



ENDÜSTRİ 4.0 TÜRKİYE FARKINDALIĞI

INDUSTRY 4.0 AWARENESS IN TURKEY

Eren KAMBER¹, Gülin İdil SÖNMEZTÜRK BOLATAN²

1. Arş. Gör., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İşletme Mühendisliği Bölümü, eren.kamber@alanya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6426-9936>

2. Dr. Öğr. Üyesi, Aladdin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İşletme Mühendisliği Bölümü, gulin.bolatan@alanya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9668-3584>

Makale Türü Article Type
Araştırma Makalesi Research Article

Başvuru Tarihi Application Date
07.10.2019 10.07.2019

Yayına Kabul Tarihi Admission Date
20.11.2019 11.20.2019

DOI
10.20875/makusobed.630453

Öz

Literatürde Endüstri 4.0 olarak tanımlanan dördüncü endüstri devrimi ile birlikte, üretim sistemleri teknolojik gelişme ve ilerlemeleri hızlı bir şekilde içerisinde barındırmaya başlamaktadır. Üretimde internetin etkin kullanımı düşüncesiyle başlayan yeni devrim süreci bilgi, bilişim teknolojileri ve siber fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT), akıllı fabrikalar ve diğer Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim sistemlerine entegre edilmesiyle gerçekleştirilecektir. Gelişmiş ülkelerin öncülüğünde başlayan Endüstri 4.0'ın ülkelerin gelecek planlamalarında yer aldığı görülmekte, devlet sanayi işbirliğinde yeni sistemlere uygun düzenlemelerin ve uygulamaların başladığı görülmektedir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında Türkiye üretim endüstrisinin mevcut teknolojik durumu ve Endüstri 4.0'a bakış açısı incelenmiştir. Ülke çapında üretim endüstrisinde çalışan 202 katılımcıya ulaşılarak, Endüstri 4.0 farkındalık anketi ile Endüstri 4.0'a bakış açısındaki sektörel farklılıklar belirlenmiş, Endüstri 4.0 bilgi seviyesine göre katılımcıların görüşleri alınmıştır. Hazırlanan anket paralelinde 4 hipotez oluşturulmuş, hipotezler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Sektörel bazda Endüstri 4.0'a bakış açısındaki farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca, katılımcıların Endüstri 4.0 bilgi seviyelerine ve firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma yapılıp yapılmamasına göre Endüstri 4.0 farkındalıklarının değiştiği görülmüştür. Katılımcılar Endüstri 4.0'a geçişi gerekli görmüş, fakat yeni teknolojileri geçişte mevcut işletme bilgi, bilişim, teknolojik altyapılarının yeterli olmayacağını belirtmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Siber Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti, Akıllı Fabrikalar,

Abstract

Production systems are beginning to include technological developments rapidly with the fourth industrial revolution, which is defined as Industry 4.0 in the literature. The new revolution beginning with using the Internet in production effectively will be realized by integrating information technologies and cyber physical systems (CPS), Internet of Things (IoT), intelligent factories and other Industry 4.0 components into the production systems. Industry 4.0, which started under the leadership of developed countries, is seen to be included in the future planning of the countries, and it is seen that the regulations and practices for new systems in the government industrial workforce have started. In this respect, Industry 4.0 perspective and the current technological level of Turkey's manufacturing industry was examined on the scope of work. With the Industry 4.0 awareness survey prepared by reaching 202 participants working in the production industry, the sectoral differences in the view of Industry 4.0 were determined, and the opinions of the participants were taken according to the Industry 4.0 knowledge level. 4 hypotheses were created in parallel with the prepared questionnaire and hypotheses were analyzed statistically. Differences in the point of view of Industry 4.0 were found on a sectoral basis. In addition, it was seen that Industry 4.0 awareness changes according to Industry 4.0 knowledge levels and whether there is a study about Industry 4.0 in their firms. Participants considered the transition to Industry 4.0, but stated that existing knowledge, information and technological infrastructures in the transition to new technologies would not be sufficient.

Keywords: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Cyber Physical Systems, Internet of Things, Smart Factories,

1. GİRİŞ

Günümüzde üretim sistemleri ve teknolojileri hızlı bir biçimde değişmektedir. Bu değişim, fiziksel değişimin yanı sıra klasik üretim anlayışlarının da değişmesine yol açmaktadır. Modern üretim sistemlerinin en önemli konusu teknolojidir ve bu bağlamda işletmelere, devletlere ve politika yapıcılarına mevcut üretim teknolojilerinin geliştirilmesi veya yenilenmesinde büyük roller düşmektedir.

Güncel olarak dünyada 1.3 milyar kişi elektriği kullanamamakta, toplam dünya nüfusunun yüzde 17'si de hala Endüstri 2.0 teknolojilerini kullanmaktadır. Dünyada internete erişemeyen nüfus büyük bir çoğunluktadır. Fakat, internetin yayılma hızı diğer teknolojilere göre bir hayli hızlı gerçekleşmektedir. Örnek vermek gerekirse, iplik makinesi 120 yıl sonra Avrupa dışına yayılabilmiş, internetin ise günümüz halini alması 15 yıl sürmüştür. İnternetin yayılma hızı dikkate alınınca Endüstri 4.0'ın yayılma hızının nasıl olabileceği benzer yaklaşımla tahmin edilmektedir (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

Tarihte gerçekleşen üç endüstriyel devrimdeki ortak nokta, yeni gelişen teknolojik gelişmelerin endüstriyel devrimleri tetiklemesidir. Su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin keşfi, iş bölümlenmesi ve seri üretime geçiş, yazılım ve programlanabilir mantıkla kontrol (PLC)'nin üretim sistemlerine girişi sırasıyla ilk üç sanayi devrimini tetiklemiştir. Günümüzde gerçekleşen yeni sanayi devrimini ise internet ve hızlı gelişimi tetiklemektedir. İnternet, insan ve makineler arası iletişimin kurulmasını sağlamaktadır (Brettel vd. 2014). İnternetin kullanımının yaygınlaşması her alanda dijitalleşmeyi sağlamaktadır. Dolayısıyla, üretim sistemleri de dijitalleşme sürecine hızlı bir şekilde girmektedir.

