yenifikir

Uluslararası Akademik Fikir Araştırma Dergisi
International Journal of Academic Research and Ideas

Cilt / Volume: 14 **Sayı / Issue: 29**

Merve Vuslat AKSU
Öğr.Gör.
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi
mervevuslat.aksu@yeniyuzyil.edu.tr

Soner TASLAK
Prof.Dr.
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
sonertaslak@mu.edu.tr

https://orcid.org/0000-0001-5770-2108

https://orcid.org/0000-0002-6895-8915

Dördüncü Sanayi Devrimi ve Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin (KOBİ'lerin) Dijital Dönüşümü

Fourth Industrial Revolution and Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)

Makale Kategorisi (Araştırma Makalesi / Research Article)
Geliş Tarihi / The Date of Received: 29.11.2022
Kabul Tarihi / The Date of Accepted: 13.12.2022
Yayın Tarihi / The Date of Published: 28.12.2022

Atıf / Citation
Aksu M.V. & Taslak S. (2022). Dördüncü Sanayi Devrimi ve Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin (KOBİ'lerin) Dijital Dönüşümü, Yeni Fikir Dergisi, 14 (29), 11-23
DOI: 10.57205/yenifikirjournal.1211439
Aksu M.V. & Taslak S. (2022). Fourth Industrial Revolution and Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs), The Journal of Yeni Fikir, 14 (29), 11-23
DOI: 10.57205/yenifikirjournal.1211439

Bu makalede intihal programıyla benzerlik raporu alınmıştır.
In this article, a similarity report with the plagiarism program was received.

Dördüncü Sanayi Devrimi ve Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin (KOBİ'lerin) Dijital Dönüşümü

Öz

KOBİ'leri dördüncü sanayi devrimi bağlamında nasıl bir gelecek beklediği konusuna odaklanan yönetim yazınının incelendiği bu çalışmada iki temel tespit yapılmaktadır. Birinci; yönetim araştırmacılarının Endüstri 4.0 teknolojilerinin entegre edilmesi durumunda örgütlerin bilgi aktarımı ve örgütsel bellekte bilgi depolanmasının nasıl etkileneceği konusunu büyük ölçüde ihmal ettiği yönünde bir tespittir. Bir yandan her şeyin internetinden bahsedip, her şeyin dijital bir veriye dönüşeceği üzerine çıkarımlar yapılırken, öte yandan bu sürecin nasıl örgütsel değişimler getirebileceği ya da nasıl sonuçları olacağı üzerine somut öneriler yeterli seviyede görülmemiştir. İkinci tespit ise; dördüncü sanayi devriminin getirdiği ve getirecekleri konusunda bilgi üretecek yönetim araştırmalarının geleneksel yöntemlerden ileri gidemediği yönündedir. Yeni teknolojilerin örgütlere adapte edilmesini modelleyecek, sonuçlarını öngörecek yöntem ve tekniklerin örgüt araştırmacıları tarafından benimsenmemiş olduğu görülmüştür. Bu tespitler doğrultusunda yönetim araştırmacılarının teknoloji odaklı bir sanayi devriminin örgütlerde yaratacağı değişimi anlayabilmesi için çalışma disiplinlerini kademeli olarak dijital dönüşüme uyumlandırmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur. Bu araştırmada, yönetim yazınında KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçişinin nasıl ele alındığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Scopus veri tabanında yayınlanan araştırmalar taranmıştır, zaman içinde oluşan trendler belirlenmiştir. KOBİ'lerin yönetim dışındaki farklı disiplinlerde Endüstri 4.0 dönüşümünün nasıl ele alındığı da Scopus veri tabanında incelenmiş ve yönetim yazınıyla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, diğer disiplinlerde olduğu gibi KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümünde yönetim yazınında da bilgi yönetimi alanında daha çok araştırma yapılabileceği ve simülasyon ve modelleme yöntemlerinin kullanılabileceği tespitleri yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, KOBİ, dijital dönüşüm, örgütsel değişim, örgütsel bilgi, simülasyon

Fourth Industrial Revolution and Digital Transformation of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)

Abstract

In this study, two main determinations in the management literature have been made, which focus on the future of SMEs in the concept of the fourth industrial revolution. The first finding is, that management researchers largely neglect the issue of how information transfer and information storage in organizational memory will be affected if Industry 4.0 technologies are adopted. On the one hand, talking about the internet of everything and making inferences that everything will turn into digital data, yet; on the other hand, it is seen that, the level of concrete suggestions on changes in organizations due to digital transformation or the result of this process is inadequate. The second finding is management research cannot go further than traditional methods, which will produce information about the fourth industrial revolution and its future returns, It has been observed that the methods and techniques that will model the adaptation of new technologies to the organizations and prediction of the results have not been adopted by organization researchers. In line with these findings, suggestions have been made for management researchers to gradually adapt their work disciplines to digital transformation; to understand the organizational change a technology-oriented industrial revolution will create. The purpose of this study is to understand how the Industry 4.0 transition of SMEs has been studies in management literature. Studies published on Scopus database have been reviewed and trends over time defined. Also, studies on SMEs Industry 4.0 transformation from other disciplines have been reviewed and compared with management literature. As a result, it has been determined that more research in information management can be done, simulation and modelling methods can also be used in management literature as in other disciplines.

Keywords: Industry 4.0, SME, digital transformation, organizational change, organizational knowledge, simulation

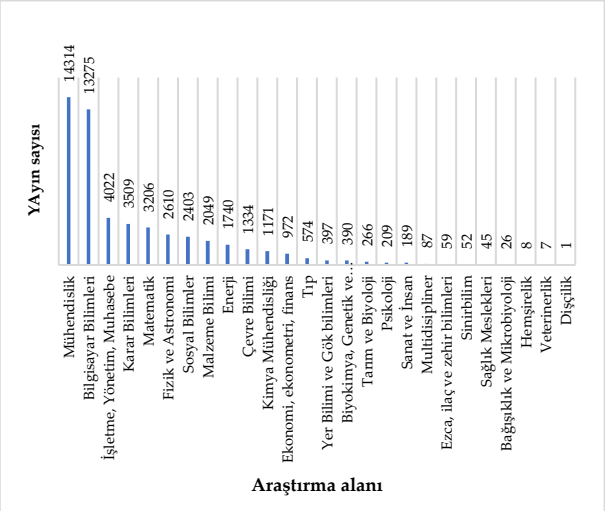
1. GİRİŞ

Tarihöncesi çağlardan bugüne insanlığın sosyal gelişimini etkileyen çığır açıcı olayların tümü tek bir grafik üzerinde gösterildiğinde; son iki yüz yıla kadar hemen hemen yatay bir seyir gözlemlenirken, buharlı motorun icadıyla insanlığın sosyal gelişiminin doksan dereceye yakın bir açıyla yükselişe geçtiği görülmüştür. Bilgisayarın icadı ve internetin keşfi ise eğrinin tam dik açıya ulaşmasına sebep olmuştur (Moris, 2010; alıntılayan: Brynjolfsson ve Mcaffee, 2014). Sanayi devrimleri, pek çok disiplinde eş zamanlı olarak birbirini tetikleyen devrimsel dönüşümlerin bütünüdür, bu sebeple insanlığın gelişiminde büyük sıçramalar yaratmaktadır. Sanayideki dönüşümün bilimsel yansımalarından biri de yönetim düşüncesinin ve örgüt araştırmalarının doğuşudur. Devrimin sanayide başlaması ilk olarak ekonomik bir dönüşüm yaratmaktadır. Ekonomik dönüşüm ise diğer bütün alanlardaki dönüşümü tetiklemektedir (Rostow, 1975). Ekonomik dönüşümün gerçekleşmesi ise örgütlerin yapılarının, işleyişlerinin ve iş sistemlerinin yeni teknoloji ve paradigmaları benimsemesiyle gerçekleşmektedir. Bu nedenle, her sanayi devrimi yeni örgütsel formları ve yönetim anlayışlarını beraberinde getirmiştir.

