

Endüstri 4.0 ve İşletme Yönetiminin Geleceğine Olası Etkileri: Kavramsal Bir Yaklaşım*

Industry 4.0 And Its Possible Effects on the Future of Business Management: A Conceptual Approach

İlknur ASAR^{1**}  Şaban ESEN² 

¹ PhD Candidate, Department of Business, Bartın University, Bartın, Turkey

² Professor Doctor, Department of Business, Bartın University, Bartın, Turkey

Received: 17.06.2021

Accepted: 23.12.2021

This article was checked by *intihal.net*

Öz

Stratejik yönetim, işletmenin sürdürülebilirliğini mümkün hâle getirecek ve ona rekabet üstünlüğü ve ortalamanın üzerinde kâr ve getiri olanağı sağlayacak işlerin yönetimi ile ilgili bir kavramdır. İşletmeler rekabetçi konumlarını korumak ve daha üst seviyelere çıkarabilmek için teknolojik yeniliklere önem vermelidir. Bu teknolojik yeniliklerin en önemli basamağını dijitalleşme oluşturmaktadır. İşletmeler açısından dijital dönüşüm, sadece kârlılığa yaptığı katkı nedeniyle değil aynı zamanda rekabet avantajı elde etmek için de kritik bir öneme sahiptir. Dijital dönüşüme ilişkin çabalar ülkemizde de kamudan özel sektöre, akademik ortamdan imalat ortamına kadar tüm sektörlerde görülmeye başlamıştır. Bu çalışma, Endüstri 4.0 kavramının farklı özelliklerine vurgu yapmakta ve işletme yönetiminin geleceğinde Endüstri 4.0 uygulamalarının yerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Literatürde, Endüstri 4.0 kavramının temel bileşenleri, üretim işletmelerindeki uygulanabilme potansiyeli ve söz konusu işletmeler üzerine etkisi, gıda, mobilya, beyaz eşya sektörlerinde uygulanabilirliği, sağladığı avantaj ve dezavantajlar, cirolarına yansımaları, finansal etkileri, ulusal kalkınmaya etkileri, uluslararası düzeyde uygulanabilirliği, işletmelerin Endüstri 4.0 olgunlaşma düzeyleri gibi konular işlendiği ancak işletme yönetiminin geleceğine olası etkilerinin bütüncül olarak ele alındığı kısıtlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, yönetsel açıdan Endüstri 4.0 sürecinin önemini, etki alanını, gerektirdiği nitelikleri ortaya koyarak örgütlerde Endüstri 4.0 farkındalığının artırılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, İşletme Yönetimi, Örgüt, Dijitalleşme, Siber Fiziksel Sistemler

Abstract

Strategic management is a concept related to the management of businesses that will enable the sustainability of the business and provide it with competitive advantage and above-average profit and return opportunities. Businesses should attach importance to technological innovations in order to maintain their competitive positions and to take them to higher levels. Digitalization is the most important step of these technological innovations. For businesses, digital transformation is critical not only because of its contribution to profitability, but also to gain competitive advantage. Efforts regarding digital transformation have started to be seen in all sectors in our country, from the public to the private sector, from the academic environment to the manufacturing environment. This study emphasizes the different features of the industry 4.0 concept and reveals the place of industry 4.0 applications in the future of business management. In the literature, the basic components of the concept of industry 4.0, its applicability in manufacturing enterprises and its effect on the enterprises in question, its applicability in the food, furniture, white goods sectors, its advantages and disadvantages, reflections on turnover, financial effects, effects on national development, international applicability, industry 4.0 it is seen that there are a limited number of studies in which issues such as maturity levels are covered, but their possible effects on the future of business management are addressed in a holistic manner. The aim of this study is to increase the awareness of industry 4.0 in organizations by revealing the importance of the industry 4.0 process, its area of influence and the required qualities in terms of management.