Dördüncü endüstri devrimi ile birlikte bilgi ve iletişim teknolojileri ve kullanım alanları hızla gelişmektedir. Otomasyon, sensör bağlantıları, veri transferleri, üretim sistemleri teknolojilerinde yaşanan büyük gelişmeler bilgi ve iletişim teknolojileri için sayılabilecek örneklerdir. Bütün bu gelişmeler ve teknolojide yaşanan değişiklikleri içinde barındıran düşünce ve yaklaşım ise Endüstri 4.0 olarak tanıtılmaktadır (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

Geleneksel işletmeler ve yeni devrime uyum sağlamış Endüstri 4.0 işletmeleri arasında belirli farklılıklar vardır. Geleneksel işletmelerde yüksek kalitede ürün ya da hizmetler düşük maliyetle müşteriye sunulması hedefdir. Ayrıca, işletmeler sürekli kar oranlarını ve saygınlıklarını artırmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda, çeşitli veriler mevcut operasyonel durumları anlamak, hataları çözmek için kullanılmaktadır. Mevcut hatalar tespit edildikten sonra gerekli düzeltmeler yapılmaktadır. Aksi yönde, Endüstri 4.0 işletmelerinde, mevcut verileri kullanmak ve yeni verileri biriktirmenin yanı sıra sistem olası üretim hatalarını önlemek için tahminlerde bulunmakta, yönetime oluşabilecek hataları çözmesi için alarmlar yollamaktadır. Böylece, yönetim üretim hatlarının durumu hakkında daha bilgili olmakta, hata oluşmadan problemi çözebilmektedir. Endüstri 4.0 sistemi tam zamanında bakım ve üretim esnasında sıfır duraklamayı hedef seçmektedir (Sung, 2017).

1.1. Endüstri Devrimleri

Dördüncü endüstri devrimini incelemenin öncesinde, tarihte yer alan diğer endüstri devrimlerini incelemek gerekmektedir. Endüstri devriminin ilk çıkış yeri İngiltere'dir. Birinci endüstri devrimi İngiltere'den hemen sonra Batı Avrupa ülkeleri ve Amerika'ya yayılmıştır. Endüstri devrimleriyle birlikte üretimde birçok anlayış değişmiş, yeni kurallar uygulanmaya başlanmış, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine sanayileşme seviyelerine bakıp karar verilmeye başlanmıştır. Sanayileşme, insan ihtiyaçlarına paralel doğanın dönüşümü olarak tanımlanabilmektedir (Aksoy, 2017). Tablo 1'de dört endüstri devriminin de gerçekleşme tarihleri ve endüstri devrimi kavramının ortaya çıkmasına sebep olan önemli olaylar görülmektedir. Endüstri 4.0'ın günümüzde geçerliliğini koruduğu, devlet politikalarında hızla daha çok yer aldığı, özellikle gelişmiş ülkelerde yer alan belirli işletmelerde Endüstri 4.0 pilot uygulamaların başladığı görülmektedir.

Tablo 1 Sanayi Devrimleri Tarihçesi (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017)

Birinci Endüstri Devrimi (1760-1830)	Su ve buhar enerjisiyle çalışan makinelerin keşfi
İkinci Endüstri Devrimi (1840-1973)	Elektriğin keşfi, iş bölümü ve seri üretim mantığının oluşması
Üçüncü Endüstri Devrimi (1974-2011)	Otomasyon sistemlerinin kurulması, bilgi teknolojilerinin gelişimi
Dördüncü Endüstri Devrimi (2011-...)	Siber fiziksel sistemler ve bilginin üretimde hızlı transferi

1.2. Endüstri 4.0 Nedir

İlk kez 2011 yılında Almanya'daki Hannover Fuarı'nda duyuran Endüstri 4.0, son zamanlarda dünya çapında akademisyenler, uygulayıcılar, politikacılar ve hükümet yetkilileri tarafından sürekli dikkate alınan bir konu olmuştur. Kagermann (2013), Endüstri 4.0 kavramını üretim teknolojilerinde otomasyon ve veri transferine yönelik yeni bir trend olarak tanımlamaktadır.

Endüstri 4.0 kavramını oluşturan bileşenler arasında başlıcaları, siber fiziksel sistemler (Cyber Physical Systems - CPS), nesnelerin interneti (The Internet of Things – IoT), bulut (cloud) sistemleri ile akıllı fabrika (Smart Factory) uygulamalarıdır. Yeni sistemi kısaca özetlemek gerekirse; kurulan akıllı fabrikalarda oluşturulan siber fiziksel sistemler yardımıyla üretimdeki gerçek nesnelerin dijital kopyası sanal dünyada oluşturulmaktadır. Nesnelerin internetiyle de ürünler kendi içerisinde, insanlarla iletişim içinde ve koordineli olmaktadır. Böylece, oluşturulan siber fiziksel sistemde üretim ve süreç takibi internet kullanılarak yapılmış olacaktır (Sung, 2017).