Sanayi devrimlerinin yarattığı dönüşümü şöyle özetleyebiliriz; birinci sanayi devrimi ile, su gücü ve buhar gücüyle çalışan makineler sayesinde örgütlerde mekanizasyon dönemi başlamıştır. Küçük aile işletmelerinden, fabrika düzenine geçilmesi bu dönemin örgütsel form değişimidir. İkinci sanayi devriminde mekanik enerjinin yerini elektrik enerjisi almış ve bu sayede büyük ölçekli kitlesel üretime geçilmiş ve koordinasyonu sağlayabilmek için iş bölümüne gidilmiştir. Örgüt kuramının doğuşu ikinci sanayi devriminin eseridir. Planlama, örgütlenme, koordinasyon, kontrol mekanizmaları, örgüt yapısı üzerine düşünceler bu dönemde şekillenmeye başlamıştır. Giderek büyüyen ölçekler uluslararası işletmelerin ve holding yapılarının oluşmasına zemin hazırlamıştır. Modern sanayi devrimi olarak da adlandırılan üçüncü sanayi devrimiyle ise bilgi teknolojileri ve elektronik gelişmiş, üretimde mikro işlemciler ve sayısal kontrollü makinelerle otomasyon ve robotik çağı başlamıştır. Bilgi teknolojileri iletişimi hızlandırmış, mesafeleri kısaltmıştır ve böylece küresel ekonomi paradigmasına geçilmiştir. Küreselleşme bir yandan çokuluslu işletmelerin daha da büyümesine olanak tanırken, diğer yandan, küresel güçlere alternatif olarak taleplere hızlı cevap verebilecek ve müşteri odaklılık mantığıyla esnek çözümler üretebilecek daha küçük ölçekli yerel örgütsel formları; KOBİ'leri doğurmuştur. KOBİ'lerin büyük ölçekli işletmelerle rekabette hayatta kalma mücadeleleri, çeşitli stratejik iş birliklerini, kümelenmeleri, temel yeteneğe odaklanma, ağ ilişkileri içinde dış kaynaktan yararlanma gibi modern örgüt yapıları ve iş sistemlerinin doğmasını sağlamıştır. Üçüncü sanayi devrimiyle değer kazanan bu küçük ve orta ölçekteki yerel işletmeler finansal dezavantajlarına rağmen, esnek yapıları ve sağladıkları istihdam gücü sayesinde ülke ekonomilerini şekillendirmeye başlamıştır. Otomasyon çağını yirmi birinci yüzyılın sanayi devrimi olan, örgütlenme ve kontrol anlayışını radikal olarak dönüştürecek dijitalleşme takip etmiştir. Dördüncü sanayi devrimi, namı değer: Endüstri 4.0;

"Endüstri 4.0: Nesnelerin İnterneti ile 4. Sanayi Devrimine Doğru"

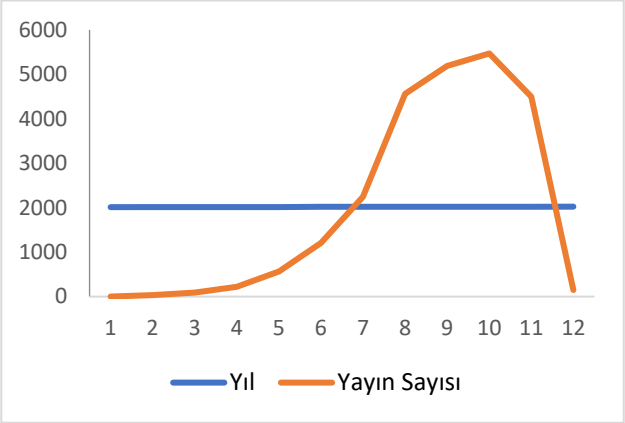
"Endüstri 4.0" girişimi Hannover Fuarı'nda halka sunulmaktadır. Önümüzdeki on yılda siber fiziksel sistemlere dayalı yeni iş modelleri mümkün hale gelecektir ve "ilk keman"ı Almanya çalacaktır." manşetleriyle önceden duyurusu yapılarak 2011 yılında başlatılmıştır (Kagermann vd., 2011). Bütün sanayi devrimlerinde olduğu gibi Endüstri 4.0 devrimi de birçok disiplinin eş zamanlı olarak büyük dönüşümler geçirdiği bir süreç yaratmıştır. Farklı alanlardan devrimin birçok boyutu hakkında, yeni teknolojilerin bu alanlara etki derecesine dair artan oranda bilimsel bilgi üretilmektedir. Geçen on yılda Scopus veri tabanında farklı disiplinlerden yirmi binin üzerinde araştırma arşivlenmiştir. Devrimin teknoloji odaklı olması ve dijital dönüşümün siber fiziksel sistemler vasıtasıyla kurgulanması gereği mühendislik ve bilgisayar bilimleri disiplinleri konuyla ilgili araştırmalarda başı çekmektedir. Ardından devrimin sanayideki dönüşümü ve yaratacağı örgütsel değişimi araştıran işletme, yönetim ve karar verme disiplinleri takip etmektedir. Yayınların araştırma alanlarına göre dağılımı grafikteki gibidir:



Grafik 1: Endüstri 4.0 Yayınlarının Araştırma Alanlarına Göre Dağılımı

İlk dönem yeni sanayi devrimin ne olduğunu anlamaya çalışan kavramsal araştırmalar çoğunlukta iken, onuncu yılın sonunda gelindiğinde sanayi devrimi gerek akademide gerek iş dünyasında içselleştirilmiştir. Endüstri 4.0'ın getirdiği yeni teknolojiler denenmekte ve işletmelerin yapısal durumları uyarınca kademeli olarak entegre edilmektedir. Devrimin birinci etabı tamamlanmış ve ikinci on yıllık süreç başlamıştır. İlk on yılda bilimsel yayınların sayısı da katlanarak artmıştır. Devletlerin Endüstri 4.0 için

hazırladıkları yol haritaları ve uzun vadeli projeleri ikinci on yılın sonunda tamamlanmış olacağından önümüzdeki dönem Endüstri 4.0'ın sonuçlarına dair bulgular içeren çok daha yüksek oranda bilimsel bilgi üretileceği tahmin edilmektedir. Bilimsel yayınların Scopus veri tabanına göre yıllar içindeki değişimi Grafik 2'de görüldüğü gibidir (www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&sid=9fc6297f143260bfbad4aa898c195c73&sot=a&sdt=a&sl=21&s=smes+and+industry+4.0&origin=searchadvanced&editSaveSearch=&txGid=c536ed3a4765af57c55e59c7bf0c1a17, Erişim Tarihi: 22.11.2022).



Grafik 2: Endüstri 4.0 Yayınlarının Yıllara Göre Dağılımı

Endüstri 4.0'a geçişle amaçlanan üretim, bilgi teknolojileri ve interneti birleştirmektir. Üretimden gelen verilerin bilgi teknolojileri ile internet ortamına aktarılması üreticiyi doğrudan müşteriyle bağlamaktadır. Bu durum, müşterinin, tedarik zincirinden başlayarak, üretim süreçlerinin her safhası hakkında eşzamanlı bilgi alabilmesini sağlamaktadır. Benzer şekilde iç paydaşların da süreçleri online olarak takip edebilmesini ve yöneticilerin gerekli durumlarda uzaktan müdahale edebilmesini de olanaklı hale getirmektedir. Burada yeni bir sanayi devrimini yaratan esas değişim, işletmelerin mekanik ve organik bileşenlerinin dijital ortamda kendi aralarında ve birbirleriyle bilgi alışverişinde bulunabilmesidir (Matt ve Rauch, 2020: 4).

Endüstriyel dönüşüm tamamlandığında; katı sınırları olan geleneksel merkezi karar mekanizmalarının yerini daha esnek üretim ve lojistik sistemleri ile etkileşimli ve müşterek karar vermeye dayanan daha şeffaf süreçler alacaktır. E4.0 ile kitlesel üretim (mass production) yapan imalat süreçlerinin daha etkili hale getirilerek, üretim maliyetini artırmadan kitlesel üretimin kişiye özel olarak kurgulanması -kitlesel kişiselleştirme- (mass customization) amaçlanmaktadır (Spath vd., 2013). Büyük ölçeklerde standart üretim yapan büyük işletmeler için üretim süreçlerinin esnek hale getirilmesi, daha küçük ve esnek yapıya sahip, girişimcilik ve yenilikçilik yönü kuvvetli olan KOBİ'lere göre daha zordur. Bu sebeple, E4.0 dönüşümünde kompakt, adaptif ve yenilikçi KOBİ'lerin dijital dönüşümü yakalaması yeni sanayi devriminin gerçekleşmesi için hayati önem taşımaktadır (Sommer, 2015). Deloitte ve PricewaterhouseCoopers (PWC) 2015 yılı raporlarında, KOBİ'lerin büyük ve uluslararası işletmelere oranla çok daha hızlı bir şekilde yeni bilgi işlem yapıları oluşturduklarını ve ürünlerini dijitalleştirdiklerini aktarmışlardır (Matt ve Rauch, 2020: 5). Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde devletlerin yol haritalarında KOBİ'lerin önemine vurgu yapılmaktadır ve verilecek destekler detaylı olarak çalışılmaktadır. OECD ve Avrupa Birliği'nin özellikle kalkınmada gecikmiş ülkelerin KOBİ'lerinin nasıl destekleneceğine dair kapsamlı çalışmalar da yürütülmektedir.

Bu çalışmada KOBİ'lerin dijital dönüşümdeki durumunu görmek ve KOBİ'lere geleceğe dair neler söylenebileceğini tespit etmek amacıyla bilimsel araştırmalar incelenmiştir. Scopus ve Web of Science veri tabanlarında "KOBİ'ler ve Endüstri 4.0" genel başlığı altında yapılan incelemede yazında en çok araştırılan konular belirlenmiştir. Yıllara göre değişen trendler ayrıştırılmış ve trend konular kapsamında veri tabanlarında sorgulama "KOBİ'ler ve Endüstri 4.0" genel başlığının altında "bariyerler/fırsatlar", "dijital dönüşüm", "dijital olgunluk", "bilgi yönetimi", "örgütsel değişim", "bilgi aktarımı", "bilgi depolama", "örgütsel bellek", "modelleme", "simülasyon" alt başlıklarında daraltılarak yinelenmiş ve en çok atıf alan makaleler incelenmiştir. Araştırmada öncelikle kapsam geniş tutulmuş ve KOBİ'lerin dijital dönüşümünün hangi disiplinlerde ağırlıklı olarak merak konusu olduğu tespit edilmiştir. Çalışma daha sonra işletme, yönetim ve karar sistemleri çerçevesinde daraltılmış ve yönetim yazını ile diğer disiplinler arasındaki yöntem farklılıkları tespit edilmiştir. Yönetim yazınında eksik görülen alanlar ve geliştirilmesi gerektiği düşünülen yöntemler dile getirilmiştir. KOBİ'lerin ihtiyaç duydukları bilgilerin üretilebilmesi için yönetim araştırmacılarına dijital dönüşüme geçişte öneriler sunulmuştur.

