advances in communication

¹ Corresponding author, Assistant Prof. Dr., Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye, ismaily@dpu.edu.tr,  ORCID: 0000-0002-2287-4994

Geliş Tarihi (Received): 14.10.2024

Kabul Tarihi (Acceptance): 29.12.2024

Yayın Tarihi (Published): 29.12.2024

technologies and ever-evolving technology, the first signs of a new revolution in industry have emerged. The new revolution, dubbed Industry 4.0 in 2011, introduced the concept of bi-directional automatisisation in factories by leveraging the data-knowledge cycle. Bi-directional automatisisation is the realisation of machine-machine, machine-employee and employee-employee collaboration with the help of technological innovations within the scope of the data-knowledge cycle. In this way, the concept of the smart factory has emerged (Xiong et al., 2023; Ling et al., 2020; Soetanto et al., 2015; Liu et al., 2022).

In the literature on smart factories, there is only one study on the Sri Lanka industry within the scope of SWOT analysis. This study examined strengths, weaknesses, opportunities and threats related to the transition of small and medium-sized businesses to smart factory infrastructure within the Sri Lankan industry (Leem and Lee, 2018). However, there is no SWOT analysis in general within the scope of smart factories. Within the scope of this study, smart factories will be analysed in terms of knowledge management. In addition, a SWOT analysis will be conducted to evaluate smart factories' strengths, weaknesses, opportunities, and threats. Document analysis, one of the qualitative analysis methods, was used in the study. Document analysis was chosen as the data collection method. The study sample consists of all documents specified in the references section of the study. The sample of the study was determined by the snowball method.

2. Smart Factory Concept

The foundation of smart factories is based on the sciences of cybernetics and electronics, first introduced by Al-Jazari, a Muslim Turkish scientist from Artuqid, who lived about 900 years ago. Cybernetics is the science of communication, control, balance and adjustment. In light of this science, automation systems, artificial intelligence, electronic brains, and systems have emerged. A robot that could move and perform some movements on its own, unprecedented in the history of the world until that day, was given to the Artuqid ruler Mahmud bin Mehmed by Al-Jazari. Al-Jazari's discoveries were collected in his work *Kitâb-ül-Hiyel* (The Book of Devices) (Külcü, 2015; Türkiye Newspaper Encyclopedia Group, 2005).

A smart factory can be defined as a collection of interconnected machines, devices, production systems (Chen et al., 2017), employees, in-plant departments, suppliers (in short, all objects) (Schniederjans, Curado & Khalajhedayati, 2020), and their representations in cyberspace (Shi et al., 2020) that use the latest technologies to collect continuously (Nowacki & Bachnik, 2016) and share (Santoro et al., 2018) data. In this context, smart factories transform the data acquired from processes such as production, marketing, sales, finance, accounting, human resources, and supply chain into knowledge (Osterrieder, Budde & Friedli, 2020). This enables collaboration between the factory's internal environment (such as employees, machinery and equipment, and in-plant departments) and its external environment (such as suppliers, customers, and government) (Fakhar Manesh et al., 2021). The collaboration in the internal environment of the factory is called vertical integration, while the collaboration in the external environment is called horizontal integration. The resulting structure of smart factories is a factory infrastructure with complete vertical and horizontal integration (Burke et al., 2017). However, since horizontal integration is dependent on the external environment of the smart factory, horizontal integration may be the most challenging process to complete in the smart factory process. Horizontal integration helps the emergence of new value networks and, accordingly, new business models (Wang et al., 2016).

A smart factory structure within the scope of horizontal and vertical integration is depicted in Figure 1.

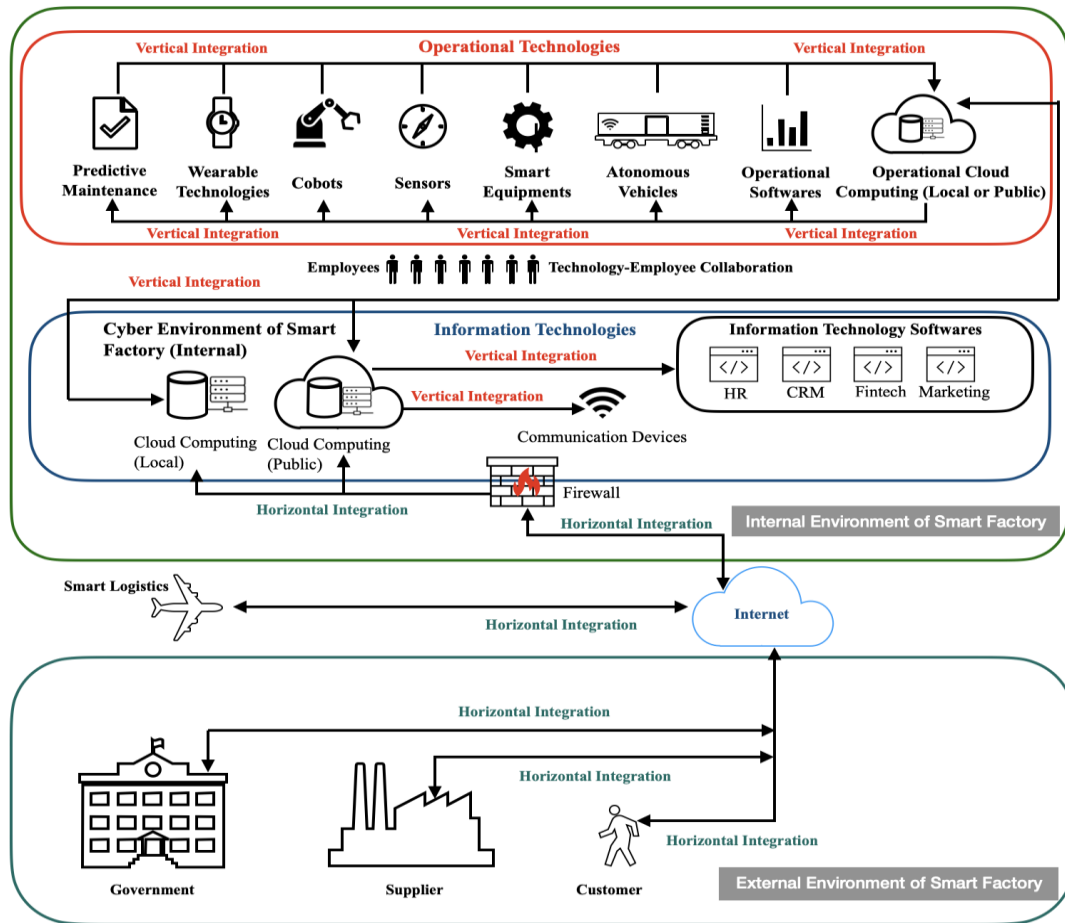


Figure 1. Smart factory infrastructure within the scope of horizontal and vertical integration (Source: Yoşumaz, 2024)

Six components are needed to achieve horizontal and vertical integration in smart factories. If the smart factory infrastructure is compared to an atom, the atom's core is the data-knowledge cycle component. The other components around the nucleus fulfil the necessary tasks for the data-knowledge cycle to work seamlessly. The atom metaphor can be expressed as in Figure 2.