Dördüncü Endüstri Devrimi ya da sıkça kullanılan adı Endüstri 4.0; dijital üretim, internet iletişimi, bilgisayar ve otomasyon teknolojileri gibi teknolojik konuları içinde barındıran karmaşık bir sistemdir. Endüstri 4.0; akademisyenler ve işletmeler tarafından sıkça tartışılan yeni bir üretim sistemi olarak, akıllı fabrikaları, makineleri, sistemleri, ürün ve süreçleri internet üzerinden entegre eden, siber fiziksel sistemler yardımıyla fiziksel gerçek dünyaya ve sanal dünyaya eşzamanlı veri sunan bir sistemdir (Nunes vd. 2017). Endüstri 4.0, klasik üretim süreçlerinde olan işletmelerdeki üretimin her aşamasının internet ve bilgi iletişim teknolojisiyle kapsamlı olarak birleştirilmesi olarak da tanımlanabilmektedir (Bortoloni vd. 2017).

Endüstri 4.0 uygulamasının akıllı üretim sistemlerinde gelişimi ve kullanımı için, aşağıdaki 6 madde rehberlik etmektedir:

- Birlikte çalışabilirlik: Sistem, insan ve üretimle ilgili bilgilerin birbiriyle koordineli ve iletişim halinde olduğu siber fiziksel sistemlerde, sanal alemde gerçek bilgilerinin makineler, süreçler ve insanlar arasında transfer edilmesi sağlanmaktadır. Zaman ve çalışma ortamı engelleri de sanal ofis ve uzaktan erişim sayesinde ortadan kalkmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017).
- Gerçek zamanlı yetkinlik: Hızlı veri kullanımı ve işlenmesi ve gerçek zamanlı karar verme yeteneğinin olması gerekmektedir.
- Sanallaştırma: Akıllı fabrikalarının oluşturulması, bütün süreçlerin sensörler yardımıyla uzaktan ya da ekran başından takip edilmesini sağlamaktadır.
- Kişiselleştirme: Siber fiziksel sistemler gerçek zamanlı karar verme mekanizmalarını oluşturmaktadır. Bunun yanında siber fiziksel sistemlerde makineler sadece üretim komutlarını almamakta, üretimle ilgili kritik kararların alınmasını da sağlamaktadır. Böylece, üretimle ilgili kritik kararlar tek elden verilmemekte, makineler ve sistemler de bu sürece destek olmaktadır.
- Hizmet Oryantasyonu: Nesnelerin interneti konseptiyle uyumlu yazılım programları kullanılmaktadır.
- Modülerlik: Müşterilerin değişik ürün taleplerine göre üretim süreçlerinin değiştirilebilmesi için, sistem yazılımının makinelere özelliklerini analiz edip farklı görevleri kolaylıkla verebilmesi gerekmektedir (Santos vd. 2017).

1.3. Endüstri 4.0 Bileşenleri

Literatürde Endüstri 4.0 tanımlanırken, sıkça bileşenlerinden bahsedilmektedir. Endüstri 4.0 bileşenlerinin çoğunluğu Endüstri 4.0 öncesinde kullanılan birbirinden bağımsız teknolojilerdir. Fakat bu teknolojiler Endüstri 4.0 işleyişine uygun çalışma prensiplerine sahip olduğundan dolayı Endüstri 4.0 bileşenleri olarak bahsedilmektedir. Aksoy (2017) çalışmasında Endüstri 4.0 öncü teknolojilerinden

bahsetmektedir. Bu doğrultuda, Endüstri 4.0 bileşenleri ya da alt boyutlarını oluşturan bu öncü teknolojiler; dijitalleşme, büyük veri ve bulut bilişim sistemleri ile siber güvenlik, etkileşim, nesnelerin interneti ile sensör teknolojileri, geleceğin fabrikaları, eklemeli imalat, ileri robotik sistemler, otomasyon ve kontrol sistemleri olarak görülmektedir.

Kağnıcıoğlu ve Özdemir'e göre (2017) Endüstri 4.0 teknolojik bileşenleri 12 alt başlıktan oluşmaktadır. Bu başlıklar aşağıda maddelenmiştir:

1. Akıllı robotlar
2. Simülasyon
3. Yatay/dikey yazılım entegrasyonu
4. Nesnelerin interneti
5. Yapay zeka
6. Siber güvenlik
7. Bulut
8. Eklemeli üretim
9. Artırılmış gerçeklik
10. Büyük veri analizi
11. Akıllı fabrikalar
12. Siber fiziksel sistemler (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

Endüstri 4.0 uygulanması için sadece yeni teknolojilere sahip olmak yeterli değildir. Yeni teknolojilerin uygulanırken işletmeye nasıl entegre edileceği ve sistemle nasıl uyum içinde çalışacağına da odaklanmak gerekmektedir. Bu entegrasyon 3 seviyede gerçekleşmektedir; siber fiziksel sistemler seviyesi, veri altyapısının büyük veri sistemine hazır olması, hizmetlerin büyük veri sistemine hazır olmasıdır (Santos vd. 2017).

Araştırma kapsamında, Endüstri 4.0 için önem arz eden belirli teknolojik bileşenler maddeler halinde incelenecektir.

1.3.1. Siber Fiziksel Sistemler

Endüstri 4.0 uygulamalarının temel bileşenlerinden biri olan siber fiziksel sistemler, sensörler yardımıyla nesnelerin fiziksel hareketlerini siber sisteme internet aracılığıyla taşıyan sistemdir (Alçın, 2016). Siber fiziksel sistemler tanımdan da anlaşıldığı üzere fiziksel aktiviteleri sanal olarak oluşturmaktadır. Üretim sistemlerinde düşünülürse siber fiziksel sistemlerde üretimin bütün aktiviteleri sanal aleme aktarılmaktadır.