2. YÖNETİM YAZININDA KOBİ'LER VE ENDÜSTRİ 4.0 DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ

Dördüncü sanayi devriminin Endüstri 4.0 (E4.0) adıyla ilan edilmesinin ardından (Kagermann vd, 2011) Almanya başta olmak üzere bütün dünya ülkeleri yeni sanayi devrimi için yol haritalarını oluşturmaya başlamıştır. Dijital dönüşüm yol haritaları oluşturulurken yüksek teknoloji üreten, kalkınmada öncelikli sanayi dalları belirlenmiş ve öncelikli eylem planları bu alanlara yönelik geliştirilmiştir. Dijital dönüşümün geçiş aşamasının yüksek maliyetler barındırması sebebiyle bu yeni sanayi paradigması öncelikle bu maliyeti karşılayabilecek büyük ölçekli işletmeleri içine çekmiştir. Her ne kadar devletlerin eylem planları KOBİ'lerin dijital dönüşümüne büyük önem atfetmiş ve bu yönde birçok teşvik ve sübvansiyon programları açıklamışsa da KOBİ'ler, küçük ölçekli olmanın getirdiği zaten var olan ekonomik, yönetsel, örgütsel sorunlarla uğraştıklarından yeni ve bilinmeyen bir dünyaya adım atmakta çekingen davranmaktadırlar.

KOBİ'lerin Endüstri 4.0'daki durumuyla ilgili ilk çalışmalar Almanya menşeilidir. İlk etapta KOBİ'lerin dijital dönüşümde hayatta kalamayacağına dair oldukça karamsar çalışmalar görülmektedir. Rickmann (2014), KOBİ'lerde köklü değişimler yapılmazsa yeni sanayi devriminin bir tsunami dalgası misali KOBİ'leri ezip geçeceğini iddia etmiştir. Benzer şekilde Sommer (2015), Endüstri 4.0'ın bütün yükünün KOBİ'lerin omuzlarına yüklendiğinden ve KOBİ'lerin finansal olarak bu süreci atlatmakta zorlanacağından bahsetmiştir. İlk akademik çalışmalar, henüz bir uygulama olmadığı için ve henüz alanyazın oluşmadığı için KOBİ yöneticileriyle yapılan mülakatlar vasıtasıyla KOBİ'lerin yeni sanayi devrimi ve dijital dönüşüm ile ilgili görüşlerinin alındığı, konu hakkındaki bilgi düzeyinin ölçüldüğü ve farkındalığın yaratılmaya çalışıldığı, tavsiye niteliğinde araştırmalardır. Zamanla KOBİ'lerin geçiş süreci için daha somut stratejik ve operasyonel modeller geliştirilmeye başlanmıştır. Olle ve Claus (2015), araştırma kapsamını Almanya dışına taşımış ve Almanya ile Avusturya ve İsviçre'de otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren 1000 KOBİ ile yaptıkları araştırma çerçevesinde, Endüstri 4.0 devriminin ilan edilmesinin üzerinden dört yıl geçmiş olmasına rağmen, üstelik devrimin bilinçli olarak başlatıldığı merkez bölgede yer alan KOBİ'lerin konu hakkında bilgi sahibi olmadıklarını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak KOBİ'ler için teorik bir stratejik model önermişlerdir. Aynı yıl Faller ve Feldmüller (2015), yönetimin öğrenen örgüt kavramını anahtar/kilit üreticilerinin E4.0 dönüşümü için uygulamıştır. Geliştirilen aşamalı bir eğitim modeli ile yönetim kademelerini dikey bütünleşmeyle yaklaştırarak değer zinciri yaratılmasını sağlamışlardır. Bu çalışmanın ve bundan sonraki akademiye ve uygulayıcılara katkı sağlayan araştırmaların ortaya çıkmasında Almanya'nın ve Avrupa Birliği'nin (Ufuk 2020-2030) Endüstri 4.0 yol haritalarında önemle altı çizilen üniversite-sanayi iş birliğinin etkisi büyüktür.

Devrimin beşinci yılından itibaren dünya genelinde KOBİ'lerin E4.0 dönüşümü için önemi konusunda farkındalık artmış ve Almanya dışında da akademik yazın çeşitlenmeye başlamıştır. Bu dönem bir yandan önceki kaygıların devam ettiği, KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a geçişinde yaşayacağı sıkıntılar, önündeki engeller ve KOBİ'leri bekleyen tehditlerin irdelendiği ve beraberinde E4.0'a teşvik edecek unsurların tespit edilmeye çalışıldığı (de Sousa Jabbour vd., 2018; Jaeger vd., 2016; Corò ve Volpe, 2020; Rauch vd., 2019, Müller vd., 2018; Moktadir vd., 2018), diğer yandan KOBİ'lerde bulut bilişim (Wang ve Wang, 2016), veri madenciliği (Wang vd., 2016; Oliff vd Liue, 2017), nesnelerin interneti (Lee ve Lee, 2015), siber ağlar (Saniuk ve Saniuk, 2018), ogmantasyon (Gualtieri vd., 2018) gibi E4.0 teknolojilerinin uygulamada denendiği, öte yandan stratejik modellerin geliştirildiği (Hermann vd., 2016) ve kapsamlı yol haritalarının oluşturulduğu (Mittal vd., 2018) üretken bir dönemdir.

Bu dönem yapılan çalışmalar alanyazında bir zemin yaratmış ve 2018 sonrası KOBİ'lerin E4.0'a geçiş süreci üzerine bilgi üretim süreci ivme kazanmıştır. Özellikle fırsatlar/tehditler, bariyerler/teşvik edici unsurlar üzerine çalışmalar (Öztemel ve Gürsev, 2020; Kumar vd., 2020; Raj vd., 2020, Masood ve Sonntag, 2020; Türkeş vd., 2019) katlanarak artmıştır. Araştırmacılar KOBİ'lerin önlerindeki engelleri ve KOBİ'leri E4.0'ı uygulamaya iten güçleri farklı perspektiflerden değerlendirmiştir. Bu çalışmaların çoğunda sözü geçen güçler benzerlik gösterse de araştırmacılar konuyu farklı kategorik sınıflandırmalarda ele almaktadır. Buradan hareketle, farklı sınıflandırmalara bütünsel bir çerçeve getirme amacıyla sistematik taramalar yapılmaya başlanmış ama ne yazık ki belli bir çerçevede uzlaşılamamıştır. Verilen devlet teşviklerine rağmen KOBİ'lerin E4.0 teknolojilerini benimseme hızı oldukça yavaş ilerlemektedir. KOBİ'leri neyin durdurduğunu anlayabilmek ve bu yeni teknolojilerin getirilerini göstererek onları geçişe teşvik etmek üzere, KOBİ'lerin E4.0'a geçiş engelleri ve geçişi tetikleyici güçler konusu akademide giderek daha çok ilgi görmeye başlamıştır. Konuyla ilgili en çok araştırma içinde bulunduğumuz 2022 yılında yapılmıştır. Scopus verilene göre yalnızca 2022 yılında bu konuda 1008 araştırma yayınlanmıştır (https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&st1=smes+AND+industry+4.0+AND+barriers&nlo=&nlr=&nls=&sid=7de3c089f859b379ddfcd2b3ec2b58c7&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubjabbr%2c%22BUSI%22%2ct%2bscopubyr%2c%222022%22%2ct&sl=39&s=ALL%28smes+AND+industry+4.0+AND+barriers%29&origin=resultslist&zone=leftSideBar&editSaveSearch=&txGid=3506e8, Erişim Tarihi:12.12.2022).

Konunun öncü araştırmalarından Orzes vd., (2018), KOBİ'lerin önündeki bariyerlerin ele alındığı İngilizce ve Almanca yazından sistematik tarama sonucunda on dokuz unsur belirlemiştir. Belirlenen bariyerler, İtalya, Tayland ve Amerika'dan 37 KOBİ'yle odak grup çalışması yapılarak, uygulayıcılarla birlikte altı temel kategorik başlık altında;

1. Finansal Sorunlar: Yüksek yatırım ihtiyacı, parasal kaynak bulma sıkıntısı, ekonomik faydanın net olarak tanımlanmamış olması,
2. Kültürel Sorunlar: Tepe yönetimden yeterince destek gelmemesi, ağ içinde bulunmak yerine özerk çalışmanın tercih edilmesi,
3. Yetkinlik/Kaynak Sorunları: Nitelikli işgücünün bulunmaması, teknik bilgi eksikliği, karmaşıklık, birlikte araştırma yapacak uygun ortaklıkların bulunmaması,
4. Yasal Sorunlar: Veri güvenliği endişesi,
5. Teknik Sorunlar: Standartların olmaması, sistemlerin güvenilirliğinden emin olunmaması, zayıf bilgi işlem alt yapısı, veri depolama sorunu, birlikte çalışamama/uyumsuzluk sorunları, teknolojik olgunluğun yeterli seviyede olmaması,
6. Uygulama Süreçleri ile ilgili Sorunlar: Yeni iş modellerine ihtiyaç duyulması, uygulamaya dönük yöntemsel yaklaşımların olmaması, koordinasyonun yüksek efor gerektirmesi şeklinde özetlemiştir.