Key Words: Industry 4.0, Business Management, Organization, Digitalization, Cyber physical systems

Asar, İ. & Esen, Ş. (2021). Endüstri 4.0 Ve İşletme Yönetiminin Geleceğine Olası Etkileri: Kavramsal Bir Yaklaşım. *Journal of Academic Value Studies*, 7(4), 459-468. <http://dx.doi.org/10.29228/jav.51809>

* Bu makale, 9-11 Haziran 2021 tarihlerinde Bişkek/Kırgızistan'da gerçekleştirilen 2. Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Kongresi'nde sözlü olarak sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

** E-mail: ilknurasar4367@gmail.com (Corresponding Author)

1. Giriş

1990'lı yıllardan itibaren hızlanan teknolojik gelişim ve küreselleşmeyle birlikte artan rekabet sonucunda stratejik yönetim alanında yeni kavram ve teknikler ortaya çıkmış ve yoğun rekabet ortamı bu yeni uygulamaların ve kavramların işletmeler tarafından uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Özellikle yönetimde modern yaklaşımların etkisiyle işletmeler birer sosyoteknik sistem olarak değerlendirilmiş hem teknik yapının hem de sosyal yapıyı oluşturan birimlerin optimize edilmesi hedeflenmiştir (Koçel, 2020).

Tarih öncesi dönemlerde çeşitli el aletleri geliştiren insanoğlu artık günümüzde robotları tasarlamaya, üretmeye, hatta programlayan robotları tasarlamaya başlamıştır. Bütün bunlar insanlığın aklın ve bilginin gücünü keşfetmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu dijital dönüşüm hızlı bir şekilde yaşanırken eğitimden sağlığa, tarımdan endüstriye, hukuktan sosyal hayata kadar her alanda etkisini yoğun olarak göstermektedir (ATSO, 2016).

Teknolojik değişimlerin yönü, hızı ve biçimi örgütlerin sürdürülebilirliğini etkileyen faktörlerdir. Teknolojik değişimlere hızlı bir şekilde tepki gösteremeyen, uyum sağlayamayan örgütler yok olacak ve bunların yerine uyum sağlayabilen örgütler oluşacaktır (Eren, 2013). Endüstri 4.0 devrimine gelinceye kadar üç tane sanayi devrimi gerçekleşmiştir. Birinci Sanayi Devrimi, 18. yy. sonlarında su ve buhar enerjili mekanik üretim tesislerinin icadı ile başlamıştır ve bu dönemde yaşanan gelişmeler üretimde insan gücünden makine gücüne geçilmesini sağlamıştır. 20. yy. başlarında ise elektrik enerjisinin mümkün kıldığı iş bölümünün ve seri üretimin ortaya çıkışı ile İkinci Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir. Bu teknoloji devrimi, 1840-1870 yılları arasında Cincinnati'deki mezbahalardaki sistemden esinlenerek ortaya çıkmıştır. Amerika'da Henry Ford'un bu sistemi araba fabrikasına uyarlaması sonucunda Ford T'nin üretimi ile İkinci Sanayi Devrimi hız kazanmıştır. Bu dönem Fordizm olarak da adlandırılmaktadır. Üretimin karakteristik özelliği kayan bant sistemidir. Bu sistem sayesinde tek tipe dayalı kitlesel üretim olanaklı hâle gelmiştir. Bu sayede Ford, 850 dolar olan T model arabasını 375 dolara indirerek kısa zamanda mükemmel bir satış grafiği ortaya koymuştur. Bu dönemde, Fordizmin kitlesel üretimi, ülkelerin üretime dair temel stratejilerini oluşturmuştur. Rekabette yaşanan yoğunlaşma ve müşteri tercihlerinde ortaya çıkan çeşitlenme sonucunda Fordizmin sunduğu tek kalıp üretim modeli yetersizleşmiş ve son olarak 1973 petrol krizi sonrasında bu sistem işlevsizleşerek çökmüştür. 1970'lerin ortalarında ise üretimin otomasyonunu daha yüksek bir düzeye taşıyan elektronik ve bilgi teknolojilerinin kullanımı ile Üçüncü Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır (TÜSiAD ve BCG, 2016; Çiftçi vd., 2019; Alçın, 2016; TOBB, 2016).