Fiziksel dünyayla sanal dünyayı birbirine entegre eden siber fiziksel sistemler, fiziksel üretimlerin bilgisayar ortamında modellenmesi ve üretim süreçlerinin sanal ortamda da görülebilmesidir (Hermann vd. 2016). Siber Fiziksel Sistem uygulandığında üretim sisteminde önemli bir rol oynayacaktır. Çünkü, siber fiziksel sistem sayesinde üretimin her seviyesi (akıllı ürünler, makineler, fabrikalar) birbirine bağlanacaktır (Pereira ve Romero, 2017).

1.3.2. Nesnelerin İnterneti

Günümüzde henüz gelişmekte olan nesnelerin interneti; farklı teknolojiler ve yaklaşımların birbirleriyle iletişim kurmasını, fiziksel nesnelerin internetle birbirine bağlanmasını sağlamaktadır (Pereira ve Romero, 2017). Acatech (2014) nesnelerin internetinden şu şekilde bahsetmiştir; veri ve hizmetler, lojistik ve iş süreçlerinde nesnelerin interneti ile uygulandığında gelecek üretim anlayışı değişecektir. Nesnelerin internetinin gelişimi gelecek yıllarda makine öğrenimi (machine learning), gömülü sistemler (embedded systems), wireless bağlantıları teknolojilerinin internet bağlantılı üretim uygulamalarıyla entegre edilmesiyle olacaktır (Morrar vd. 2017).

Genelleme yapılacak olursa, nesnelerin interneti; fiziksel objelerin her gün birbirine internetle bağlanması, insan, makine, bilgi sistemlerinin bu sistemde üretimsel mantıkla birbiriyle iletişime geçmesi ve akıllı fabrika uygulaması mantığına geçilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca, "Fiziksel nesnelerin bilgi

teknolojileriyle internet ağında entegre olduğu ve iş süreçlerinde aktif katılımcı olduğu bir dünya” olarak farklı bir tanımlama da yapılmaktadır (Pereira ve Romero, 2017).

1.3.3. Akıllı Fabrikalar

Akıllı fabrikalar, endüstride dördüncü sanayi devriminde doğmuş yeni bir paradigma olarak, gerçek zamanlı etkin ve doğru mühendislik kararlarının verilebilmesi için gerekli bilgi ve iletişim teknolojilerin toplanarak var olan üretim teknolojileriyle birleştirilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Kocsi ve Olah, 2017). Üretim teknolojilerinde tam olarak dijitalleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan akıllı fabrikalar; üretim sistemleri ve ürünlerin daha zeki, yani müşteriye en iyi ürün ya da hizmeti sunmak için tedarik zincirine entegrasyonda ürün ve üretim sistemlerinin çok yönlü, yüksek verimli ve ergonomik olmasını sağlamaktadır (Schönsleben vd. 2017).

Akıllı fabrikalar, dijitalleşme, yeni teknolojilere entegre olma, esnek üretim sistemleri ve akıllı çözümlerinin fabrikalarda kullanılmaya başlaması sonucu oluşmuş, yeni endüstri devrimini simgeleyen anahtar öğelerden biridir (Pereira ve Romero, 2017). Üretim içeriği akıllı fabrikalarda sistemsel olarak bilinmekte, makine ve insanlar üretim hedefleri doğrultusunda otomatik yönlendirilmektedir (Hermann vd. 2016).

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Amacı

Endüstri 4.0 ve üretimde dijitalleşme kavramına göre ülkemizin üretim endüstrisindeki işletmelerin mevcut durumları ve Endüstri 4.0'a olan bakış açıları çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Ülkemizde henüz başlangıç seviyesinde olarak değerlendirilebilecek olan Endüstri 4.0 kavramının öncelikle iyi anlaşılması ve doğru stratejilerin kurulması gerekmektedir. Sanayi, devlet işbirliğinin yanı sıra eğitim sisteminde de yeni üretim sistemlerine uygun düzenlemelerin yapılması önemlidir. Bu doğrultuda, araştırma kapsamında kullanılan anket soruları ve anket sorularına paralel olarak oluşturulan hipotezler yardımıyla, üretim sanayinin Endüstri 4.0 konusundaki eksikleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Teknoloji kullanım oranı sektörel olarak değişim gösterse de işletmeleri küresel rekabette öne çıkaran en önemli unsurlardan birisi teknolojik altyapılarıdır. Rakip işletmelerle rekabet edebilmek için yeni üretim teknolojilerine entegre olunması bu hususta önem arz etmektedir. Üretimde üstün teknolojinin kullanımı sonucu ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramı, bu sebeple bütün sanayi kollarını yakından ilgilendiren bir endüstriyel devrimdir. Endüstriyel üretimin gerçekleştiği her sektörde Endüstri 4.0 uygulanabileceğinden çalışmada sektör ayrımı yapılmamıştır. Sektörler ve işletmeler yapılan anket çalışması doğrultusunda incelenmiş, Endüstri 4.0 bilgi seviyeleri ve yeni endüstri devrimine ne kadar hazır oldukları belirlenmeye çalışılmıştır.