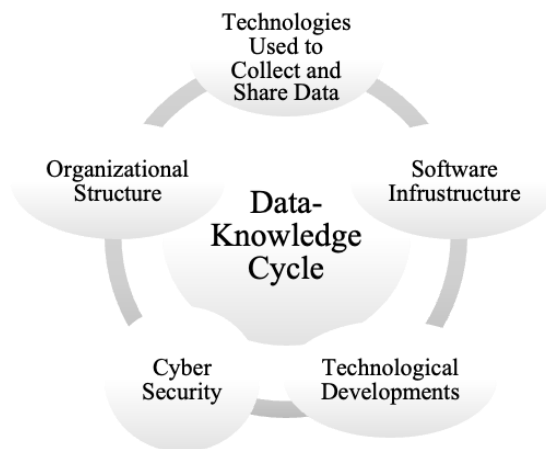


Figure 2. Demonstration of Smart Factory Components with Atom metaphor (Source: Author Elaboration - Illustrated with Microsoft PowerPoint Software)

All six components in the atomic metaphor work in collaboration with each other to form the smart factory infrastructure.

a. Data-Knowledge Cycle: Data acquired from systems related to operational technologies, such as machinery and equipment used in smart factories (Soori, Arezoo & Dastres, 2023) and data acquired from systems related to information technologies, such as human resources, finance and accounting management are stored in data storage and computing systems of businesses (Napoleone, Macchi, and Pozzetti, 2020; Osterrieder, Budde and Friedli, 2020). These stored data are transformed into knowledge by loading information with various analysis methods. The transformed knowledge can be used to optimise the systems from which the data are acquired, optimise the efficient execution of business processes, and optimise the decision-making structures of businesses (Abubakar et al., 2019; Ode and Ayavoo, 2020). The knowledge used leads to data re-generation in operational technologies or information technology infrastructures. This process can be described as the data-knowledge cycle. However, the data-knowledge cycle enables the collaboration of operational and information technologies. This collaboration paves the way for the formation of a digital ecosystem. (Apilioğulları, 2021) The data-knowledge cycle can be briefly described in Figure 3.

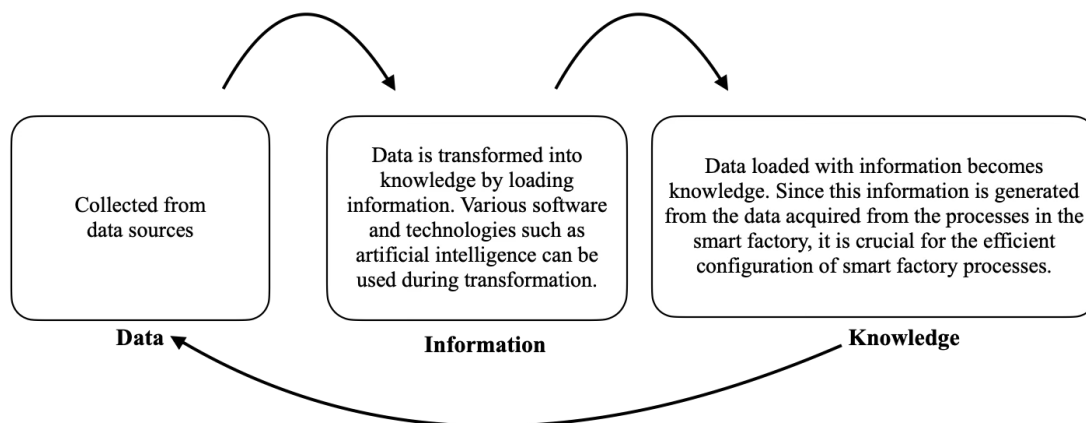


Figure 3. Data-Knowledge Cycle (Source: Author Elaboration - Illustrated with Apple Pages Software)

Every object in a smart factory should be considered within the data acquisition framework (Mabkhot et al., 2018). Because objects that can be acquired data can be transferred to cyber environments (such as data storage systems and cloud computing systems) owned by smart factories as cyber objects. Duplicates can be generated in the cyber environment of the processes to which the objects transferred to the cyber environment belong. Duplicates of objects or processes in cyberspace are called digital twins (Wan et al., 2018; Kalsoom et al., 2020; Dornhöfer et al., 2020). Thanks to the digital twin, processes in smart factories can be simulated in cyberspace. For example, before starting a production phase, inefficient conditions in production can be eliminated by simulating production in the cyber environment.

b. Technologies Used to Collect and Share Data: The technologies that collect and share data in smart factories are divided into operational and information technologies (Chang, Tu, and Huang 2021). Within operational technologies, data is collected from machinery, equipment and sensors in the factory environment with software infrastructure. However, wearable technologies used by employees can also be considered within the scope of operational technologies. The collected data is analysed and transformed into knowledge with artificial intelligence (AI) and generative artificial intelligence (Gen AI) supported software and then shared with technologies such as virtual reality, augmented reality, and autonomous vehicles. Within the scope of information technologies, data is collected through tablets, cell phones and computer software. After the collected data are analyzed with AI and Gene AI-supported software and transformed into knowledge, they are shared with departments such as human resources, marketing, and management (Grabowska, 2020; Padovano et al., 2018; Resman, Turk & Herakovic, 2020; McLaughlin, 2020).

Wireless technologies such as Wi-Fi, 4G, 5G, LoRa Networks and wired fibre infrastructure are used in the data collection infrastructure of both operational and information technologies. The systems (cloud computing systems) where the collected data will be stored, and the necessary analyses will be performed within the scope of the data-knowledge cycle can be hosted in the factories' local centres or can be obtained from service providers providing cloud computing services (Xu et al., 2021; Shi et al., 2020).

Operational technologies include predictive maintenance, wearable technologies, cobots, machine management software, autonomous goods transportation and software infrastructure (Paulsen, 2020; Lee, 2021). Operational technologies are shown in Figure 4.

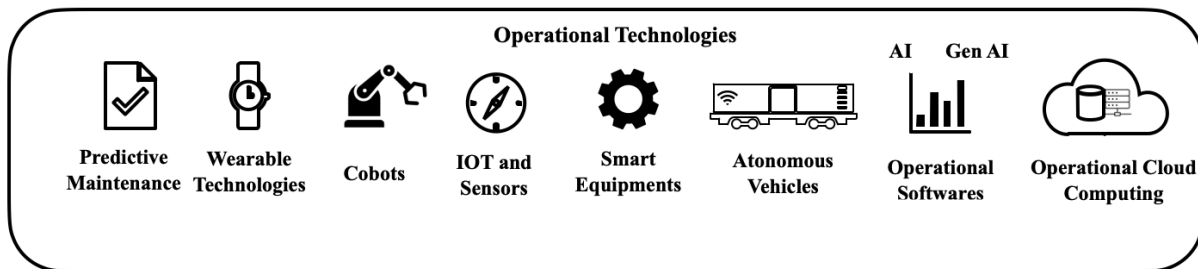


Figure 4. Operational Technologies (Source: Author Elaboration - Illustrated with Apple Pages Software)

Information technologies form the infrastructure of processes such as human resources, finance, accounting and business management with private or public cloud computing infrastructure, communication devices (such as switches and points), human resources (HR), customer relationship management (CRM), finance-technology collaboration software (fintech) and software used in marketing infrastructure (McLaughlin, 2020; Kuang., 2021; Jiang 2023; Beulen & Bode, 2021; Zhang, Xu & Ma, 2023). Information technologies are shown in Figure 5.