Resmi olarak ilk defa 2011 yılında Almanya'da Hannover Fuarında konuşulan Dördüncü Sanayi Devrimi'nin temelleri 20. yy. sonlarında atılmış ancak gelişimini 21. yüzyılda sürdürmüştür (Özsoylu, 2017). Gelişmiş bir dijitalleşmeyi temel alan "akıllı" nesnelere arasındaki internet teknolojilerini ve geleceğe yönelik teknolojilerin birleşimini ifade ederken üretimde yeni bir temel paradigma değişikliğini esas alan teknolojik gelişim süreci olarak açıklanmaktadır. Endüstri 4.0'ın işletmelerin stratejilerinde ne kadar ve nasıl yer aldığı Endüstri 4.0 konusunda başarının önemli bir bileşenidir. Endüstri 4.0'ın işletmeler tarafından, bütüncül bir bakış açısıyla, kurumsal tasarım yönüyle ele alınması gereklidir (Lasi vd., 2014).

2. Kavramsal Çerçeve

Endüstri 4.0, teknolojilerin tekil olarak kullanılmasından ziyade farklı teknolojilerin bir arada koordinasyon içinde bütüncül şekilde kullanıldığı uygulamalar sayesinde dijital bir dönüşüm gerçekleştirebilecektir. Örneğin, üretim sistemlerinin tam olarak entegre çalışabilmesi için Yatay/Dikey Entegrasyon teknolojilerinin yanında verilerin depolanması ve bu verilere anlık olarak erişim sağlanabilmesi için Bulut sistemlerine gereksinim olmakta, verilerin korunması için de Siber Güvenlik yazılımlarının kullanılması gerekmektedir (TÜSiAD ve BCG, 2016).

Şekil 1. Günümüzün Fabrikalarıyla Endüstri 4.0 Fabrikalarının Karşılaştırması

	Veri kaynağı	Günümüzün fabrikaları		Endüstri 4.0 fabrikaları	
		Özellikler	Teknolojiler	Özellikler	Teknolojiler
Bileşen	Sensör	Hassasiyet	Akıllı sensörler ve hata algılama	Öz farkındalık Öz tahmin	Bozulma izleme & kalan faydalı ömür tahmini
Makina	Kontrolör	Üretilebilirlik ve performans	Durum tabanlı izleme ve teşhis	Öz farkındalık Öz tahmin Öz karşılaştırma	Öngörücü sağlıklı yaşam süresi izleme

Üretim sistemi	Ağ bağlantılı sistem	Ağ bağlantılı sistem	Yalın operasyonlar: iş ve atık azaltma	Öz yapılanma Öz koruma Öz organize etme	Sıkıntısız üretkenlik
----------------	----------------------	----------------------	--	---	-----------------------

Kaynak: Lee vd., 2015, s. 19.

Endüstri 4.0, üretim koordinasyonunun eş zamanlı gerçekleşmesi, gereksinim duyulan üretim bilgisinin harici alanlardan çekilmesi, kayıp ve firelerin sensörler ile kontrol altında tutulması ve bu nedenle kayıp ve fire sayılarının en aza indirgenebilmesi, üretimde zaman ve mekan yakınsaması sağlamasından dolayı kaynak tasarrufu konusunda da önemli avantajlar sağlamaktadır (Alçın, 2016).

Bir endüstriyel ağ aracılığıyla, birden çok birim düzeyindeki siber fiziksel sistemler daha geniş bir veri akışı yelpazesi ve kaynak koordinasyonu sağlayarak ara bağlantı ve birlikte çalışabilirlik sağlamaktadır (Tao vd., 2019). Endüstri 4.0, öz yapılanma, öz denetim ve kendini iyileştirme gibi otonomik özellikleri bünyesinde barındıran akıllı sistemler tarafından yönlendirilen imalat ekosistemlerini ortaya çıkaracaktır. Bu sayede, makine-insan işbirliğine ve simbiyotik ürünlere yönelik yeni tip endüstriyel süreçler ortaya çıkacaktır. Böylelikle daha önce görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik elde edilmesine ve verimliliğin kısa sürelerde gerçekleştirilmesine olanak sağlayacaktır (Lane, 2016). Birbiriyle konuşan, iletişim hâlindeki bağlantılı makineler ürünün kalite kontrolünü yapıp, üretim sürecindeki hataları daha hızlı tespit etmeyi sağlayacaktır (TOBB, 2016).