2.2. Araştırma Yöntemi

Üretim sektöründe Endüstri 4.0 farkındalığının ölçülmesi için Veysi İşler'in gerçekleştirmiş olduğu “Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi” çalışmasından faydalanılmıştır (İşler, 2017). Araştırma modeline dayanarak belirli hipotezler oluşturulmuş ve Endüstri 4.0 kavramında sektörel ve bilgi seviyesi düzeyindeki farklılıklar araştırılmıştır. Anket soruları Türkiye’de faaliyet gösteren üretim firmalarına mail ile gönderilmiştir. Bu firmalarda çalışan üst düzey yöneticiler ve üretim, üretim planlama, kalite, ar-ge, pazarlama departmanlarında çalışanlar ve yöneticiler araştırma anketini cevaplamıştır. Firmalardan araştırma anket çalışmasına 202 adet geri dönüş sağlanmıştır. Anket sorularına 5’li likert ölçeğine göre cevaplar alınmıştır. Kurulan hipotezlerin anlamlılık düzeyleri SPSS 22 veri analizi programı ile incelenmiştir. Sonuçta, sektörel farklılıklar ve katılımcıların Endüstri 4.0 bilgi seviyeleri dikkate alınarak belirli hipotezler kurulmuş ve incelenmiştir.

2.3. Hipotezler

Endüstri 4.0 uygulamalarına geçiş öncesinde Endüstri 4.0 teknoloji seviyelerinin ve üretim bilgi, beceri, yeteneklerinin farkında olunması gerekmektedir. Anket soruları doğrultusunda Endüstri 4.0’ı uygulamaya hazır olan veya Endüstri 4.0 uygulamalarının ülke sanayisi için gerekli olduğunu düşünen sektörler belirlenmiştir. Daha sonra, belirli Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve bilgi teknoloji altyapılarının uygulanmasının sektörel bazda değişken oranda cevaplanacağı öngörülmüştür. Sektörel farklılıklar ve işletmelerin teknoloji seviyelerindeki değişkenlikleri dikkate alınmış ve aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

H₁: Sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda fark vardır.

H₂: Sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.

H₃: Sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda fark vardır.

H₄: Endüstri 4.0'ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.

H₅: Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde fark vardır.

3. BULGULAR VE YORUM

3.1. Araştırmaya Katılanlara İlişkin Bulgular

Araştırmaya katılan firmaların sektörel olarak sınıflandırılması Tablo 3.2'de görülmektedir. Ankete katılan 202 katılımcıdan 199'u çalıştığı sektörü belirtmiş ve çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Tablo 1 Araştırmaya Katılan Firmaların Sektörlerine Göre Gruplandırılması

Sektör	Adet	Yüzde
Metal, makine ve ekipmanları	56	28,14
Gıda, tütün ve alkol	50	25,13
Otomotiv ve elektronik	37	18,59
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	13,57
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	7,54
Diğer	14	7,04
Toplam	199	100

Tablo 2'de görüldüğü gibi, araştırmaya en çok katılım yüzde 28,14 ile metal sektörleri (alüminyum, demir çelik vs.), makine ve ekipmanları sektörleri ve kendilerini üretim sektöründe çalışıyor olarak tanımlayan sektör grubundan oluşmaktadır. Araştırmanın ikinci sıradaki en çok katılımını yüzde 25,13 oranla gıda, tütün ve alkol sektörleri oluşturmaktadır. Son olarak, ankete katılım elde edilen cevaplar doğrultusunda sırasıyla; otomotiv ve elektronik, kimya, plastik, ilaç ve temizlik, kağıt üretim ve baskı, ahşap, mobilya, inşaat sektörleri ve diğer sektörlerden (tekstil sektörü, enerji, maden sektörü proje tasarım, taahhüt, insan analitiği, ihracat) olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3 Araştırmaya Katılan Firmaların İşletme Çalışan Sayılarına Göre Gruplandırılması

Çalışan Sayısı	Katılımcı Adet	Yüzde
KOBİ kapsamındaki firmalar	130	59,41
Büyük ölçekli firmalar	82	40,59
Toplam	202	100

Araştırmaya katılan firmalar, bünyelerinde çalışan kişi sayısına göre Tablo 3'de gruplandırılmıştır. Araştırmaya katılan firmalardan KOBİ olanlar yüzde 59,41 oranıyla belirlenirken, büyük ölçekli firmalar kapsamında olanlar ise yüzde 41,58 oranıyla belirlenmiştir.

Araştırma üretim sektöründe yapılmıştır. Anket katılımcılarının mühendis veya uzman olarak üretim, üretim planlama, kalite, ar-ge, pazarlama departmanlarında çalışmaları ya da üst düzey yönetici olmaları istenmiştir. Katılımcıların departmanlarına göre dağılımı Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 4 Anket Katılımcılarının Departmanlarına Göre Gruplandırılması

Departman	Katılımcı Adet	Yüzde
Üretim	98	48,51
Ar-Ge	33	16,34
Kalite	29	14,36
Üretim Planlama	17	8,42
Pazarlama	13	6,44
Strateji	9	4,46
Satınalma	3	1,49
Toplam	202	100

Araştırmaya katılım firmaların en çok üretim departmanından, daha sonra sırasıyla arge, kalite, üretim planlama, pazarlama, strateji ve satınalma departmanlarından olmuştur. Departman yöneticileri kendi departmanları içerisinde listelenmiş, işletme üst düzey yöneticileri ise strateji departmanı kapsamında değerlendirilmiştir.

3.2. Hipotezlerin Değerlendirilmesi

Araştırma kapsamında oluşturulan hipotezlerden H_1 , H_2 ve H_3 hipotezleri tek yönlü ANOVA testi ile, H_4 ve H_5 hipotezleri ise bağımsız t testi yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları şu şekilde listelenmiştir:

H₁: Sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda fark vardır.