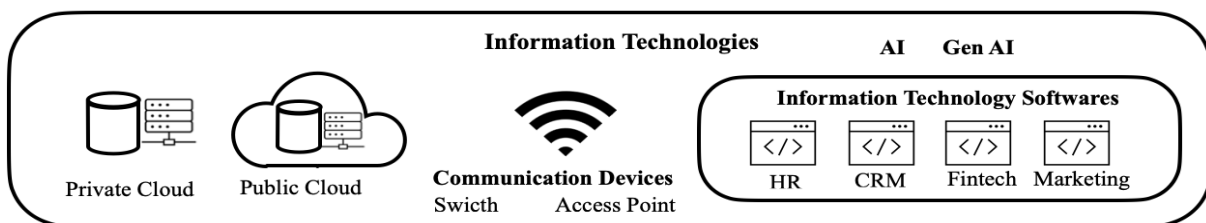


Figure 5. Information Technologies (Source: Author Elaboration - Illustrated with Apple Pages Software)

c. Software Component: All processes of smart factories are managed with software infrastructure. In general, smart factory management software should be able to work with data collection infrastructure, visualise data, manage processes in smart factories, perform data analysis, have a decision support structure, and talk to other management software with APIs (Stojanov et al., 2021; Amazon Web Services, 2023).

There is no software that can manage all the processes of smart factories within the scope of information and operational technologies. It is challenging, but not impossible, to gather all of these processes under a single software. For this reason, the software to be used in smart factories is coded to fulfil various tasks. For example, CAD / CAM (Computer-Aided Manufacturing / Copmuter-Aided Design) software has been developed for the virtual modelling of a product in production, MRP (Material Requirements Planning) software for the planning of materials in production, MES (Manufacturing Execution System) software for the execution of production processes, CMSS (Computerised Maintenance Management System) software for machine and equipment maintenance (Bremner, Eisenhardt & Hannah, 2017; Ortiz, Marroquin & Cifuentes, 2020; Hozdić, 2015; Chen et al., 2017). To gather all of these software under a single roof, a management software to be developed must support the API (Application Programming Interface) infrastructure and be able to work in collaboration with the relevant software via API.

d. Technological Developments: Technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR) (Manufacturing 2016; Maly, Sedlacek, and Leitao 2017), digital twin (Boschert & Rosen, 2016; Tao et al., 2019), 3-D printers (Floyd, Wang & Regens, 2017), cobots (Raffik et al., 2023) are important for establishing the data-knowledge cycle in smart factories effectively and efficiently. The inclusion of automation technologies into factories has started the revolution of unidirectional automatisation in factories. Unidirectional automatisation can be expressed as the implementation of the employees' commands in automation systems by the machines (robots, conveyors and other machines) in the factory without any modification. In Unidirectional automatisation, there is no attempt to acquire data. For this reason, the data-knowledge cycle has not been fully established. With the discovery of the internet, developments in communication technologies and the Industry 4.0 process that emerged thanks to the ever-evolving technology, smart factory infrastructures started to be established, and the importance of bi-directional automatisation in factories was realised (Ferber, 2013; Heynitz et al., 2016; Lee, Bagheri & Kao, 2015; Davies, 2015). Bi-directional automatisation in smart factory infrastructures is the realisation of machine-machine, machine-employee, and employee-employee collaboration with the help of technological discoveries within the data-knowledge cycle (Xiong et al., 2023; Ling et al., 2020; Soetanto et al., 2015; Liu et al., 2022). For example, as a result of the analysis of the data acquired from a production process with IOT (Internet of Things) infrastructure, the knowledge about the production process can be instantly displayed on the tablet computers of the employees with augmented reality infrastructure. In this way, employees can instantly access detailed information about the production process. In cases where intervention in the production process is required, the intervention process is carried out in a controlled manner.

e. Organisational Structure: The organisational structure relates to the stakeholders in the factory's internal and external environment. There are components such as employees, corporate culture, business departments, and management in the factory's internal environment, and components such as suppliers, customers, and the government in the external environment. The fact that these components work in collaboration and use technological infrastructures that can communicate with each other contributes to the efficient operation of the data-knowledge cycle (Yogesh, 2000; Buntak, Kovačić & Martinčević, 2020; Leal-Rodríguez et al., 2023; Bagdasarov, Martin & Buckley, 2018; Salvadorinho & Teixeira, 2021).

f. Cyber Security: Cyber security in smart factories is an important issue that concerns all smart factory components. Cyber security measures in smart factories differ regarding operational and information technologies (Flatt et al., 2016; Li et al., 2023; Hajj et al., 2020; Botta et al., 2023). Within the scope of cyber security measures of information technologies, measures such as firewalls, antivirus applications, technologies such as IPS / IDS, and timely application of system update patches are generally taken (Safaei Pour et al., 2023; Baraković & Baraković Husić, 2022; CLIM, 2019; Hajj et al., 2020). Cyber security measures of operational technologies are a process that should be evaluated more comprehensively than information technologies. System update patches to be made within the scope of operational technologies may bring about a more complex process, unlike system update patches in information technologies. Since the systems' lifetime in operational technologies may be long, the systems in operational technologies may have old infrastructures. Updates to these infrastructures may require system downtime. In some cases, it may not even be possible to update. This situation may cause many cybersecurity vulnerabilities (Hajj et al., 2020). The spread of cyber security threats of operational technologies to the products used by customers in the external environment of the factory can bring big problems. For this reason, cyber security measures of operational technologies should be given importance.

3. Methodology

In this study, a SWOT analysis was conducted by examining the strengths, weaknesses, opportunities and threats of the smart factory infrastructure. This study employed document analysis as the method for data collection. The collected data was then analyzed using SWOT analysis, a descriptive analysis method within the qualitative analysis. Document analysis can be used as a qualitative analysis method

on its own or to support other qualitative analysis processes (Sak et al., 2021). The population of the study consists of all articles written in the context of smart factories. From this population, 44 documents were obtained using the snowball sampling method. Because different documents were accessed from the sources within the documents examined, snowball sampling method was used. These documents are listed in Appendix 1 in Appendices. The data were compiled manually.

In this context, the research questions of the study are as follows:

- **RQ1.** What are the strengths of smart factories?
- **RQ2.** What are the weaknesses of smart factories?
- **RQ3.** What are the opportunities that can be achieved with smart factory infrastructure?
- **RQ4.** What are the threats in the context of smart factory infrastructure?

4. Finding and Results

The results obtained from the analysed documents are as follows in the order of the research questions.

RQ1: The strengths of smart factories are described below.