Endüstri 4.0'ın fabrikalarının, post-fordist dönemin dikey disintegrasyona dayalı atölye tarzı üretimi yerine nasıl bir üretim yapısı oluşturacağı ve yüksek katma değeri nasıl ortaya çıkaracağı, fabrikaların "akıllanmasının" işgücü için ortaya çıkartacağı istihdam yapısı, kâr oranlarının genel seyrine etkisi gerek akademik çevrelerde gerekse iş çevrelerinde tartışılmaktadır (Alçın, 2016).

2.1. Endüstri 4.0 Bileşenleri

Endüstri 4.0'ı oluşturan çeşitli bileşenler mevcuttur. Bunlar aşağıda açıklanacaktır.

2.1.1. Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemler, akıllı bağlantı, veriden bilgiye dönüşüm, siber, kavrama, yapılandırma ve simülasyon boyutlarından oluşan ve ağ teknolojilerini kullanarak siber ve fiziksel sistemleri birlikte çalıştırabilen sistemlerdir (Lee vd., 2018). Siber fiziksel sistemler, fiziksel dünya ile siber dünya arasındaki iletişim ve koordinasyonu sağlayan yapıların bütünüdür (Alçın, 2016).

2.1.2. Nesnelerin İnterneti

Bilgi toplumunda, mevcut ve geliştirilmekte olan, bütünleşmiş şekilde birlikte çalışabilen bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı nesnelere (sanal ve fiziksel) birbirine bağlamak yoluyla gelişmiş hizmetlere erişim sağlayan küresel bir altyapı olarak tanımlanmaktadır (ITU, 2012).

2.1.3. Büyük Veri Ve Analitik

Ağ teknolojilerini kullanan makinelerin giderek artan düzeyde kullanımıyla birlikte büyük veri olarak bilinen, sürekli yüksek hacimli verilerin üretimi ortaya çıkmıştır. Büyük veri yönetimi, makinelerin birbirine bağlanabilirliği, nesnelerin interneti için siber fiziksel sistemlere gereksinim vardır (Lee vd., 2015). Büyük veri, çeşitli kaynaklarca üretilmiş olan yüksek hacimli verileri toplama, düzenleme, özel analitik yöntemlerle işleyerek anlamlandırma sürecidir. Özellikle e-ticaret işletmeleri başta olmak üzere pek çok işletme tüketici tercihlerini daha detaylı tespit edebilmek için büyük verinin ne denli önemli olduğunu anlayarak harekete geçmişlerdir (Duran, 2018).

2.1.4. Bulut Bilişim

Bulut (Cloud) Teknolojisi, işlem kapasitesi, yazılım uygulamaları ve veri depolama hizmetinin internet üzerinden gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Her tür bilgiye, kişisel veriye istenilen zamanda, istenilen yerden hızlı bir şekilde erişebilmeyi sağlamaktadır. Bu işlemlerin tümü için, dijital bir ağ aracılığıyla çoklu sunucu bağlantısı sağlanmaktadır. Bulut bilişim teknolojisi yoluyla, büyük verilerin depolanabilirliği ve bu verilere erişilebilirlik imkânı ortaya çıkmıştır (<https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>).

2.1.5. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Yatay entegrasyon, tedarik, üretim, pazarlama vb. her süreci kapsamakta, bütünleşik ve birbirine bağlı uçtan-ucya sistemler kurmaktadır (Soylu, 2018). Dikey entegrasyon, bir işletmede var olan bütün fonksiyonların birbiriyle işbirliği içinde olmasını ifade etmektedir. Yatay ve dikey entegrasyonun Endüstri 4.0'a kattığı avantajlar; üretim süreçlerinde yaşanan bir değişikliğe hızlıca cevap verilebilmesi, müşteriye özel ve kişiselleştirilmiş üretimin kolaylaşması, kaynak verimliliğinin artırılması, ihtiyaç duyulan değişiklikler basit arayüz güncellemeleriyle bile sağlanabilmesi, işletmelerin daha esnek bir yapı kazanmasıdır (<https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/>).