H_1 hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 5'te varyansların homojenliği testi görülmektedir. Araştırmalarda genel itibariyle p değerinin 0,05'ten büyük olması beklenmektedir p değerinin (Sig.) 0,05'ten büyük olması varyansların homojen olduğunu göstermektedir (Kalaycı, 2005). Sig. değeri 0,05 seçilmiştir ve SPSS'den elde edilen değer 0,197 olup, 0,05 değerinden büyük olduğu için varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir (0,197>0,05). Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 5 H_1 İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
1,484	5	193	,197

Tablo 6'da H_1 için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. değeri (0,421), 0,10 değerinden büyük olduğu için H_1 alternatif hipotezi reddedilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda fark bulunmamaktadır.

Tablo 6 H_1 İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	4,416	5	,883	,997	,421
Gruplar içi	170,921	193	,886		
Toplam	175,337	198			

H₂: Sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.

H_2 hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 8'de varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. değeri 0,05 seçilmiştir ve SPSS'den elde edilen değer 0,065 olup, 0,05 değerinden büyük olduğu için varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir (0,065>0,05). Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 8 H₂ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
2,114	5	193	,065

Tablo 9’da H₂ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. degeri (0,006), 0,10 değerinden küçük olduğu için H₂ alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark vardır.

Tablo 9 H₂ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	12,707	5	2,541	3,353	,006
Gruplar içi	146,288	193	,758		
Toplam	158,995	198			

İncelenen sektörler göre katılımcıların “Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve sektörler göre oluşan farklılıklar Tukey testi uygulanarak gösterilmiştir. Tablo 10’da Tukey testi sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 10 Sektörlerin Tedarikçileri ve Diğer Partnerleri İle Teknolojik Bağlantı Seviyeleri Derecelerinin Değerlendirilmesi

Firma faaliyet alanı	Adet (N)	Altküme (alfa) = 0.05 Grup 1
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,8929
Gıda, tütün ve alkol	50	2,8400
Otomotiv ve elektronik	37	3,4595
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,8519
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,8000
Diğer	14	3,3571
Sig		0,084

Tablo 10’da görüldüğü üzere, Tukey testi sonuçları incelendiğinde, sektörler bir grup altında toplanmıştır. Sonuç olarak, sig degeri 0,05’den büyük olduğu için (0,084>0,05) gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

H₃: Sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda fark vardır.

H₃ hipotezinin testinde tek yönlü ANOVA (tek yönlü varyans analizi) yöntemi kullanılmıştır. Tablo 11’de varyansların homojenliği testi görülmektedir. Sig. degeri 0,05 seçilmiştir ve SPSS’den elde edilen değer 0,150 olup, 0,05 değerinden büyük olduğu için varyansların homojen olduğu söylenebilmektedir (0,150>0,05). Bu durumda tek yönlü ANOVA analizinin temel varsayımı sağlanmış olmaktadır.

Tablo 11 H₃ İçin Varyansların Homojenliği Testi

LeveneStatistic	df1	df2	Sig.
1,645	5	193	,150

Tablo 12’de H₃ için yapılmış tek yönlü ANOVA testi sonucu görülmektedir. Sig. degeri (0,006), 0,10 değerinden küçük olduğu için H₃ alternatif hipotezi kabul edilir. Yani, test sonuçlarına göre sektörler arasında işletmelerin mevcut kabiliyetleri ve kaynaklarının Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 12 H₃ İçin Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın karesi	F	Sig.
Gruplar arası	13,441	5	2,688	3,391	,006
Gruplar içi	152,981	193	,793		
Toplam	166,422	198			

İncelenen sektörlere göre katılımcıların “Mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli mi? (üretim, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı vb.)” anket sorusuna vermiş oldukları cevapların ortalamaları ve sektörlere göre oluşan farklılıklar Tablo 13’te gösterilmektedir.

Tablo 13 Sektörlerin Mevcut Kabiliyetlerin ve Kaynakların Endüstri 4.0 İçin Yeterli Olup Olmamasının Değerlendirilmesi

Firma faaliyet alanı	Adet (N)	Altküme (alfa) = 0.05 Grup 1	Altküme (alfa) = 0.05 Grup 2
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	27	2,4815	
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	15	2,4667	
Diğer	14	2,7143	2,7143
Metal, makine ve ekipmanları	56	2,8036	2,8036
Gıda, tütün ve alkol	50	2,6000	2,6000
Otomotiv ve elektronik	37		3,2432
Sig.		0,764	0,114

Tablo 13 incelendiğinde, Tukey testi sonuçlarına göre sektörler 2 gruba kategorize edilmiştir. Sonuçta, metal, makine ve ekipmanları, gıda,tütün ve alkol ile diğer sektörler her iki grubun altında değerlendirilebilmektedir. Fakat sig. değerleri 0,05’den büyük olduğu için (0,764>0,05 ve 0,114>0,05) gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

H₄: Endüstri 4.0’ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.