E4.0'a geçişte KOBİ'lerin önündeki bariyer ve engelleri ele alan araştırmaların karşı cephesinde dijital dönüşümün KOBİ'lere sağlayacağı faydaları ölçmeye çalışan çalışmalar yer almaktadır. Gilchrist (2016), E4.0'ın KOBİ'lere getirilerini; rekabet gücünün artması, verimlilik artışı, gelir artışı, ulaşılabilir nitelikli işgücünce artış, üretimde optimizasyon, sanal platformlar sayesinde teknolojinin sürekli ilerlemesi, gelişmiş müşteri hizmetleri ağlarının kurulması olarak ifade etmiştir. Moeuf vd. (2018) ise dört büyük veri tabanından E4.0'ı uygulayan KOBİ'ler üzerinde yapılan görgül çalışmaları derlemiş ve araştırmaya konu olan 23 makalenin bulguları neticesinde yeni sanayi devriminin teknolojilerini benimseyen KOBİ'lerde maliyetlerin düştüğü, teslimat süresinin azaldığı yönünde tespitte bulunmuşlardır. Bir diğer tespitleri de E4.0 teknolojilerinin kullanılmasının üretimin kalitesini ve esnekliğini; dolayısıyla üretkenliği artırdığının gözlemlenmiş olmasıdır.

Stentof vd. (2021), KOBİ'ler için kilit faktörün yöneticiler olduğunu düşünmektedir. Yöneticilerin dijital dönüşüme ilgili olması KOBİ'lerin E4.0'a geçişini hızlandıran en temel etken olarak görülmektedir. Benzer mantıkla E4.0'a geçişte en büyük engel de yöneticilerin dijital dönüşümün önemini anlayamaması ve ilgisini daha ziyade operasyonel konulara yöneltmesi olarak kabul edilmektedir. Yöneticilerin yanı sıra çalışanların teknik yetersizliği, dönüşüm sürecinde devamlı eğitimden geçirilmeleri gereği, işten atılma korkusu nedeniyle çalışanların örgütsel değişime gösterecekleri direnç de E4.0'a geçiş engellerinin başında gösterilmektedir (Kumar vd., 2020).

Aynı konunun çok atıf alan güncel araştırmalarından biri Ghobakhloo vd. (2022)'ne aittir. Bu kez SCI ve SSCI kapsamına giren makaleler incelenmiş ve nihayetinde KOBİ'ler ve E4.0 konusu yönetim yazınının temel düşünce sistemleri takip edilerek teknolojiyle ilgili unsurlar, çevreyle ilgili unsurlar ve örgütün iç yapısıyla ilgili unsurlar olarak koşul bağımlılık çerçevesinde üç başlık altında kavramsallaştırılmış ve sınıflandırma bu doğrultuda tablodaki gibi yapılmıştır. Bu araştırma sadece genel kavramsal çerçeveyi çizmekle kalmamış aynı zamanda teknoloji-örgüt-çevre düzeylerinde belirlenen her unsurun alt kategorilerini ve daha alt kategorilerini detaylı olarak ele almıştır. Tablo 1'de çizilen çerçevenin özeti gösterilmektedir. Yapılan sistematik taramada incelenen araştırmaların her birinin bulguları dallanarak ilerleyen şablonda yer almaktadır. Alanyazında kabul görmüş bütün araştırmalarda değinilen bariyerler ve teşvik edici unsurların sınıflandırmaya dahil edildiği bir çerçeve çizmesi bakımından yol gösterici nitelikte bir çalışmadır.

KOBİ'lerin önündeki engeller ve itici güçler sorgulaması KOBİ'lerin dijital dönüşüme ne kadar hazır oldukları sorusunu da beraberinde getirmiştir. Yeni sanayi devriminin ilan edilmesinin üzerinden geçen süreçte engellere ve risklere rağmen dünya genelinde KOBİ'lerin bir kısmı, kısmen veya tamamen dijital teknolojileri kullanmaya başladı. Bu durumda, KOBİ'lerin E4.0'a geçişi için tek tip yöntem ve stratejiler geliştirilmesi anlamsızlaşmaktadır. KOBİ'lerin dijital olgunluk seviyeleri farklı olduğu için stratejilerin bu seviyelere uygun olarak özelleştirilmesine ihtiyaç doğmuştur. Tabi olarak, öncelikle yazında dijital olgunluk seviyesinin ne olduğu tanımlanmış, dijital olgunluk düzeyleri kategorize edilmiş ve KOBİ'lerin E4.0'a ne kadar hazır olduğu ölçeklendirilmiştir. Bu yeni araştırma alanı da akademide oldukça ilgi gördü. 2016-2023 yılları arasında Scopus'ta, işletme ve yönetim alanlarında KOBİ'lerin dijital olgunluk düzeylerini belirleyen 104 çalışma bulunmaktadır (www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=cc53f38d49c520abb0de0cc5feff9392&sot=a&sdt=cl&cluster=scosubjabbr%2c%22BUSI%22%2ct&sl=44&s=smes+and+industry+4.0+and+%22digital+maturity%22&origin=resultslist&zone=leftSideBar&editSaveSearch=&txGid=d60968cf4d88433587dbd07e69584193, Erişim Tarihi: 12.12.2022).

Teknolojik Belirleyiciler	**Örgütsel Belirleyiciler**	**Çevresel Belirleyiciler**
E4.0 teknolojilerine uyumluluk	Özümseme kapasitesi	Rekabetçi çevre
E4.0 teknolojilerinin karmaşıklığı	İşletme özellikleri (endüstri, büyüklük vs.)	Hissedar baskısı
E4.0 teknolojilerinin siber güvenlik riskleri	Teknik yetkinliğin dijitalleşmesi (IT/OT)	Ortaklıklar ve İş birlikleri
E4.0 teknolojilerine yatırım riskleri	Bilgi ve uzmanlığın dijitalleşmesi	Dış destekler
E4.0 teknolojileri ile gerçek zamanlı veri değişimi yapabilme	Kurulum süreçlerine dahil olma	E4.0 teknoloji sağlayıcılarının özellikleri
E4.0 teknolojilerinin algılanan stratejik faydaları	E4.0 stratejik yönetim yetkinliği	Altyapı ve bölgesel özellikler
E4.0 teknolojilerinin kullanımının kolay olması	Örgüt kültürü Örgütsel yapı Kaynaklara erişim Sosyal sermaye Tepe yönetimin karakteristik yapısı	Değer zincirinin E4.0'a hazır olması

Tablo 1: KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a Geçişini Belirleyici Faktörler

Burada da araştırmacılar önceki yazını sistematik olarak inceleyip, ortaya konan modellerden yola çıkarak yeni modeller belirlemiş, yeni kategorizasyonlar yapmıştır. Bu durum alanyazının çeşitliliğinin artması ve üretilen bilgi açısından oldukça değerlidir. Ancak, bir modelde konsensüs oluşmaması ve her araştırmada farklı bir kategorik yaklaşım izlenmesi bir kavram karmaşası yaratmaktadır. Uygulayıcıların ya da sonraki araştırmacıların hangi modeli baz alması gerektiği belirsizdir. Bu noktada, araştırmacıların paradigma

farklarının konuya yaklaşımını değiştirdiğini de ifade etmek gerekir.

Yönetim disiplininin ekol farklılıkları burada da kendini göstermekle birlikte Endüstri 4.0 devriminin teknoloji odaklı olması, araştırmacıları sosyo-teknik ekole çekmektedir (Davies vd., 2017; Ludwig vd., 2018; Hobscheidt vd., 2021). Sosyo-teknik ekol çerçevesinde, KOBİ'lerin dijital olgunluk seviyesi temel olarak teknolojik boyutun örgütsel boyutlara etki derecesine göre belirlenmiştir. Masood ve Sonntag (2020) örneğin, üretimin karmaşıklık düzeyine göre farklı teknolojilerin benimsenmesi gerektiğini iddia etmektedir. Mittal vd. (2018), örgütsel boyutu beş kategoride (finans, strateji, ürün, süreç, insan), teknolojik boyutu ise yedi kategoride (üretim araçları, yönetim araçları, bulut depolama araçları, tasarım ve simülasyon araçları, sensörler ve ağ araçları, robotik ve otomasyon araçları) ele almıştır. Kullanılan teknolojinin karmaşıklığı KOBİ'nin dijital olgunluk seviyesini belirlemektedir. İlk seviye acemilik seviyesidir, bunu yeni başlayan, öğrenen, orta seviye ve uzmanlık seviyeleri izlemektedir. Cimini vd. (2020), örgütsel boyutta 'strateji, insan ve süreç' faktörlerini aynen kullanmış ancak 'ürün' ve 'finans' yerine 'yapı' ve 'ödüller'i denkleme dahil etmiştir. Teknoloji boyutunu da üretim, yönetim ve örgüt düzeyinde ayrıştırmışlardır. Otomasyon, karar destek sistemleri ile yatay ve dikey bilgi aktarımı sağlayan teknolojilerdeki değişimlerin strateji, insan, süreç, yapı ve ödüllere etki dercesine göre KOBİ'lerin dijital olgunluk seviyeleri belirlenmiştir. Teknolojik karmaşıklık düzeyinin örgütsel faktörlere etkisine göre; endüstri 4.0'ın hiç kullanılmadığı sıfır seviyesi, E4.0'a dair bilgi edinildiği oryantasyon seviyesi, E4.0 teknolojilerine hazırlık seviyesi, E4.0 teknolojilerini deneme/test etme seviyesi, yeni teknolojilerin rutin olarak kullanıldığı seviye, var olan süreçlerle E.40 teknolojilerinin bütünleştirildiği tam dönüşüm seviyesi olarak dijital olgunluk seviyesi altı kademeli bir çerçevede değerlendirilmiştir.