2.1.6. Yapay Zeka

Kavrama, öğrenme, problem çözme, planlama gibi bilişsel özelliklerin ve yeteneklerin bilgisayarlara kazandırılması yoluyla pek çok işlemin daha kolay ve daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesidir (Baştanlar, 2018). Örneğin, Garanti BBVA, teknolojik yeniliklerini duyurmak amacıyla reklamlarında yapay zekâ asistanı olarak "Ugi" isimli sanal robotu sunmaktadır. Marka, Ugi karakteri sayesinde sanal gerçeklik veya yapay zekâ kullanarak anlatmak istediğini müşterileri nezdinde ilgi çekici bir duruma getirmektedir. Böylece Garanti BBVA, hikâyeyi "Ugi" isimli sanal karakter aracılığıyla gerçek dünyaya aktarmıştır (Şahin ve Kara, 2020).

2.1.7. Otonom Robotlar

Çevresini algılayabilen, buna dayalı bir plan üreten, kendi kendine karar verebilen, kararlarına uygun şekilde hareket edebilen robotlardır. Endüstri 4.0 uygulamalarının kritik noktalarından biri olan esnek üretim sistemlerinin sağlanabilmesi için anahtar teknoloji durumundadır (EMO, 2016).

2.1.8. Katmanlı Üretim-3 Boyutlu Yazıcılar

Katmanlı üretim, bir 3B CAD modelinin, malzemenin tabakalar halinde birleştirilerek fiziksel bir parçaya dönüştürüldüğü üretim işlemidir. Günümüzde, sağlık, enerji, otomotiv, havacılık, uzay, inşaat gibi alanlarda yaygın olarak kullanılan son derece önemli bir teknolojik yöntemdir (Özer, 2020).

2.1.9. Artırılmış Gerçeklik

Veri ve görüntünün gerçek dünya görüntülerine eklenmesiyle zenginleştirilmiş bir ortam ortaya çıkaran artırılmış gerçeklik kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda dijital araçların yeteneklerinin yetersiz düzeyde olmasından dolayı lüks, zahmetli, gelişmesi zor bir teknoloji olarak görülmekteydi. Ancak bugün yazılım ve donanım alanında ortaya çıkan gelişmelerle birlikte artırılmış gerçekliğin uygulama alanı genişlemiştir. Sağlık, eğitim, sanayi, trafik, spor, eğlence ve askeri alanlarda kullanılmaktadır (İçten ve Bal, 2017).

2.1.10. Siber Güvenlik

Siber güvenlik kavramının genel olarak en çok ele alınan konuları; nesnelere interneti güvenliği, bulut bilişim güvenliği, siber fiziksel sistemlerin güvenliği, büyük veri güvenliğidir (Şimşek, 2020).

Endüstri 4.0'ın tüm bileşenleri "akıllı" bilgi teknolojisi sistemleri ile bağlanmaktadır (Kinzel, 2017).