Forecasting consumer trends: Increased transparency in production processes (monitoring every production stage from procurement to the final product) makes the smart factory an agile structure that can adapt quickly to processes (Glavič, 2021). Thanks to the sensors that will be placed on the manufactured products, consumers' product usage data can be evaluated and adapted to customers' demands faster. In this way, more customised mass production can be possible.

Furthermore, the holistic manufacturing approach employed in smart factories extends beyond the agile manufacturing framework by incorporating sustainability practices. This comprehensive approach, designed for evaluating diverse production plans, aims to maximize output from available resources while minimizing energy consumption and environmental impact (Choi & Xirouchakis, 2014).

Labour, energy, material and waste cost savings: Within the scope of 3-D printers, smart supply chain, technology and employee collaboration, it may be possible to save costs in many areas from production to supply (Görçün, 2018; Akkad & Bányai, 2023; Shrouf, Ordieres & Miragliotta, 2014; Bhandari et al., 2023; Hossain & Khan, 2020). Planning the production phase in advance can minimise the loss in product quality and reduce the amount of waste during production.

Reduced stock storage: With the ability to accurately predict consumer demand, smart supply chain and 3-D printers, stock levels can be kept to a minimum (Paulsen, 2020; Kuznatz, Pfohl & Yahsi, 2015; Yu, Kim & Mathur, 2020).

Predictive maintenance: Thanks to the sensors in machinery and equipment, detailed information about the operation of machinery and equipment can be obtained. Possible malfunctions of the machine over time can be predicted before the malfunction occurs. For example, data such as an increase in noise level and temperature increase during the operation of the machine can be a harbinger of a possible malfunction in the machine. Replacing the equipment that may cause this failure within the scope of planned maintenance before the failure occurs can prevent capacity loss in production (Pech, Vrchota, & Bednář 2021; Zhong et al. 2023).

Minimising silos between departments within the factory: Thanks to the traceable infrastructure of smart factories, silos between departments can be eliminated. As a result of the collaboration between IT and operational technologies, stocks can be monitored regularly, unnecessary purchases can be prevented, and communication between departments can be coordinated more efficiently (Buntak, Kovačić & Martinčević, 2020; Inamdar, 2022).

Increasing brand equity: Since the brand image of a business with a smart factory infrastructure can be perceived positively by consumers, the business's brand value can increase (Ramaswamy & Ozcan, 2016).

Fast product production cycle: Thanks to the data/information cycle in smart factories, product design, engineering, production and quality processes such as product design, engineering, production and quality can be carried out in collaboration, which can shorten the product's delivery time (Tao et al., 2019).

Process duplication: Since the processes in smart factories are also generated in the cyber environment by utilising digital twin technology, it is easy to duplicate the processes to different structures (Corradini et al., 2023; Hänel et al., 2019).

Occupational health and safety: Employees' occupational health and safety can be maximised through smart factory applications (Taylor et al., 2020; Parmar et al., 2018).

RQ2: The weaknesses of smart factories are described below.

The process of smart factory transformation can be long and costly: Whether the transformation process is costly or not depends on the roadmap of the transformation. A roadmap can be prepared in accordance with the financial strength of the business. However, the transformation can be divided into small parts. As each part is completed, the transformation can be continued by evaluating what has been achieved (Narwane et al., 2022).

Failure to transform the entire factory into a smart factory: Failure to transform entire factories and processes into a smart factory infrastructure can lead to mismatch problems between the transformed and non-converted parts.

Resistance to Change: Possible employee resistance to smart factory transformation may prolong the transformation period (Thomas & Hardy, 2011; Tran, Pham & Bui, 2020; Kim & Lee, 2020; Marzano & Siguencia, 2021).

The situation of employees in the transformation process: Terminating the jobs of unqualified employees during the transformation process may cause unrest within the factory and for the employees' families. For this reason, preparing and qualifying unskilled employees for the transformation to a smart factory may be one of the most appropriate solutions (Háry, 2016; Schröder, 2016; Heynitz et al., 2016).

RQ3: Some of the opportunities that can be achieved with the smart factory are described below.

Environmental sustainability: By leveraging the data and information cycle, smart factories can manage processes such as production, procurement and inventory, minimising waste. This not only contributes to environmental sustainability but also enables cost savings (Ejsmont, Gladysz & Kluczek, 2020; Breque, De Nul & Petridis, 2021; Sajadieh, Son & Noh, 2022)

New business models: New business models can emerge with the data to be obtained from processes such as smart factories, smart logistics, smart procurement, etc. For example, white goods manufacturers can obtain customers' product usage preferences with the data they collect through the sensors they place in white goods. In this way, up-to-date work programs can be added to white goods. In this way, customer satisfaction levels can be increased (Lee & Jung, 2018).

Incentives: Smart factories are often considered within the scope of government incentives thanks to their contribution to environmental sustainability and the employment of qualified employees. Thanks to the incentives, the initial installation costs of smart factories can be mitigated.

Competitiveness: Smart factories not only enable flexibility in production processes but also enhance operational efficiency by facilitating the seamless integration of processes such as material supply, production, marketing, and customer support services. This integration provides businesses with a significant competitive advantage (Gramegna, Greggio & Bonollo, 2020). Furthermore, the incorporation of artificial intelligence technologies into these processes has the potential to elevate this advantage to a substantially higher level.

RQ4: Some of the threats that may be experienced in the smart factory process are described below.

Cyber security threats: In order to ensure horizontal and vertical integration in smart factories, it is expected that the inside and the periphery of the factory will be networked. This may cause cyber security threats. Cybersecurity threats in operational technologies can cause major cybersecurity problems, including employee safety, stoppage of production processes, and disruptions in customer products. At the same time, there may be a risk of data and information related to processes related to IT technologies such as finance, procurement and logistics being compromised. It may even cause an increase in incidents such as corporate espionage (Kavallieratos & Katsikas, 2020; Flatt et al., 2016; Li et al., 2023; Hajj et al., 2020; Botta et al., 2023).

Cost Increases: After the COVID-19 pandemic, inflationary pressure and significant increases in raw material costs were experienced worldwide. Due to the increases in raw material costs, customers may postpone the purchase of a product. If the costs and customers' incomes do not increase at the same rate, the desired profit level may not be obtained from the products produced. Customers may postpone their purchasing decisions. This may lead to situations such as smart factory installation, update costs not being reflected on the products, or the profit obtained from the products not being able to cover these costs (Antony et al., 2023; Phuyal, Bista & Bista, 2020).

Government policies: Governments can withdraw the incentives they provide within the scope of the smart factory. By law, they can take some special measures for the products produced by the smart factory. Supportive policies are positive for the process. However, obstructive policies may involve high risks. For example, there may be a decrease in the employment rate of unqualified employees in the transition to smart factories. In the policies of governments, preventive attitudes towards the dismissal of unskilled personnel may impose extra costs on a business with a smart factory structure. However, social responsibilities should not be forgotten (Narwane et al., 2022; Matošková, Crhová & Gregar, 2023).

Demographic characteristics: Demographic characteristics of customers vary across countries. For example, Europe has an older population, while Asian countries have a younger population. The level of education in each country also varies. This change may change the customers' characteristics in purchasing and using the product. This situation may cause unmet customer expectations on the usage data planned to come from customers. For this reason, it would be more appropriate to plan the data targeted to be acquired from customers by taking into account the cultures of the countries (Correia, 2014; Fuller et al., 2020; Glavič, 2021).