Buna karşın, dijital dönüşümü yönetim boyutunda örgütsel düzeyde ele alan Ganzarain ve Errasti (2016), E4.0'a geçişin ancak stratejik dönüşümle mümkün olacağını ve örgütün dijital olgunluk seviyesinin stratejik dönüşümün ne ölçüde gerçekleştiğine bağlı olarak değişeceğini iddia etmektedir. Bu yaklaşıma göre, dijital dönüşümün gerçekleşebilmesi için yönetimin endüstri 4.0'ı içselleştirmesi ve bütün stratejik planlarını yeniden inşa etmesi gerekmektedir. İlk aşama E4.0 için vizyon geliştirme aşamasıdır. Belirlenen vizyon doğrultusunda ikinci aşamada stratejik yol haritası oluşturulmalı ve eylem planları hazırlanmalıdır. Hazırlanan eylem planlarında bir sonraki aşamada dijital dönüşüme uyumlu kaynaklar tanımlanmalı, hedef kitle segmentasyonu yapılmalı ve değer zinciri oluşturulmalıdır. Bunu takip eden aşama stratejileri uygulama ve gerçekleştirme aşamasıdır. Dijital olgunluğun en üst düzeye ulaşabilmesi için son olarak iş modelinin tamamen E4.0'a uygun olarak yeniden kurgulanması gerekmektedir. Sözü geçen beş aşamalı stratejik dönüşüm esasen birbirini takip eden hayal etme, imkan yaratma ve gerçekleştirme süreçlerinden oluşan bir süreç modeli olarak değerlendirilmektedir.

Garzoni ve De Turi (2020) de dijital dönüşümün stratejik dönüşümle gerçekleşeceği konusunda hemfikirdir. Ancak, teknolojik boyutun da dışarıda bırakılmaması gerektiği düşüncesiyle her iki ekolun savlarını birleştirerek dijital olgunluğun oluşabilmesi için dört aşamalı bir model ortaya koymuşlardır. Araştırmada üç farklı endüstri kolu ile çalışılmıştır. İlk aşama, araştırmacıların E4.0 üzerine katılımcıları bilgilendirdiği konuyla ilgili dijital farkındalık yaratma aşamasıdır. İkinci aşama, endüstrilerin bütün ilgililerinin katılımıyla düzenlenen seminerler ve odak grup çalışmaları ile akıllı teknolojilerin kullanılabileceği alanların sorgulanması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi aşamasıdır. Üçüncü aşamada katılımcılar daraltılarak doğrudan birbirleriyle yakın etkileşim içinde olan paydaşların katılımıyla dijital iş birliklerini değerlendirmektedir. Beraberinde, örgütlerin kendi iç dinamiklerinin E4.0'a geçişle nasıl değişeceği ve bu değişimin örgüte sağlayacağı avantajların idrak edildiği bir dijital olgunluk seviyesine ulaşılmaktadır. Son olarak içselleştirilen bu teknolojilerin üretimde, örgütsel yapıda, strateji oluşturmada ve dağıtımda kullanılmaya başlandığı ve dijital dönüşümün gerçekleştiği olgunluk seviyesine ulaşılmaktadır.

3. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Görüldüğü üzere KOBİ'lerin dijital olgunluk seviyesini belirlemek için farklı yaklaşımlar benimsenmiştir. Yukarıda söz geçen ve yüksek atıf almaları sebebiyle çalışmanın konusu yapılan bu araştırmaların dışında da akademide konuya ilgi artmakta, ilgi arttıkça yeni kategorizasyonlar, farklı isimlerle farklı seviyeler ortaya çıkmaya devam etmektedir. Bütün bu araştırmaların ortaya koyduğu en önemli husus belki de KOBİ'lerin E4.0'a geçişinin kademeli olması gerektiği yönündeki fikir birliğidir. KOBİ'lerin finansal ve yapısal bariyerleri bilinen bir gerçektir. Yeni sanayi devriminin getirdiği bütün teknolojilerin geçiş sürecinde uygulanabilmesi yukarda tartışılan bariyerler nedeniyle mümkün değildir. KOBİ'lerin mevcut durum analizlerinin genel geçer teorik modeller yerine vakalar üzerinden yapılması ve dönüşüme ne kadar hazır olduğunun belirlenmesi ve tavsiyelerin, iş modellerinin bu doğrultuda özelleştirilmesinin daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Vakalar üzerinden kademeli geçiş için incelenen KOBİ'ye yönelik modeller oluşturulması belirsizliği azaltacak, uygulayıcıların dönüşümün faydalarını kendi açılarından değerlendirebilmesini ve somut adımlar atabilmesini sağlayacaktır.

Hermann vd. (2016), Endüstri 4.0'ı bilgi ve iletişim teknolojilerinin endüstriyel üretimle yakınlaştırılması olarak tanımlamıştır. Bu tanımdan hareketle E4.0 sürecinde bilginin edinilmesi, öğrenilmesi, aktarılması, depolanması ve unutulmasının nasıl değişeceği gibi konuları içine alan bilgi yönetimi alanında bu konuda geçen on yıllık süre içinde çok sayıda makale yazılmış

olması beklenilebilir. Ancak; Endüstri 4.0 sanayi devrimi "bağlantı" "bilgi" ve "hız" kelimeleriyle neredeyse özdeşleşmişken, dijital dönüşüm sayesinde bilgiye her yerden anında ulaşabilmek mümkün hale gelmişken, makineler öğrenebilir ve kendi aralarında bilgi aktarımı yapabilirken, KOBİ'lerin dijital dönüşümde bilgiyi nasıl üreteceği, nasıl depolayacağı konuları ile bilgi yönetiminde örgütsel değişimin nasıl gerçekleşeceğine dair henüz yeterli bilginin üretilmediği görülmektedir. Daha önceki sanayi devrimlerinin örgütsel bilginin depolanmasında etkileri bilinirken (Argote, 2013) dördüncü sanayi devrimin örgütsel belleği nasıl değiştireceği muammadır. Bilindiği üzere birinci sanayi devrimine kadar insanların beceri ve tecrübelerinde (Engeström vd., 1990; McGrath ve Argote, 2001; Wittenbaum vd., 2002) gömülü olan bilgi, sanayi devrimiyle birlikte insanlardan çok görev ve prosedürlere (March ve Simon, 1975; Cyert ve March, 1963; Cohen ve Bacdayan, 1994; Yates, 1990) aktarılmış, insan-görev arasında (Starbuck, 1992) dağılmıştır. Bu dağılım bilgisayarın ve internetin bulunuşuna ve otomasyona geçişe kadar böyle devam etmiş ve üçüncü sanayi devrimiyle birlikte bilgi insan ve görevlerle birlikte kullanılan teknolojide (Jaffe, 2001; Argote, 2013) de saklanmaya başlamıştır. Dijitalleşmeyle birlikte bilginin saklanmasında teknolojinin rolü giderek artmaktadır. Ancak, bu gidişat örgütsel bilginin tamamen teknolojiye aktarılması ve insan belleğinin devre dışı bırakılmasına varıp varmayacağı sorunsalını da doğurmaktadır (Raisch ve Krakowski, 2021). Endüstri 4.0 için devletlerin belirlediği dijital dönüşüm yol haritaları, çalışanların gelişmiş teknolojiyi kullanabilir olması (ogmantasyon) için sürekli eğitim politikaları geliştirilmesini önermektedir. Bu doğrultuda hem devletler özelinde hem uluslararası düzeyde çalışmalar yapılmaktadır. Sürekli eğitim politikaları insanı sistemin içinde tutmak ve akıllı fabrikaların aklında devamlı olarak insanın payının olmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Daha önce ifade edildiği gibi dördüncü sanayi devrimi yaşandıktan sonra değil bizzat yaşanırken anlaşılmaya çalışıldığı için örgütlerde insan faktörünün nereye varacağı konusunda kesin bir şey söylenememektedir. Ancak örgütsel bilginin depolandığı koordinasyon ağlarında (Argote ve Ingram, 2000; McGrath ve Argote, 2001) insan-görev-araç etkileşiminin dijital dönüşümle nasıl değişeceği, hangi ağ-bağ etkileşimlerinin kuvvetleneceği, hangilerinin yok olacağına ilişkin simülasyon modellemeler yapılarak öngörülerde bulunulabilir.