3. Tartışma ve Öneriler

3.1. Endüstri 4.0 Ve İşletme Yönetiminin Geleceğine Olası Etkileri

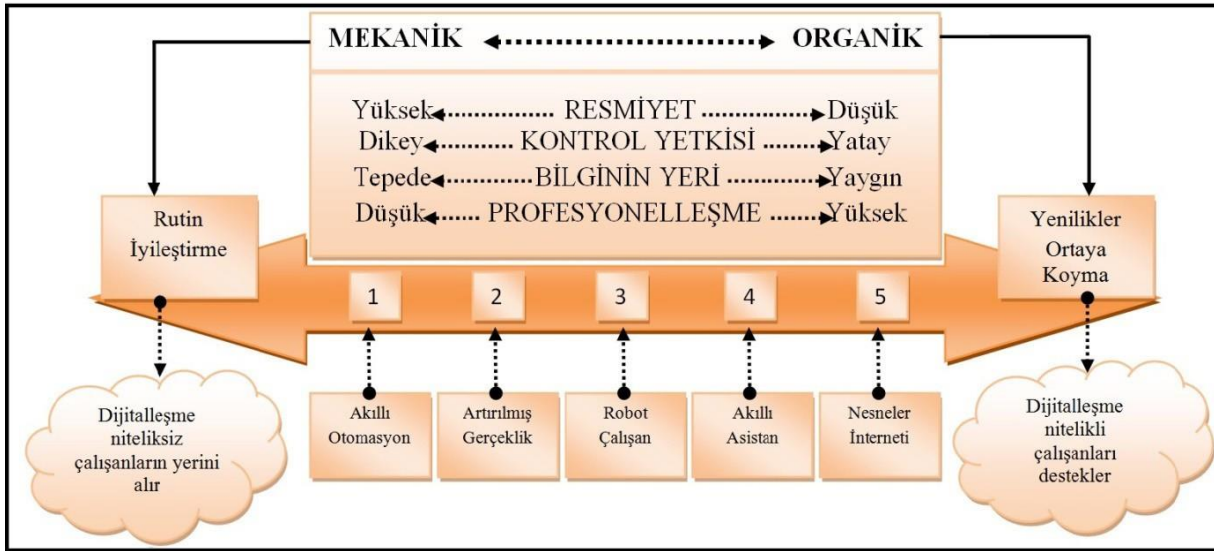
Endüstri 4.0 teknolojilerinin, tüm değer zinciri boyunca yeni bir organizasyon ve yönetim görüşü ortaya çıkarması beklenmektedir. Daha karmaşık sistemleri yönetebilen işletmelerin oluşturulabilmesi için bilişim, yerleşik sistemler, üretim, otomasyon tekniği ve makine mühendisliği alanlarındaki inovasyonlar yeni dönemin gelişimini desteklemektedir (KPMG, 2015). Klaus Schwab'ın ifadesiyle "hangi endüstri alanında olursak olalım teknolojik yenilikler ile bir araya gelen bilginin kullanılması sonucu ortaya çıkan dijitalleşme, şirketlerin geleceği için bir tercihten ziyade mecburiyete dönüşmektedir". İstisnasız bütün sektörler ve şirketler için asıl soru, "Bozucu etkilere ben de hedef olacak mıyım?" sorusu değil "Bozulma ne zaman gelecek, hangi biçimi alacak ve beni ve kuruluşumu nasıl etkileyecek" sorusudur. Dolayısıyla teknolojik gelişmelerin yeniden şekillendirdiği ilişkiler bütününü "kabul et ve birlikte yaşa" ile "reddet ve onsuz yaşa arasındaki ikili bir tercih olarak görmek yerine, değişimin yönünü, hızını ve getirdiklerini anlamamız gerekmektedir" (Schwab, 2016).

Endüstri 4.0 teknolojileri ile örgüt içerisinde her çalışan yetkilendirilme düzeyiyle orantılı şekilde işletmeyle ilgili bilgilere anlık olarak erişme olanağı bulmakta, tüketiciler siparişlerinin durumunu doğrudan takip edebilmekte, işletme tedarikçiden doğrudan sipariş verebilme, stok durumunu kontrol edebilmekte, kısacası her aşamayı tek tek görüp izleyebilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile yöneticiler örgütle ilgili verilere anlık olarak ulaşabilmekte ve böylece karar mekanizması da hızlanmaktadır (Koçel, 2020).

Endüstri 4.0 teknolojilerinden faydalanabilmeleri için örgütlerin iş modelleri, ürün ve hizmet portföyü, pazar ve müşteri erişimi, değer zinciri, yasal riskler ve güvenlik ve örgüt kültürü gibi farklı boyutlardaki yeteneklerinin gelişmesi gerekmektedir (Schrauf ve Bertram, 2016).

Yönetim açısından Endüstri 4.0 kavramının örgütlerin yapısını etkileyen dört temel niteliği bulunmaktadır. Bu nitelikler, resmiyet düzeyi, kontrol yetkisi, örgüt içinde bilginin yeri ve profesyonelleşme düzeyidir. Yönetimin fonksiyonlarının dijital dönüşümü, bu süreçlerin entegrasyonu ve bunun sonucunda ortaya çıkan örgütsel gelişimin örgütün bütününe, kültürüne, iklimine kazandırılması "Endüstri 4.0 bilinçli liderlik" tarzını gerektirmektedir (Aytar, 2019).