Lack of skilled employees: There may be a lack of skilled employees in managing smart factory processes. It is thought that the minimum level in the evaluation of qualified personnel in smart factories means employees who understand the essence of smart factories and can adapt quickly to technology (Herrmann, 2018).

Technological infrastructure incompatibility of stakeholders in the external environment: Data owners in the external environment of the smart factory (such as customers, government and suppliers) may be reluctant to share data, and technological infrastructure incompatibilities may cause difficulties in obtaining data, especially from the external environment of the business. For example, the infrastructure of suppliers may not be suitable for generating data and sharing this data with the smart factory. Necessary consultancy can be provided to facilitate the adaptation of suppliers to the smart factory working infrastructure (Herrmann, 2018).

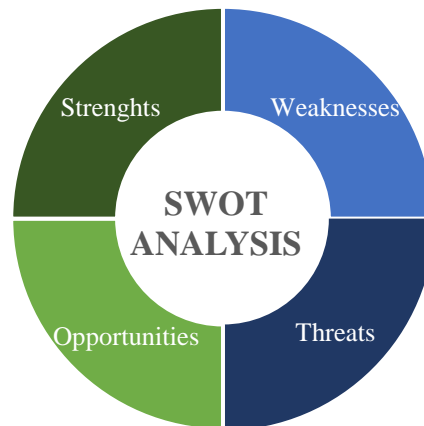
The strengths, weaknesses, opportunities and threats related to smart factories may vary by country, sector and time. In general, the results obtained in this study regarding smart factories' strengths, weaknesses, opportunities and threats are summarised in Table 1.

Table 1. SWOT Analysis**STRENGTHS**

- Forecasting consumer trends
- Labour, energy, material and waste cost savings.
- Reduced stock storage.
- Predictive maintenance.
- Minimising silos between departments within the factory.
- Increased brand equity.
- Fast production cycle.
- Process duplication.
- Occupational health and safety

OPPORTUNITIES

- Environmental sustainability
- New business models.
- Incentives.
- Competitiveness

**WEAKNESSES**

- The process of smart factory transformation can be long and costly.
- Failure to transform the entire factory into a smart factory.
- Resistance to change.
- The situation of employees in the transformation process.

THREATS

- Cyber security threats.
- Cost Increases.
- Government Policies.
- Demographic characteristics
- Technological infrastructure incompatibility of stakeholders in the external environment of smart factory.
- Lack of skilled employee

5. Conclusion and Evaluation

Smart factories are next-generation factory solutions that enable business functions and processes to be carried out more efficiently within the scope of the data-knowledge cycle. However, it may be appropriate for businesses that want to establish a smart factory infrastructure or transform their existing infrastructure into a smart factory infrastructure to develop factory-specific solutions and get support from experts in their business while implementing this solution. The smart factory solution that every business and every sector needs may include data-knowledge cycle processes specific to the business or sector. Since smart factories do not only consist of technological devices, the data-knowledge cycle is very important. Technological devices may be the same for each sector. However, the analysis of data and knowledge to be acquired from these technological devices, sharing the resulting knowledge and other processes may differ according to businesses and sectors (Burke et al., 2017).

In this study, a SWOT analysis on smart factories was tried to be made. While making this analysis, data were collected and analysed with a general evaluation without sectoral distinction within the scope of smart factories. A business that wants to benefit from this analysis can update this analysis in accordance with its internal structure and sector. As a result, it may be useful for businesses that want to realise smart factory transformation to pay attention to the following items related to the smart factory

- a.** When designing smart factory processes, thinking big and doing things in small pieces (agile methodologies) can favour small and medium-sized businesses. Dividing the work into small parts can reduce the risk of error when the process is fed by feedback. In this way, the cost of a wrong application can be less.
- b.** Configuring smart factory processes requires ensuring the employment of qualified personnel. The presence of skilled workers can significantly contribute to economic growth. Dilber (2023), in the study Evaluation of the Sectoral Determinants of Economic Growth in Terms of the Labour Force, argues that there is a positive relationship between employment in the industrial sector and economic growth. Accordingly, smart factories that enable the employment of qualified personnel in the industrial sector are likely to positively impact economic growth.
- c.** In smart factories, cyber security should be considered as a whole, and studies should be carried out on the cyber security of both operational and information technologies.
- d.** While structuring the processes related to the smart factory, government incentives should be followed, and efforts should be made to benefit from these incentives. This can be a factor in reducing costs.
- e.** Data and knowledge can be obtained from the internal environment of the smart factory as desired. However, it should not be forgotten that different stakeholders control the external environment. Government policies, the status of suppliers, and customer profiles can complicate the process of acquiring data/knowledge from the external environment.

In this study, the advantages and opportunities, weaknesses and threats of smart factories were evaluated in general. Future studies on both country and sector basis may be useful for businesses that want to invest in smart factories.

References

- Abubakar, A. M., Elrehail, H., Alatailat, M. A., & Elçi, A. (2019). Knowledge management, decision-making style and organizational performance. *Journal of Innovation and Knowledge*, 4(2), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2017.07.003>
- Akkad, M. Z., & Bányai, T. (2023). Energy consumption optimization of milk-run-based in-plant supply solutions: An industry 4.0 approach. *Processes*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/pr11030799>
- Amazon Web Services. (2023, August 1). *What is an API? – Application programming interface explained – AWS*. <https://aws.amazon.com/what-is/api/>
- Antony, J., McDermott, O., Sony, M., Toner, A., Bhat, S., Cudney, E. A., & Doulatbadi, M. (2023). Benefits, challenges, critical success factors and motivations of Quality 4.0 – A qualitative global study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(7–8), 827–846.
- Apilioğulları, L. (2021). *Dijital fabrika üretimde dijitalleşme stratejileri (1. bs., Cilt 1)*. Agora Kitaplığı.
- Bagdasarov, Z., Martin, A. A., & Buckley, M. R. (2018). Working with robots: Organisational considerations. *Organizational Dynamics*, 49(2). <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2018.09.002>
- Baraković, S., & Baraković Husić, J. (2022). Digital transformation challenges: The cyber security threats of cryptocurrency technology use. In *International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies*.
- Beulen, E., & Bode, R. (2021). An information technology and innovation committee to guide digital transformations. *Corporate Board: Role, Duties and Composition*, 17(2).
- Bhandari, P., Creighton, D., Gong, J., Boyle, C., & Law, K. M. Y. (2023). Evolution of cyber-physical-human water systems: Challenges and gaps. *Technological Forecasting and Social Change*, 191.