KOBİ-Endüstri 4.0 ilişkisini irdeleyen araştırmalar incelendiğinde tespit edilen bir diğer husus; yönetim yazınında ihmal edilen bilgisayar destekli modellemelerin ve simülasyonların burada da göz ardı edildiğinin gözlemlenmesidir. Halbuki, dijitalleşme beraberinde birçok yeni teknolojiyi getirmektedir. Bu teknolojileri örgütlerin mevcut yapılarına entegre etmek endüstrinin uygulayıcıları için ne kadar gerekli ise akademi için de o kadar elzemdir.

Sınıflandırmalar, taksonomiler bir konunun analiz edilebilmesi açısından gereklidir. Bu sınıflandırmaların gerekçelerinin ve doğuracağı sonuçların detaylı olarak araştırılması, sebep-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarması sonraki araştırmalara yol göstermektedir. Uygulayıcılarla yapılacak derinlemesine mülakatlar, seminerler, odak grup çalışmaları ve iyi ölçeklendirilmiş anketler yoluyla mevcut duruma dair bilgi edinilmesi konunun kuramsal düzleme oturtulmasını olanaklı kılan güvenilir yöntemler olarak kullanılagelmektedir. Ancak bilinen her şeyin dijital platformlar üzerinden sanal bir dünyaya aktarıldığı endüstriyel ve toplumsal bir dönüşüm süreci yaşamaktayız. "Endüstri 4.0 teknolojilerinin örgütlerde kullanılmasını salık verirken araştırmacıların da kendi paylarına düşeni almaları gerekmez mi?" sorusunun sorulması da önemlidir. Sosyal bilimcilerin bu teknolojik dönüşüm dalgasında Rickmann'ın (2014) benzetmesiyle "tsunami"nin altında kalmaması için yeni yöntem ve teknikleri öğrenmeleri, durum analizlerinin yanında farklı senaryo olasılıklarının tahmin edilebildiği öngörülerde bulunmayı sağlayacak bilgisayarlı modellemeler ve simülasyonları yapabilmeleri, dijital teknolojileri entegre etmekte olan örgütlere yeni bir şeyler söyleyebilmelerini sağlayabilir. Sınırlı ve kademeli de olsa örgütler dijital dönüşümde yol almaya başlamıştır. Tepe yöneticiler artan sosyo-teknik etkileşimler sonucu daha önce teknik yöneticilere devrettikleri konularda müşterilerin taleplerine cevap verebilmek için teknik süreçlere daha çok dahil olmaktadır. Kurulan ağlar sayesinde örgüt içinde paylaşılan bilgi kolektif öğrenmeyi beraberinde getirmekte, bu da operasyonda çalışan işçileri emir-komuta zinciri içinde pasif olarak kararları uygulamak yerine öğrendiklerini uygulayabilen bilgili ajanlara dönüştürmektedir (Davies vd., 2017). Buna karşın; onların kullandıkları yeni teknolojileri okuyamayan, test edemeyen, değerlendiremeyen bilim insanlarının ürettikleri bilgilerin örgütlerin bilgi düzeyine yetişememesi, yazın ve uygulama arasındaki bilgi asimetrisinin derinleşmesi tehlikesi söz konusudur.

Bugüne kadar sosyal bilim, açıklamak yerine anlamayı ilke edinmiş ve doğrusal bir mantıkla nedensellik ilişkilerine odaklanmıştır. Farklı görüşler de ortaya konmuş ancak çeşitli nedenlerle benimsenmemiştir. Mesela, Epstein'ın (2006) sosyal bilimlerde doğrusal olmayan olayların, tümdengelim ve tümevarım mantığının ötesinde, heptengitmeli (abdüktif) mantıkla deneysel araştırmalar yoluyla gözlemlenebileceğini ve açıklanabileceğini savunmuş, bu savını üretici sosyal bilim olarak adlandırmıştır. Evrimsel araştırmalardan hareketle karmaşıklık kuramı, fenomenlerin açıklanmasında mikro birimlerin basit davranış kalıpları takip edildiğinde kendiliğinden gelişen öz oluşumların ve öz örgütlenmelerin gözlenebileceğini ve karmaşık bir sistemi bu örüntülerle açıklamanın mümkün olduğunu savunmaktadır (Carmichael ve Hadžikadić, 2019). Sosyo-teknik yaklaşıma benzer mantıkla, bu bakış açısıyla örgütün iç dinamiklerinin davranış kalıpları modellenerek, Endüstri 4.0

teknolojileri sayesinde örgüt içinde ortaya çıkması beklenen ademimerkezi otonom yapıların oluşumunu gözlemlemek mümkündür. Bunun için geliştirilmiş bilgisayar destekli modelleme programları mevcuttur. Sosyal bilimlerin ekonomi, sosyoloji gibi alanlarında aktörlerin davranışları sonucu kendiliğinden oluşan karmaşık yapıları sözü geçen yöntemler kullanılarak açıklama gayreti yaygınlaşmaktadır.

Ne var ki; yönetim disiplininde araştırılan fenomenin açıklanması işi genel olarak mühendislere bırakılmıştır. Özellikle üretim işletmelerinin dijital dönüşümünü bilgisayar destekli modellemeler yardımıyla açıklamaya çalışan birçok çalışma mühendislerce gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 60 yıldır üretimin planlamasında, lojistik ve yöneylem araştırmalarında modelleme ve simülasyonlar mühendislerce kullanılmaktadır. Bu araştırmalar arasında fabrika düzenini modelleyenler olduğu kadar son yıllarda bilgi akışı ve üretim ağlarının (değer zinciri ağları da dahil olmak üzere) simülasyonları da artan oranda bilim dünyasında yer bulmaktadır (Mourtzis, 2020). McGinnins ve Rose (2017: 4), Scopus veri tabanında 2017 yılına kadar simülasyon modellemelerle imalat sanayinde faaliyet gösteren örgütlerin işleyişi hakkında bilgi veren 25.000 araştırmaya ulaşmıştır. Teknoloji ilerledikçe süreç içinde kullanılan simülasyon programları da gelişim göstermektedir. Başlarda ağırlıklı olarak ayrık olay simülasyonu ile örgütsel süreçler incelenirken, zamanla sistem dinamikleri ve son zamanlarda ajan temelli modelleme yöntemleri sayesinde süreçler, bilgi akışları, karar mekanizmaları bağlamında kurgulanan kavramsal modeller bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu sayede, sanal modeller üzerinde deneyler yapılarak örgütsel süreçlerin olası senaryoları görsel olarak ortaya konulmaktadır. Simülasyon modellemelerle zaman ve kaynak tasarrufu sağlandığı, üretim süreçlerinin etkinliğinin arttığı, sistem karmaşıklaştıkça çalışanların simülasyonlar vasıtasıyla görsel modelleri takip ederek karmaşık sistemlere daha kolay uyum sağladığı bu çalışmaların ortaya koyduğu bulgulardandır (Günal, 2019). Zaman içinde farklı simülasyon programları kullanılmış olsa da her yıl düzenlenen kış konferansları ile simülasyon temalı akademik dergiler araştırmacıları ortak bir paydada buluşturmuştur. Bu bakımdan üretim endüstrilerinde olguları anlama ve açıklama üzerine bir simülasyon modelleme geleneğinin oluştuğu söylenebilir. Üretimde kullanılan bu modellerin yöneticilerin karar süreçlerini etkilediği de bilinmektedir (McGinnis ve Rose, 2017).

Örgüt içindeki herhangi bir katmanda yaşanacak değişimin yöneticileri ve yöneticilerin karar mekanizmalarını etkilemeyeceğini söylemek mümkün değildir. Bir ağa bağlı olarak örgüte dair bilgiye kesintisiz ulaşılabildiği, kendi kendine öğrenen ve karar verebilen otonom yapıların olduğu bir örgüt sisteminde yönetimin ve yöneticilik mesleğinin de dönüşüme uğrayacağı yadsınamazken, yönetim disiplininin güncel yöntemlerle öngörüler geliştirme işini başka disiplinlere bırakması üzerine düşünülecek bir konudur. Endüstri 4.0 sanayi devriminin başladığının ilan edilmesinin ardından Kagermann vd. (2013) konuyla ilgili araştırmacılara ve uygulayıcılara stratejik tavsiyelerde bulunmuşlardır. Bilgisayarlı simülasyon modellerinin hızlı ve maliyetsiz öngörüler sunacağını, sanal model üzerinden sayısız yineleme ile farklı senaryoların geliştirilebileceğini vurgulanmıştır. Ne var ki, yönetim araştırmacıları ilk etapta dijital dönüşüm sürecini geleneksel araştırma yöntemleriyle anlamaya çalışmıştır. Modelleme paradigmasının yönetim disiplininde kullanılabilirliği üzerine ilk düşünceler E4.0 devriminin birinci etabının sonlarına doğru görülmeye başlanmış (Rodic, 2017) ve sonrasında ivme kazanmıştır. Bu durum, yönetim araştırmacılarının teknolojik yeniliklere uyum sağlaması bakımından olumlu bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Yine de bu araştırmaların çoğunluğu büyük ölçekli işletmelerin dönüşümü üzerine bilgi üretmektedir. E4.0'a geçişte önünde birçok bariyer olan ve bu bariyerler sebebiyle yeni teknolojileri entegre etmekte çekingen davranan KOBİ'lere önceden tahmin ve seçenek sunacak simülasyon modellemelerin sayısının artmasına ihtiyaç vardır.