Şekil 2. Endüstri 4.0'ın Mekanik Ve Organik Örgüt Yapılarını Etkileme Düzeyi Ve Bunun Sonucunda Elde Edilen Örgüt İklimi



Kaynak: Aytar, 2019, s.85

Örgütlerin Endüstri 4.0 için uygulayabilecekleri tek bir doğru yapı yoktur. Her örgütün içinde bulunduğu duruma ve gereksinimlerine göre Endüstri 4.0 ile uyumlu olacak yapıyı belirlemesi gereklidir (Daft, 2008). Örgütlerin mekanik yapıyı mı yoksa organik yapıyı mı oluşturacakları örgütün büyüklüğüne, kültürüne ve faaliyet gösterilen sektöre bağlıdır. Mekanik örgüt yapısı, merkezileşme, özelleşmiş görevler, birçok kural ve formaliteyle karakterize edilen, dikey iletişim ve katı yetki hiyerarşisinin olduğu bir sistemdir. Durağan çevrelerde uygulanabilir bir yapı olmasına karşın Endüstri 4.0'ın çok hızlı değişen çevresine uyumlu olmadığı bir gerçektir (Ermolaeva, 2017). İstikrarsız, değişken bir çevrede organik örgüt yapısı daha uyumludur. Bu yapı, merkezi olmayan, yetki devrinin olduğu, az sayıda kural ve formalite, yatay iletişim ve işbirliğine dayalı ekip çalışmasından oluşur. İnovasyon stratejisine sahip olan ve değişken ortamda faaliyet gösteren örgütler için esneklik sağlayan bu yaklaşım daha uygundur (Van Der Sluis, 2017).

Örgütlerin Endüstri 4.0 ile uyumlu hale getirilmesi için uygulanabilecek örgütsel yapı seçenekleri şunlardır (Schamim vd., 2016):

- **Matris Yapı:** Bu yapı, fonksiyonel örgüt yapısı, mamul temelli, bölge temelli örgüt yapıları ve diğer örgüt yapılarından oldukça farklıdır. Klasik yönetim yaklaşımının temel bazı ilkelerine aykırı olma niteliği taşımaktadır. Kumanda birliği ilkesi matris örgüt yapısında tamamen terkedilmekte ve bir ast birden fazla üste karşı sorumlu olmaktadır. Matris örgüt yapısında, biri fonksiyonel hizmetlerle diğeryse mal veya hizmetlerle ilgili iki yapı söz konusudur. Bu şekilde, iki tip örgütün olumlu özellikleri tek yapıda toplanmaktadır. Ancak, sorumluluk ve yetkinin birbiriyle karışmış durumda olduğu bu örgüt yapısı çatışmalara uygun bir zemin oluşturmaktadır (Mucuk, 2016). Matris yapı çok esnektir ve ani değişimlere hızlı tepki gösterebilme olanağı sağlamaktadır (Ermolaeva, 2017).

- **Proje Bazlı Takımlar:** Bu yapıda, tek bir grup ortak bir hedefi gerçekleştirmek için farklı görevleri yerine getirmektedir. Böylelikle, işlevsel ve bölümsel engeller ortadan kaldırılmakta, karar mekanizması süreci hızlanmakta ve örgütsel öğrenme geliştirilmektedir. Sıklıkla değişim yaşanan ve inovasyonun kaçınılmaz olduğu bir çevrede, bu yapı uygun olabilir (Khedhaouria ve Jamal, 2015).

- **Düz Hiyerarşi:** Bu yapı, örgütteki kademe sayısının, çalışanlar ve üst yönetim arasındaki mesafenin azalmasını, iletişimin kolaylaşmasını ifade etmektedir. Düz hiyerarşide az sayıda yönetim/personel seviyesi vardır. Yönetim ve çalışanlar arasında güç mesafesi kısadır (Jones, 2003).

- **Ademi Merkeziyetçilik:** Merkezi olmayan bir yapıyı ifade etmektedir. Otorite yönetime değil çalışanlara aittir. Çalışanlar yönetimden onay almadan karar mekanizmasını işletme yetkisine sahiptir. Değişken çevrelerde uygulanması yararlı bir sistemdir. Çalışanların yerinde karar vermesine olanak sağlamaktadır. Bu durum, hızlı karar verme ve öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır (Hindle, 2008).