H₄ hipotezini test etmek için, katılımcılar anket sorularına verdikleri cevaplar doğrultusunda, işletmelerinde Endüstri 4.0’ın uygulanmasının gerekli olduğunu düşünenler ve düşünmeyenler (ihtiyacın yok ya da çok az ihtiyacın var olduğunu düşünen katılımcılar) olmak üzere 2 gruba bölünmüştür. Belirlenen gruplar kapsamında hipotez bağımsız gruplar t testi ile analiz edilmiştir. T testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında bulunan değerler Tablo 14’te gösterilmiştir. Yapılan t testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında sig.2 değeri 0,001 olup bu değer 0,05’den küçük olduğu için H₄ hipotezi kabul edilmektedir. Yani, çalışma verilerine göre Endüstri 4.0’ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 14 Firmaların Endüstri 4.0’a Bakış Açılarında Gerekli Olduğunu Düşünenler İle Düşünmeyenler Arasında Endüstri 4.0 Ve Benzeri Teknolojik Yaklaşımların Firmalarına Katkısı Olacağı Düşüncesindeki Farkı Ölçen t Testi

FAKTÖRLER		F	Sig.	t	Sig. 2
Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?	Eşit varyans varsayımında	6,479	,012	-3,346	0,001
	Eşit olmayan varyans varsayımında			-3,459	0,001

İşletmelerin Endüstri 4.0’a bakış açıları değerlendirildiğinde, “Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?” anket sorusuna Endüstri 4.0’ı işletmelerinde gerekli görenler ve görmeyenler grupların vermiş olduğu cevaplar ve gruplar arası farklılıklar Tablo 15’te gösterilmektedir. Katılımcıların çoğunluğunun Endüstri 4.0’ın işletmeleri için gerekli olduğunu düşündüğü katılım oranlarından anlaşılmaktadır.

Tablo 15 Firmaların Endüstri 4.0'a Bakış Açılarında Göre Endüstri 4.0 ve Benzeri Teknolojik Yaklaşımların Firmalarına Katkısı Olup Olmayacağına Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama
Firmaların Endüstri 4.0'a bakış açıları gerekliliğini düşünenler	152	3,53
Firmaların Endüstri 4.0'a bakış açıları gerekliliğini düşünmeyenler	49	2,60

H₅: Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde fark vardır.

H₅ hipotezini test etmek için, katılımcılar çalışmaya vermiş oldukları cevaplar göre işletmelerinde Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma yapanlar ve çalışma yapmayanlar (hiçbir çalışma yok ya da çok az çalışma var diyen katılımcılar) olmak üzere 2 gruba bölünmüştür. Belirlenen gruplar kapsamında hipotez bağımsız gruplar t testi ile analiz edilmiştir. T testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında bulunan değerler Tablo 16'da gösterilmiştir. Yapılan t testi sonucunda yüzde 95 güven aralığında sig.2 değeri 0,00 olup bu değer 0,05'den küçük olduğu için H₅ alternatif hipotezi kabul edilmektedir. Yani, çalışma verilerine göre firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 16 Firmalarında Endüstri 4.0 İle İlgili Hiçbir Çalışma Yapmayanlar İle Yapanlar Arasında Tedarikçiler Ve Diğer Partnerler İle Kurulan Teknolojik Bağlantı Seviyesindeki Farkı Ölçen t Testi

FAKTÖRLER		F	Sig.	t	Sig. 2
Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?	Eşit varyans varsayımında	,121	,729	-4,923	0,000
	Eşit olmayan varyans varsayımında			-4,923	0,000

İşletmelerin Endüstri 4.0'a ve teknolojik bileşenlerine bakış açıları değerlendirildiğinde, "Tedarikçiler ve diğer partnerleri ile teknolojik bağlantı seviyesi nedir?" anket sorusuna işletmelerinde Endüstri 4.0'la ilgili çalışma yapmayanlar ve yapanlar gruplarının vermiş olduğu cevaplar ve gruplar arası farklılıklar Tablo 17'de görülmektedir.

Tablo 17 Firmaların Endüstri 4.0 İle İlgili Çalışma Yapma Seviyelerine Göre Tedarikçiler Ve Diğer Partnerler İle Kurulan Teknolojik Bağlantı Seviyelerinin Değerlendirilmesi

	Adet	Ortalama
Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar	89	2,67
Firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma yapanlar	112	3,27

Tablo 17 incelendiğinde, tedarikçiler ve diğer paydaşlar arasında kurulan teknolojik bağlantı seviyesinin, firmalarında Endüstri 4.0 hakkında çalışma yapan firmalarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Teknolojik bağlantı seviyesinin artması, Endüstri 4.0 çalışmalarının uygulandığında firmalarda teknoloji altyapılarını geliştirdiği sonucunu vermektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018) tarafından yayınlanan Endüstri 4.0 yol haritasına göre, ülkemizin 2023 hedefleri doğrultusunda ilerlemesi ve dünyada ilk 10 ekonomi arasında yer alması için Ar-Ge harcama payının GSYİH içinde yüzde 1'den yüzde 3'e çıkarılması kararı, dijitalleşme için önemli bir adımdır. Sanayide dijitalleşmenin gerçekleştirilmesi için nitelikli bir üretim endüstrisi altyapısı kurulması gerekmektedir. Katılımcılara da bu yol haritasına uygun şekilde Endüstri 4.0'a geçiş için fikirleri ve mevcut teknolojik bileşenlere uygunlukları sorulmuştur. Anket sonuçları değerlendirildiğinde, katılımcılar işletmelerin Endüstri 4.0'a geçişini gerekli görmekte ve işletmelerine sağlayacağı katma değerlerin farkındadır. Fakat Endüstri 4.0 uygulanması için gerekli teknolojik, bilgi sistemleri, bilişim altyapılarının mevcut işletme sistemleriyle karşılanamayacağı düşünülmektedir.