KOBİ'lerin dijital dönüşümün yönetsel ve örgütsel boyutlarının teknik boyutuyla birlikte ele alınması gereği üzerine yukarıda bahsedildiği üzere alanyazında oldukça çok çalışılmış, çok çeşitli sınıflandırmalar yapılmış olmasına rağmen, yöntem olarak uygulayabilen yönetim bilimcilerin sayısı azdır. Örgütsel tasarım, örgütsel form, örgütsel değişim konuları yönetim disiplininin çalışma alanlarıdır. Bunların haricinde bilgi yönetimi, öğrenen örgüt, yalın üretim, dikey ve yatay bütünleşme, iş geliştirme, değer zinciri analizi, karar teknikleri gibi yönetsel konularda bilgisayar destekli simülasyon modelleri faydalı sonuçlar üretebilmektedir (Günal ve Karataş, 2019). Örgüt araştırmacıları bu alt çalışma alanlarının kuramsal altyapısına haizdir. Ancak; dijital dönüşümün teknik boyutunun örgütsel ve yönetsel boyuta etkisinin gözlemlenebilmesi için yönetim bilimcilerin teknik boyuta yakınlaştırılması gerekmektedir. Bu yakınlaşma için tıpkı örgütlerin E4.0'a geçişinde olduğu gibi kademeli yakınlaşma mekanizmaları geliştirilebilir. İlk aşama, içsel dönüşüm aşaması olarak ele alınabilir. Yönetim alanında akademide de dijital dönüşümün gerçekleşmesi adına; yeni yöntem ve tekniklerin öğrenilmesi, uygulanması ve böylece akademisyenlerin tabiri caizse Yönetim 4.0'a doğru kendilerini hazırlaması yönetim biliminin gelecekte üreteceği bilginin belirleyicisi olabilir.

İkinci aşamada, yönetim araştırmacılarının mühendislerle birlikte çalışması, yeni sanayi devriminin örgütsel değişime etkilerinin etraflıca ortaya konmasını sağlayacaktır. Farklı disiplinleri bir araya getirecek projelerin hazırlanması ve çalışma grupları oluşturulması, seminer ve sempozyumların düzenlenmesi yeni bakış açılarına ve yöntemlere aşinalık kazandıracak yakınlaştırma mekanizmalarıdır.

Farklı disiplinlerdeki akademisyenlerin yaklaşmasının yanında, üçüncü aşamada, yönetim

araştırmacılarının sahadaki mühendislerle de yakınlaşması şüphesiz aradaki açığın azalmasına katkı sağlayacaktır. Almanya'da E4.0'ın ilanından sonra daha hızlanan üniversite sanayi iş birliklerinin akademiyle uygulayıcı mühendisleri yaklaştırdığı bir gerçektir (Faller ve Feldmüller, 2015). Bir başka örnek de İtalya örneğidir. Endüstri 4.0'ın KOBİ'ler üzerindeki etkileri üzerine İtalya'da son birkaç yılda çok sayıda yayın yapılmıştır. Bu aşamada örneğin, Gualtieri vd. (2018)'nin öğrenen örgütler çerçevesinde üniversite-sanayi iş birliği ekseninde geliştirdikleri "bilgi üçgeni" yaklaşımı uygulanabilir: Araştırma yoluyla bilgi üretme, öğrenme yoluyla bilginin yayılmasını sağlama ve endüstrinin bu bilgiyi kullanarak yenilikler üretmesi. Üniversite-sanayi iş birliği kapsamında, Avrupa Birliği'nce fonlanan proje çalışmaları faydalı bilgiler üretmektedir. Ekip halinde çalışan araştırmacıların birbirini takip eden yıllarda veya aynı yıl içinde yayınlanan çalışmalarında hem araştırılan konular hem araştırma yöntemleri giderek çeşitlenmektedir. Zamanın ruhuna uygun olarak Endüstri 4.0 araştırmalarında benzer olarak proje ekipleri başka ülkelerde de görülmektedir. Nasıl ki dijital dönüşüm işletmelerde bilginin bir ağ üzerinden ilgili paydaşların katılımıyla gerçekleşiyor, konuya ilişkin en çok yayının üretildiği ülkelerde akademide de benzer bir oluşumdan bahsedilebilir.

Ayrıca devletlerin dijital dönüşüm yol haritalarında eğitimin dönüşümü ayrı bir başlık altında ele alınmakta ve bu konuya özel bir önem atfedilmektedir. Bu kapsamda dördüncü aşamada, işletme alanındaki yüksek lisans ve doktora programlarının müfredatlarına modelleme mantığının ve çeşitli simülasyon programlarının anlatıldığı derslerin eklenmesi ile, yönetim alanında yetişen geleceğin akademisyenlerinin E4.0 farkındalığını artırarak dijital dönüşüme uyum sağlamaları gerçekleştirilebilir.

4. SONUÇ

Bu çalışma Endüstri 4.0'a geçişte KOBİ'lerin durumunu ortaya koyan yönetim araştırmalarının bir değerlendirmesi niteliğindedir. Yönetim disiplininde dijital dönüşümün nasıl incelendiği, zaman içinde hangi trendlerin oluştuğu, kullanılan yöntem ve tekniklerin ne yönde değiştiği ortaya konmaya çalışılmıştır. Dördüncü sanayi devriminin bizzat duyurusu yapılarak, yeni bir çağın başladığının ilan edilmesinin üzerinden on bir yıl geçmiştir. Bu süre içinde bilim ve sanayi dünyası öncelikle yeni sanayi devriminin paradigmasını anlamaya çalışmış; faydaları-zararları tartışılmış, dijital dönüşüme ne kadar hazır olunduğu, E4.0 teknolojilerini örgütlerin sistemlerine entegre etmenin önündeki zorluklar ve bu teknolojileri benimsemeye teşvik eden güçlerin neler olabileceği üzerine fikirler geliştirilmiştir.

Dördüncü sanayi devriminin getirileri ve götürüleri daha uzun müddet tartışılacak bir konudur. Ancak dijital dönüşüm başlamıştır ve bütün sanayi devrimlerinde olduğu gibi dönüşüm kaçınılmazdır. Büyük ölçekli işletmeler yeni teknolojileri hızla bünyelerine katarken, dünyanın her yerinde istihdamın büyük kısmını yaratan KOBİ'lerin de bu dönüşüme ayak uydurması ve rekabet gücünü koruyarak hayatta kalması hem ekonomik hem sosyokültürel açıdan büyük önem arz etmektedir. Zaten ölçeklerinin küçük olması sebebiyle sürekli hayatta kalma mücadelesi veren KOBİ'lerin E4.0'a geçişte önlerindeki engellerin belirlenmesi yönetim disiplininin öncelikli konusu olmuştur. Bunu KOBİ'lerin engellerden bağımsız olarak dijital dönüşüme ne derece hazır olduklarının ölçülmesi ve iş modellerinin geliştirilmesi takip etmiştir. Ülkelerin sanayilerinin aynı seviyede olmadığını ve Endüstri 4.0'a geçişin ülkeden ülkeye farklılık göstereceği de düşünüldüğünde geçen on yıllık sürede KOBİ'lerin ne kadar hazır olduğuna yönelik araştırmalar 2022 yılında hala güncelliğini korumaktadır. Ancak dijital dönüşümün kısmen de olsa başladığı bölgelerde KOBİ'lerin de belli bir dijital olgunluk seviyesine ulaştığı söylenmektedir. Uygulamada gözlem yapabilme imkanının doğması sonucunda, 2018 yılı sonrası KOBİ'lerle ilgili araştırmalar katlanarak artmaya başlamıştır. Üniversite-sanayi iş birlikleri ile devletlerce desteklenen projeler sayesinde kapsamlı araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Ancak henüz yeni sanayi devriminin ilk etabı tamamlanmış, bazı ülkelerde ilk etap yeni başlamıştır. KOBİ'lerin geleceği üzerine söylenecek daha çok söz vardır.

KAYNAKÇA / BIBLIOGRAPHY

Argote, L. (2013). Organizational Learning – Creating, Retaining and Transferring Knowledge (Second Edition). New York: Springer Verlag.

Argote L., and Ingram, P. (2000). "Knowledge Transfer: A Basis For Competititve Advantage in Firms", Organization Behaviour and Human Decision Processes, Vol:82, No:1, May 2000, 150-169.

Brynjolfsson, E., and Mcafee, A. (2014). The Second Machine Age – Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brillant Technologies. New York: W.W. Norton & Company Inc.

Carmichael, T., & Hadžikadić, M. (2019). "The fundamentals of complex adaptive systems", In Complex adaptive systems (pp. 1-16). Cham: Springer.