- Boschert, S., & Rosen, R. (2016). Digital twin – The simulation aspect. In *Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and Their Designers*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5
- Botta, A., Rotbei, S., Zinno, S., & Ventre, G. (2023). Cyber security of robots: A comprehensive survey. *Intelligent Systems with Applications*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200237>
- Bremner, R. P., Eisenhardt, K. M., & Hannah, D. P. (2017). Business ecosystems. In *Collaborative strategy*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781783479580.00038>
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Buntak, K., Kovačić, M., & Martinčević, I. (2020). Impact of digital transformation on knowledge management in organization. *Advances in Business Related Scientific Research Journal*, 11(1), 36–47.
- Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., & Sniderman, B. (2017, August 25). *The smart factory responsive, adaptive, connected manufacturing*. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>
- Chang, C. Y., Tu, C. A., & Huang, W. L. (2021). Developing a recommendation model for the smart factory system. *Applied Sciences*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/app11188606>
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *IEEE Access*, 6, 6505–6519. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>
- Choi, Y. C., & Xirouchakis, P. (2014). A holistic production planning approach in a reconfigurable manufacturing system with energy consumption and environmental effects. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(4), 379–394. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2014.902106>
- Clim, A. (2019). Cyber security beyond the Industry 4.0 era. A short review on a few technological promises. *Informatica Economica*, 23(2). <https://doi.org/10.12948/issn14531305/23.2.2019.04>
- Corradini, F., Pettinari, S., Re, B., Rossi, L., & Tiezzi, F. (2023). Executable digital process twins: Towards the enhancement of process-driven systems. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/bdcc7030139>
- Correia, M. A. da S. (2014). *Industrie 4.0: Framework, challenges and perspectives problem* [Master's thesis, Hochschule RheinMain, University of Applied Science].
- Davies, R. (2015). *Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth*. European Parliamentary Research Service, 10.
- Dilber, C. (2023). Ekonomik büyümenin sektörel belirleyicilerinin iş gücü açısından değerlendirilmesi: Panel veri analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1008–1025. <https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.1310028>
- Dornhöfer, M., Sack, S., Zenkert, J., & Fathi, M. (2020). Simulation of smart factory processes applying multi-agent-systems—A knowledge management perspective. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 4(3), 89. <https://doi.org/10.3390/jmmp4030089>
- Ejsmont, K., Gladysz, B., & Kluczek, A. (2020). Impact of Industry 4.0 on sustainability—Bibliometric literature review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12145650>
- Fakhar Manesh, M., Pellegrini, M. M., Marzi, G., & Dabic, M. (2021). Knowledge management in the fourth industrial revolution: Mapping the literature and scoping future avenues. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2963489>

- Ferber, S. (2013, August 21). *Industry 4.0—Technology for the fourth industrial revolution*. <https://www.zlibrary.to/dl/industry-40-technology-for-the-fourth-industrial-revolution>
- Flatt, H., Schriegel, S., Jasperneite, J., Trsek, H., & Adamczyk, H. (2016). Analysis of the cyber-security of Industry 4.0 technologies based on RAMI 4.0 and identification of requirements. In *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2016.7733634>
- Floyd, E. L., Wang, J., & Regens, J. L. (2017). Fume emissions from a low-cost 3-D printer with various filaments. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(7). <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1302587>
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952–108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
- Glavič, P. (2021). Evolution and current challenges of sustainable consumption and production. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su1316937>
- Görçün, Ö. F. (2018). The rise of smart factories in the fourth industrial revolution and its impacts on the textile industry. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 6(2), 136–141. <https://doi.org/10.18178/ijmmm.2018.6.2.363>
- Grabowska, S. (2020). Smart factories in the age of Industry 4.0. *Management Systems in Production Engineering*, 28(2), 90–96. <https://doi.org/10.2478/mspe-2020-0014>
- Gramegna, N., Greggio, F., & Bonollo, F. (2020). Smart factory competitiveness based on real time monitoring and quality predictive model applied to multi-stages production lines. In B. Lalic, V. Majstorovic, U. Marjanovic, G. von Cieminski, & D. Romero (Eds.), *Advances in Production Management Systems. Towards Smart and Digital Manufacturing (APMS 2020)* (IFIP Advances in Information and Communication Technology, 592). https://doi.org/10.1007/978-3-030-57997-5_22
- Hajj, R., Peasley, S., Hunt, J., Heather, M., & Beckoff, D. (2020, August 16). *Cyber security for smart factories*. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/tw/en/pages/risk/articles/cyber-security-for-smart-factories.html>
- Hänel, A., Wenkler, E., Schnellhardt, T., Corinth, C., Brosius, A., Fay, A., & Nestler, A. (2019). Development of a method to determine cutting forces based on planning and process data as contribution for the creation of digital process twins. In *15th International Conference on High Speed Machining*. http://doi.org/10.17973/MMSJ.2019_11_2019064
- Háry, A. (2016). Future possibilities, social challenges and adaptation requirements of industrial progress. *Management Review*, 47(10), 31–38. <http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/2494/>
- Herrmann, F. (2018). The smart factory and its risks. *Systems*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/systems6040038>
- Heynitz, H., Bremicker, M., Amadori, D. M., & Reshke, K. (2016, August 15). *The factory of the future: Industry 4.0—The challenges of tomorrow* (pp. 1–68). KPMG. <https://www.kpmg.com/ID/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/factory-future-industry-4.0.pdf>
- Hossain, L., & Khan, M. S. (2020). Water footprint management for sustainable growth in the Bangladesh apparel sector. *Water*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/w12102760>
- Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7.

- Inamdar, A. (2022, August 1). Digital transformation and its impact on organisational culture. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/forbeshumanresourcescouncil/2022/07/22/digital-transformation-and-its-impact-on-organizational-culture/?sh=695a669829a2>
- Jiang, J. J. (2023). From information technology projects to digital transformation programs: Research pathways. *Project Management Journal*, 54(4), 327–333. <https://doi.org/10.1177/87569728231170261>
- Kalsoom, T., Ramzan, N., Ahmed, S., & Ur-Rehman, M. (2020). Advances in sensor technologies in the era of smart factory and Industry 4.0. *Sensors*, 20(23). <https://doi.org/10.3390/s20236783>
- Kavallieratos, G., & Katsikas, S. (2020). Managing cyber security risks of the cyber-enabled ship. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/jmse8100768>
- Kim, J. R., & Lee, J. (2020). Factors affecting technology acceptance of smart factory. *Journal of Information Technology Applications and Management*, 27(1).
- Kuang, C. (2021). Thoughts on information technology's transformation of financial digital teaching. In *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1915)*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1915/4/042065>
- Külcü, R. (2015). Ortaçağ Anadolu'sunun büyük mühendisi El-Cezeri / The great engineer of the medieval Anatolia: Al-Jazari. *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1, 1–9.
- Kuznaz, T., Pfohl, H.-C., & Yahsi, B. (2015). The impact of Industry 4.0 on the supply chain. In *Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains*, 8, 32–58.
- Leal-Rodríguez, A. L., Sanchís-Pedregosa, C., Moreno-Moreno, A. M., & Leal-Millán, A. G. (2023). Digitalization beyond technology: Proposing an explanatory and predictive model for digital culture in organizations. *Journal of Innovation and Knowledge*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100409>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lee, M. J., & Jung, J. S. (2018). Competitive strategy for paradigm shift in the era of the fourth industrial revolution: Focusing on business model innovation. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 9(8). <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00821.5>
- Lee, R. (2021). The effects of smart factory operational strategies and system management on the innovative performance of small- and medium-sized manufacturing firms. *Sustainability*, 13(6), 3087. <https://doi.org/10.3390/SU13063087>
- Leem, C. S., & Lee, H. H. (2018). SWOT analysis for small and medium enterprise in smart factory introduction. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(3).
- Li, G., Ren, L., Fu, Y., Yang, Z., Adetola, V., Wen, J., Zhu, Q., Wu, T., Candan, K. S., & O'Neill, Z. (2023). A critical review of cyber-physical security for building automation systems. *Annual Reviews in Control*, 55(1), 237–254. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2023.02.004>
- Ling, S., Guo, D., Zhang, T., Rong, Y., & Huang, G. Q. (2020). Computer vision-enabled human-cyber-physical workstations collaboration for reconfigurable assembly system. In *Procedia Manufacturing*, 51, 565–570. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.079>
- Liu, Q., Liu, M., Zhou, H., Yan, F., Ma, Y., & Shen, W. (2022). Intelligent manufacturing system with human-cyber-physical fusion and collaboration for process fine control. *Journal of Manufacturing Systems*, 64(7), 149–169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.004>