Araştırmaya katılan firmalar sektörlere göre kategorize edildiğinde, sonuçlar otomotiv ve elektronik sektörlerinde Endüstri 4.0 farkındalığının yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla ülke üretim endüstrisi adına, uygulamalara öncelikli olarak Endüstri 4.0 farkındalık seviyesinin yüksek olduğu otomotiv veya elektronik sektörlerinden başlanması Endüstri 4.0 sürecine entegrasyonda önemli bir adım olarak görülmektedir. Ayrıca, çalışma sonuçlarına göre işletmelerinde Endüstri 4.0 çalışmalarına başlamış firmaların sayısının bir hayli fazla olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0 çalışmalarının, işletmelerin üretim sistemlerinde uygulanmaya başlayan yeni teknolojilere uyum göstermesi hususunda önemli katkılar sunduğu görülmektedir.

H₁ hipotezinde sektörler arasında mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusundaki farklılıklar incelenmiştir. H₁ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₁ hipotezi reddedilmiştir. Yani, sonuçlar doğrultusunda mevcut bilgi sistemleri altyapılarının Endüstri 4.0 ile uyumluluğu konusunda farklılık bulunmadığı söylenebilmektedir.

H₂ hipotezinde sektörler arasında tedarikçiler ve diğer paydaşlar ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesindeki farklılıklar incelenmiştir. H₂ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₂ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, sektörler arasında tedarikçiler ve diğer paydaşlar ile teknolojik bağlantı seviyeleri derecesinde fark olduğu söylenmektedir.

H₃ hipotezinde sektörler arasında mevcut kabiliyetlerin ve kaynakların Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusundaki farklılıklar incelenmiştir. H₃ hipotezi için tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₃ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, sektörler arasında işletmelerin mevcut kabiliyetleri ve kaynaklarının Endüstri 4.0 için yeterli olup olmaması konusunda farklılıklar bulunmaktadır.

H₄ hipotezinde Endüstri 4.0'ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmalarına katkısı olacağı düşüncesindeki farklılıklar incelenmiştir. H₄ hipotezi için t testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₄ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuç olarak, çalışma verilerine göre Endüstri 4.0'ı gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında Endüstri 4.0 ve benzeri teknolojik yaklaşımların firmalarına katkısı olacağı düşüncesinde farklılıklar bulunmaktadır.

H₅ hipotezinde firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesindeki farklılıklar incelenmiştir. H₅ hipotezi için t testi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, H₅ hipotezi kabul edilmiştir. Sonuçta, çalışma verilerine göre firmalarında Endüstri 4.0 ile ilgili hiçbir çalışma yapmayanlar ile yapanlar arasında tedarikçiler ve diğer partnerler ile kurulan teknolojik bağlantı seviyesinde farklılıklar bulunmaktadır.

Mevcut araştırma 202 katılımcıdan oluşmaktadır. Gelecekte katılımcı sayısı artırılarak daha kapsamlı bir analizin gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Katılımcı sayısının artmasıyla sonuçlar daha fazla yorumlanabilir olacaktır.

Endüstri 4.0'ın insan kaynakları politikalarında oluşturacağı stratejik değişimler bir başka çalışmada yer alabilir. Yeni sistemin ihtiyaçlarına paralel oluşması beklenen meslek grupları, önemini kaybedecek meslek grupları araştırılabilir. Endüstri 4.0'ın istihdama etkisinin olumlu ya da olumsuz gerçekleşmesi yönünde araştırma yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. *Sosyal Araştırma Vakfı Katkı*, sayı. 4, ss. 34-44.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, sayı. 8, ss. 19-30, <http://dx.doi.org/10.15637/jlecon.129> (Erişim tarihi: 22.04.2018)
- Bortolini, M., Ferrari, E., Gamberi, M., Pilati, F. and Faccio M. (2017). Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework. *IFAC PapersOnLine*, 50-1, 5700–5705.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. and Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron, Manuf. Engineering*, 8(1), pp. 37–44.

- Fırat, S. Ü. ve Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, Sayı. 114, ss. 10-23.
- Gabaçlı, N. ve Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. Uluslararası Politik, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Kongresi*, Bildiriler Kitabı, Cilt:2 Ekonomik Araştırmalar, ss. 149-174.
- Hermann, M., Pentek, T. and Otto B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *System Sciences (HICSS)*, 49th Hawaii International Conference
- İşler, V., Endüstri 4.0 Farkındalık Anketi, <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXZ0JFgBP8gUebLtMH1B5FYXs2gxvKTm04NpdEtLZ-IOL3mA/viewform?c=0&w=1> (Erişim tarihi: 06.03.2018)
- Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Industrie 4.0 Çalışma Grubu, Almanya
- Kağnıcıoğlu, C. H. ve Özdemir, E. (2017). Endüstri 4.0 Bağlamında Eskişehir İlindeki Kobi'lerin Değerlendirilmesi. *PressAcademia Procedia (PAP)*, sayı. 3, ss. 900-908.
- Kalaycı, Ş. (2005). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Ankara: Asil Yayın Dağıtım LTD. Tİ.
- Morrar, R., Arman, H. and Mousa S. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11).
- Nunes, M. L., Pereira, A.C. and Alves, A.C. (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1215–1222.
- Pereira, A.C. and Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1206–1214.
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araujo, M. and Ares E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 972–979.
- Santos, M.Y., Sa, J. O., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., Martinho, B. and Galvao, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37, pp. 750–760.
- Schönsleben, P., Fontana, F. and Duchi, A. (2017). What benefits do initiatives such as Industry 4.0 offer for production locations in high-wage countries?. *Procedia CIRP*, 63, pp. 179 – 183.
- Sung, T.K. (2017). Technological Forecasting & Social Change. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005> (Erişim tarihi: 21.05.2018)