Cimini, C., Boffelli, A., Lagorio, A., Kalchschmidt, M., & Pinto, R. (2020). "How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs", Journal of Manufacturing Technology Management, 695-721.

Cohen, M. D., and Bacdayan, M. (1994). "Organizational Routines Are Stored as Procedural Memory: Evidence from a Laboratory Study", Organization Science, 5 (4), 554-568.

Corò, G., & Volpe, M. (2020). "Driving factors in the adoption of Industry 4.0 technologies: An investigation of SMEs." In Industry 4.0 and regional transformations (pp. 112-132). Routledge.

Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). A behavioral theory of the firm (Vol. 2, No. 4, pp. 169-187).

Davies, R., Coole, T., & Smith, A. (2017). "Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0", Procedia Manufacturing, 11, 1288-1295.

de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Godinho Filho, M. (2018). "When titans meet–Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors", Technological Forecasting and Social Change, *132*, 18-25.

Engeström, Y., Brown, K., Engeström, R., & Koistinen, K. (1990). Organizational forgetting: An activity-theoretical perspective. In D. Middleton & D. Edwards (Eds.), Collective remembering (pp. 139–168). Sage Publications, Inc.

Epstein, J. M. (2006). Generative Social Science: studies in agent-based computational modeling. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

Faller, C., and Feldmüller D. (2015). "Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs", Procedia CIRP, 32, 88-91, The 5th Conference on Learning Factories 2015.

Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). "Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0", Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), *9*(5), 1119-1128.

Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., & Del Vecchio, P. (2020). "Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach", Management Decision, Vol. 58 No. 8, pp. 1543-1562.

Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Vilkas, M., Grybauskas, A., & Amran, A. (2022). "Drivers and barriers of Industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: a systematic review and transformation roadmap", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 33 No. 6, pp. 1029-1058.

Gilchrist, A. (2016). "Introducing Industry 4.0", Industry 4.0. Berkeley CA: Apress.

Gualtieri, L., Rojas, R., Carabin, G., Palomba, I., Rauch, E., Vidoni, R., & Matt, D. T. (2018, December). "Advanced automation for SMEs in the I4. 0 revolution: Engineering education and employees training in the smart mini factory laboratory", In 2018 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management *(IEEM)* (pp. 1111-1115). IEEE.

Günal, M. M. (2019). "Simulation for the Better: The Future in Industry 4.0", Simulation for Industry 4.0 (Der. Murat M. Günal), Cham.: Springer Series in Advanced Manufacturing, Springer, 275-282.

Günal, M. M., & Karatas, M. (2019). "Industry 4.0, digitisation in manufacturing, and simulation: A review of the literatüre". Simulation for Industry *4.0*, 19-37.

Jaffee, D. (2001). Organization Theory Tension and Change, New York: McGRAW-HILL.

Hermann, M, Pentek, T, and Otto B. (2016). "Design Principles for Industry 4.0 Senarios", *2016* Hawaii international conference on system sciences *(HICSS)*, 3928-3937.

Hobscheidt, D., Kühn, A., & Dumitrescu, R. (2021). "Derivation of socio-technical solution patterns for industry 4.0 problem classes", Procedia CIRP, *100*, 301-306.

Jäger, J., Schöllhammer, O., Lickefett, M., & Bauernhansl, T. (2016). "Advanced complexity management strategic recommendations of handling the "Industrie 4.0" complexity for small and medium enterprises", Procedia Cirp, 57, 116-121.

Kagermann, H., Helbıg, J., and Wahlster, W. (2013). "Recommendations For Implementing the

Stratejik Initiative Industrie 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry", Final Report of The Industrie 4.0 Working Group 2013, Forschungsunion.

Kagermann, H., Lukas, W. D., and Wahlster, W. (2011). "Industrie 4.0: Mit dem internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution", *VDI nachrichten*, 13, s.2.

Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). "Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges". Journal of cleaner production, *275*, 124063.

Lee, I., and Lee, K. (2015). "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises", Business Horizons, 58(4), 431-440.

Ludwig, T., Kotthaus, C., Stein, M., Pipek V., and Wulf, V. (2018). "Revive Old Discussions! Socio-technical Challenges for Small and Medium Enterprises within Industry 4.0", In: Proceedings of 16th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work- Exploratory Papers, Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies.

March, J. G., and Simon, H. A. (1975). *Örgütler*, (Çevirenler: Ömer Bozkurt, Oğuz Onaran), Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü Yayınları No:44, Ankara 1975.

Masood, T., & Sonntag, P. (2020). "Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs", Computers in Industry, 121, 103261.

Matt D.T., and Rauch E. (2020). "SME 4.0: The Role of Small- and Medium-Sized Enterprises in the Digital Transformation", in Industry 4.0 for SMEs Challenges, Opportunities and Requirements (Eds. Dominik T. Matt, Vladimir Modrak, Helmut Zsifkovits). Cham: Palgrave Macmillan, 3-36.

McGinnis, L. F., & Rose, O. (2017, December). "History and perspective of simulation in manufacturing". In *2017* Winter Simulation Conference (WSC) (pp. 385-397). IEEE.

Mcgrath, J. E., and Argote, L. (2001). "Group Process in Organizational Contexts", Blackwell Handbook of Social Psychology: Group Processes, (Eds. Michael A. Hogg, R. Scott Tindale). Chicester: Blackwell Publishers, 603-627.

Mittal, S., Romero, D., & Wuest, T. (2018, August). "Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM3E)", in IFIP international conference on advances in production management systems (pp. 155-163). Cham: Springer.

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., and Barbaray, R. (2018). "The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0", International Journal of Production Research, 56, 3, 1118-1136.

Moktadir, M. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S., & Shaikh, M. A. A. (2018). "Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection", Process safety and environmental protection, 117, 730-741.

Mourtzis, D. (2020). "Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends", International Journal of Production Research, 58(7), 1927-1949.

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2018). "Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0", Technological Forecasting and Social Change, 132, 2-17.

Oliff, H., & Liu, Y. (2017). "Towards industry 4.0 utilizing data-mining techniques: a case study on quality improvement", Procedia Cirp, *63*, 167-172.

Olle, W., & Clauss, D. (2015). "Industrie 4.0 brauch den Mittelstand- Eine Kurzstudie", *Chemnitz Automotive Institute*, Chemnitz, http://cati.institute/wp-content/uploads/2015/03/Kurzstudie_Endfassung.pdf. (Görüntüleme: 14.01.2021).

Orzes, G., Rauch, E., Bednar, S., and Poklemba R. (2018). "Industry 4.0 Implementation Barriers in Small and Medium Sized Enterprises: A Focus Group Study", 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1348–1352.

Öztemel, E., & Gursev, S. (2020). "Literature review of Industry 4.0 and related Technologies", Journal of Intelligent Manufacturing, *31*(1), 127-182.

Raisch, S., and Krakowski, S. (2021). "Artificial Intelligent and Management: The Automation-Augmentation Pradox", Academy of Management Review, 46(1), 192-210.

Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. (2020). "Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective", International Journal of Production Economics, 224, 107546.

Rauch, E., Dallasega, P., & Unterhofer, M. (2019). "Requirements and barriers for introducing smart manufacturing in small and medium-sized enterprises". IEEE Engineering Management Review, 47(3), 87-94.

Rickmann, H. (2014). "Verschlaeft der deutsche Mittelstand einen Megatrend?", https://www.focus.de/finanzen/experten/rickman

n/geringer-digitalisierungsgrad-verschlaeft-der-deutsche-mittelstand-einen-megatrend_id_3973075.html. (Görüntüleme: 11.01.2021).

Rodič, B. (2017). "Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm", Organizacija, 50(3), 193.

Rostow, W. W. (1975). "Kontratieff, and Kuznets: Trends Periods Revisited", The Journal of Economic History, Vol.35, No.4, 719-753.

Saniuk, S., & Saniuk, A. (2018). "Challenges of industry 4.0 for production enterprises functioning within cyber industry networks", Management systems in production engineering, Vol.26, Issue:4, 212-216.

Sommer, L. (2015). "Industrial Revolution – Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution?", Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), 8(5), 1512-1532.

Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Haemmerle, T. K., & Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Starbuck, W. H. (1992). "Learning by Knowledge-Intensive Firms", Journal of Management Studies, 29:6, 713-740.

Stentoft, J., Adsbøll Wickstrøm, K., Philipsen, K., & Haug, A. (2021). "Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers", Production Planning & Control, *32*(10), 811-828.

Türkeș, M. C., Oncioiu, I., Aslam, H. D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D. I., & Căpușneanu, S. (2019). "Drivers and barriers in using industry 4.0: a perspective of SMEs in Romania", Processes, 7(3), 153.

Wang, L., & Wang, G. (2016). "Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and industry 4.0", International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM), *6*(4), 1-8.

Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). "Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination", Computer networks, 101, 158-168.

Wittenbaum, G. M., Vaughan, S. I., & Strasser, G. (2002). "Coordination in task-performing groups", in Theory and research on small groups (pp. 177-204). Springer, Boston, MA.

Yates, J. (1990). "For the Record: The Embodiment of Organizational Memory, 1850-1920", Business and Economic History, Second Series, Vol: 19,172-182.