- Mabkhot, M. M., Al-Ahmari, A. M., Salah, B., & Alkhalefah, H. (2018). Requirements of the smart factory system: A survey and perspective. *Machines*, 6(2), 23. <https://doi.org/10.3390/machines6020023>
- Maly, I., Sedlacek, D., & Leitao, P. (2017). Augmented reality experiments with industrial robot in Industry 4.0 environment. In *IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 176–181. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2016.7819154>
- Marzano, G., & Ochoa Siguencia, L. (2021). Industry 4.0: Social challenges and risks. In *13th International Scientific and Practical Conference (Vol. 2)*, 100–105. <https://doi.org/10.17770/etr2021vol2.6546>
- Matošková, J., Crhová, Z., & Gregar, A. (2023). Why manufacturers need to engage employees when implementing a smart factory: A case report from the Czech Republic. *Research-Technology Management*, 66(3), 51–65. <https://doi.org/10.1080/08956308.2023.2188018>
- McLaughlin, S. (2020, August 17). Benefits of Industry 4.0 vertical integration – Where OT and IT converge. *SL Controls*. <https://slcontrols.com/benefits-of-industry-4-0-vertical-integration-where-ot-and-it-converge/>
- Napoleone, A., Macchi, M., & Pozzetti, A. (2020). A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 305–335. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.007>
- Narwane, V. S., Raut, R. D., Gardas, B. B., Narkhede, B. E., & Awasthi, A. (2022). Examining smart manufacturing challenges in the context of micro, small and medium enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 35(12). <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2078508>
- Nas, E., Sak, R., Öneren Şendil, Ç., & Şahin-Sak, İ. T. (2021). Bir araştırma yöntemi olarak doküman analizi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 4(1), 227–250. <https://doi.org/10.33400/KUJE.843306>
- Nowacki, R., & Bachnik, K. (2016). Innovations within knowledge management. *Journal of Business Research*, 69(5), 1577–1581. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.020>
- Ode, E., & Ayavoo, R. (2020). The mediating role of knowledge application in the relationship between knowledge management practices and firm innovation. *Journal of Innovation and Knowledge*, 5(3), 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.08.002>
- Ortiz, J. H., Gutierrez Marroquin, W., & Zambrano Cifuentes, L. (2020). Industry 4.0: Current status and future trends. In J. H. Ortiz (Ed.), *Industry 4.0: Current status and future trends* (1st ed.). IntechOpen.
- Osterrieder, P., Budde, L., & Friedli, T. (2020). The smart factory as a key construct of Industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.08.011>
- Padovano, A., Longo, F., Nicoletti, L., & Mirabelli, G. (2018). A digital twin based service oriented application for a 4.0 knowledge navigation in the smart factory. In *IFAC-PapersOnLine*, 51, 631–636. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.389>
- Parmar, C. M., Gupta, P., Bharadwaj, K. S., & Belur, S. S. (2018). Smart work-assisting gear. In *2018 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2018.8355176>
- Paulsen, C. (2020). The future of IT operational technology supply chains. *Computer*, 53(1). <https://doi.org/10.1109/MC.2019.2951979>

- Pech, M., Vrchota, J., & Bednář, J. (2021). Predictive maintenance and intelligent sensors in smart factory: Review. *Sensors*, *21*(4), 1470. <https://doi.org/10.3390/s21041470>
- Phuyal, S., Bista, D., & Bista, R. (2020). Challenges, opportunities and future directions of smart manufacturing: A state of art review. *Sustainable Futures*, *2*. <https://doi.org/10.1016/J.SFTR.2020.100023>
- Raffik, R., Vaishali, V., Balavedhaa, S., Jyothi, L. N., & Sathya, R. R. (2023). Industry 5.0: Enhancing human-robot collaboration through collaborative robots – A review. In *2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation*. <https://doi.org/10.1109/ICAECA56562.2023.10201120>
- Ramaswamy, V., & Ozcan, K. (2016). Brand value co-creation in a digitalized world: An integrative framework and research implications. *International Journal of Research in Marketing*, *33*(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2015.07.001>
- Resman, M., Turk, M., & Herakovic, N. (2020). Methodology for planning smart factory. In *Procedia CIRP*, *97*, 401–406. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.258>
- Safaei Pour, M., Nader, C., Friday, K., & Bou-Harb, E. (2023). A comprehensive survey of recent internet measurement techniques for cyber security. *Computers & Security*, *128*. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103123>
- Sajadieh, S. M. M., Son, Y. H., & Noh, S. D. (2022). A conceptual definition and future directions of urban smart factory for sustainable manufacturing. *Sustainability*, *14*(3), 1221. <https://doi.org/10.3390/su14031221>
- Salvadorinho, J., & Teixeira, L. (2021). Organisational knowledge in the I4.0 using BPMN: A case study. In *Procedia Computer Science*, *181*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.266>
- Santoro, G., Vrontis, D., Thrassou, A., & Dezi, L. (2018). The Internet of Things: Building a knowledge management system for open innovation and knowledge management capacity. *Technological Forecasting and Social Change*, *136*, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.02.034>
- Schniederjans, D. G., Curado, C., & Khalajhedayati, M. (2020). Supply chain digitisation trends: An integration of knowledge management. *International Journal of Production Economics*, *220*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.012>
- Schröder, C. (2016, August 25). *The challenges of Industry 4.0 for small and medium-sized enterprises*. <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/12683.pdf>
- Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, *37*(4), 607–617. <https://doi.org/10.1002/sres.2704>
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 697–701. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>
- Soetanto, R., Childs, M., Poh, P. S. H., Austin, S., Glass, J., Adamu, Z. A., Isiadinso, C., Tolley, H., & MacKenzie, H. (2015). Key success factors and guidance for international collaborative design projects. *Archnet-IJAR*, *9*(3). <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v9i3.703>
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of Things for smart factories in Industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, *3*, 192–204. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>
- Stojanov, Z., Dobrilovic, D., Jotanovic, G., Perakovic, D., Jausevac, G., & Brtko, V. (2021). Software architectures in smart manufacturing: Review and experiences (Vol. 2858). *CEUR Workshop Proceedings*. <https://ceur-ws.org/Vol-2858/paper9.pdf>

- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3563–3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., Guo, Z., Lu, S. C. Y., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research*, 57(12). <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>
- Taylor, M. P., Boxall, P., Chen, J. J. J., Xu, X., Liew, A., & Adeniji, A. (2020). Operator 4.0 or Maker 1.0? Exploring the implications of Industrie 4.0 for innovation, safety and quality of work in small economies and enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.047>
- Thomas, R., & Hardy, C. (2011). Reframing resistance to organizational change. *Scandinavian Journal of Management*, 27(3). <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2011.05.004>
- Tran, D. T., Pham, H. T., & Bui, V. T. (2020). The effect of contextual factors on resistance to change in lean transformation. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(11). <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no11.479>
- Türkiye Newspaper Encyclopedia Group. (2005). *Müslüman bilim adamları 1*. Türkiye Gazetesi.
- Wan, J., Yang, J., Wang, Z., & Hua, Q. (2018). Artificial intelligence for cloud-assisted smart factory. *IEEE Access*, 6, 55419–55430. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2871724>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1). <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Xiong, Y., Tang, Y., Kim, S., & Rosen, D. W. (2023). Human-machine collaborative additive manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 66, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.004>
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
- Yogesh, M. (2000). *Knowledge management and virtual organisations*. USA: Idea Group Inc.
- Yoşumaz, İ. (2024). Industrial metaverse as a new component of digital transformation: A bibliometric analysis. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 17(4), 251–265. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.1487061>
- Yu, Y., Kim, G., & Mathur, K. (2020). A critical review of additive manufacturing: An innovation of mass customization. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 11(3), 1–16.
- Zhang, X., Xu, Y. Y., & Ma, L. (2023). Information technology investment and digital transformation: The roles of digital transformation strategy and top management. *Business Process Management Journal*, 29(2). <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2022-0254>
- Zhong, D., Xia, Z., Zhu, Y., & Duan, J. (2023). Overview of predictive maintenance based on digital twin technology. *Heliyon*

APPENDICES**Appendix 1. References of Samples**

Title	Reference
Evolution and Current Challenges of Sustainable Consumption and Production	Glavič 2021
The Rise of Smart Factories in the Fourth Industrial Revolution and Its Impacts on the Textile Industry	Görçün 2018
Energy Consumption Optimization of Milk-Run-Based In-Plant Supply Solutions: An Industry 4.0 Approach	Akkad and Bányai 2023
Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm	Shrouf, Ordieres, and Miragliotta 2014
Evolution of Cyber-Physical-Human Water Systems: Challenges and Gaps	Bhandari et al. 2023
Water Footprint Management for Sustainable Growth in the Bangladesh Apparel Sector	Hossain and Khan, 2020
Predictive Maintenance and Intelligent Sensors in Smart Factory: Review	Pech, Vrchota, and Bednář, 2021
Overview of Predictive Maintenance Based on Digital Twin Technology	Zhong et al. 2023
Impact of Digital Transformation on Knowledge Management in Organization	Buntak, Kovačić, and Martinčević, 2020
Digital Twin-Driven Product Design, Manufacturing and Service with Big Data	Tao et al., 2018
Digital Twin-Driven Product Design Framework	Tao et al. 2019
Digital Transformation And Its Impact On Organisational Culture'	Inamdar, 2022
Executable Digital Process Twins: Towards the Enhancement of Process-Driven Systems	Corradini et al. 2023
Development of a Method to Determine Cutting Forces Based on Planning and Process Data as Contribution for the Creation of Digital Process Twins'	Hänel et al. 2019
Operator 4.0 or Maker 1.0? Exploring the Implications of Industrie 4.0 for Innovation, Safety and Quality of Work in Small Economies and Enterprises	Taylor et al. 2020
Smart Work-Assisting Gear'	Parmar et al., 2018
Examining Smart Manufacturing Challenges in the Context of Micro, Small and Medium Enterprises'. International Journal of Computer Integrated Manufacturing	Narwane et al., 2022
Reframing Resistance to Organizational Change	Thomas and Hardy, 2011
The Effect of Contextual Factors on Resistance to Change in Lean Transformation	Tran, Pham and Bui, 2020
Factors Affecting Technology Acceptance of Smart Factory	Kim and Lee 2020
Industry 4.0: Social Challenges and Risks	Marzano and Siguencia 2021
The Smart Factory and Its Risks	Herrmann 2018
Impact of Industry 4.0 on Sustainability-Bibliometric Literature Review	Ejsmont, Gladysz and Kluczek, 2020
Industry 5.0 Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry	Breque, De Nul and Petridis, 2021
A Conceptual Definition and Future Directions of Urban Smart Factory for Sustainable Manufacturing'	Sajadieh, Son and Noh, 2022

Competitive Strategy for Paradigm Shift in the Era of the Fourth Industrial Revolution: Focusing on Business Model Innovation	M. J. Lee and Jung, 2018
Managing Cyber Security Risks of the Cyber-Enabled Ship'. Journal of Marine Science and Engineering	Kavallieratos and Katsikas, 2020
Analysis of the Cyber-Security of Industry 4.0 Technologies Based on RAMI 4.0 and Identification of Requirements	Flatt et al., 2016
Cyber Security for Smart Factories	Hajj et al., 2020
A Critical Review of Cyber-Physical Security for Building Automation Systems	Li et al., 2023
Cyber Security of Robots: A Comprehensive Survey'. Intelligent Systems with Applications	Botta et al., 2023
Benefits, Challenges, Critical Success Factors and Motivations of Quality 4.0—A Qualitative Global Study'	Antony et al., 2023
Challenges, Opportunities and Future Directions of Smart Manufacturing: A State of Art Review	Phuyal, Bista and Bista, 2020
Examining Smart Manufacturing Challenges in the Context of Micro, Small and Medium Enterprises	Narwane et al., 2022
Why Manufacturers Need to Engage Employees When Implementing a Smart Factory: A Case Report from the Czech Republic By Focusing on the Human Element—Including Communicating the Vision and Plan to All Employees and Seeking Their Thoughts and Concerns—Manufacturers Can Make the Transition to a Smart Factory More Seamless.	Matošková, Crhová and Gregar, 2023
Future Possibilities, Social Challenges and Adaptation Requirements of Industrial Progress	Háry, 2016
The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-Sized Enterprises	Schröder, 2016
The Factory of the Future: Industry 4.0- The Challenges of Tomorrow	Heynitz et al., 20
Industrie 4.0: Framework, Challenges and Perspectives Problem	Correia, 2014;
Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research	Fuller et al., 2020;
Evolution and Current Challenges of Sustainable Consumption and Production	Glavič, 2021
Automation & Industry 4.0 Your World Updated	Herrmann, 2015
A holistic production planning approach in a reconfigurable manufacturing system with energy consumption and environmental effects	Choi, Y. C., & Xirouchakis, P., 2014

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar beyan eder. Bu çalışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI

1. yazar katkı oranı: %100