Endüstri 4.0, akıllı ürünler, akıllı prosedürler ve akıllı süreçler ortaya çıkarmaya odaklanmaktadır. Endüstri 4.0'ın işletmelere sağladığı ayırt edici yenilikler şunlardır (Acatech, 2013):

- **Kişiselleştirmeye olanak sağlaması:** Sipariş, planlama, üretim ve operasyon aşamalarının tamamında bireysel, müşteriye özel tasarıma, konfigürasyona uygun şekilde hareket edilerek anlık değişikliklerin yapılmasını mümkün kılması ve bu sayede düşük üretim hacminde tek seferlik üretim yaparken aynı zamanda kâr maksimizasyonunu mümkün kılması

- **Esneklik:** Siber fiziksel sistemler tabanlı ağ iletişimi, işin farklı yönlerinin dinamik konfigürasyonunu kalite, zaman, sağlamlık, fiyat, çevreye saygı çerçevesinde gerçekleştirmektedir. Bu özellikler, tedarik zincirinin kolaylaşmasını sağlamakta ve aynı zamanda mühendislik işlemlerinin daha çevik şekilde gerçekleştirilmesini, üretim süreçlerinin değişkenliğini, gecikmelerin telafisini (örneğin arzda yaşanan sorunlar), kısa sürede çok miktarda çıktı elde edilmesini sağlaması anlamına gelmektedir.

- **Karar alma süreçlerinin optimizasyonu:** Küreselleşen dünyada başarılı olmak için doğru kararları, kısa sürede alabilmek kritik bir noktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri, gerçek zamanlı olarak uçtan uca şeffaflık sağlaması ve eş zamanlı olarak esnek yanıtların alınmasını mümkün kılması nedeniyle karar alma süreçlerini kolaylaştırmaktadır.

- **Kaynak etkinliği ve verimliliği:** En düşük miktarda girdiyi kullanarak, en yüksek miktarda çıktının elde edilmesini, bu çıktı elde edilirken tüketilen kaynakların ve enerjinin en az miktarda olmasını sağlamaktadır. Siber fiziksel sistemler, üretim süreçlerinin değer zincirinin tamamında duruma göre optimize edilmesini sağlamaktadır.

- **Yeni hizmetlerle değer ortaya çıkarması:** Yenilikçi hizmetlerin geliştirilmesi için akıllı algoritmalar, çeşitli akıllı cihazlar tarafından büyük miktarlarda, sırayla kaydedilen veriler (büyük veri), yeni istihdam olanakları ortaya çıkarması sayesinde değer katmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinde KOBİ'ler için özellikle önemli fırsatlar vardır.

- **İşletmelerdeki demografik değişime yanıt vermesi:** İşlerin organizasyonu ve yetkinlik geliştirme girişimleri ile bağlantılı olarak, Endüstri 4.0'ın sağladığı insanlar ve teknoloji arasındaki etkileşimli işbirliği demografik değişimi avantaja çevirmek için işletmelere yeni yollar gösterecek sistemler ortaya çıkarmaktadır. Bunlar, vasıflı işgücü sıkıntısını azaltacak, işyerinde çeşitliliği artıracak (yaş, cinsiyet ve kültürel arka plan açısından) sistemlerdir. Endüstri 4.0, çeşitli ve esnek kariyer yollarını mümkün kılarak insanların çalışmaya devam etmesine ve daha uzun süre üretken kalmasına olanak sağlamaktadır.

- **İş-yaşam dengesi:** Siber fiziksel sistemlerin sağladığı daha esnek iş organizasyonu modelleri kullanan işletmeler, çalışanların iş hayatları ve özel hayatları arasında ayrıca kişisel gelişim ve sürekli gelişimleri arasında daha iyi bir denge kurmaktadır. İşletmeler, çalışan sayıları azaldıkça, siber fiziksel sistemler sayesinde adaylar arasından en iyi çalışanları işe alarak önemli bir avantaj kazanacaklardır.

- **Rekabetçiliğini kaybetmeyen bir ekonomi:** Endüstri 4.0, lider tedarikçi konumunu geliştirirken aynı zamanda pazar payında liderliği elde etmeye olanak sağlamaktadır.

3.1.1. Endüstri 4.0 ve İşletme Fonksiyonlarının Entegrasyonu

Değişime uymanın ortaya çıkardığı sorunlar, değişime karşı gösterilen direnç, hızlı değişim işletmelerde yaygın olarak karşılaşılan durumlardır. Özellikle teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte toplumsal yaşamda olduğu gibi endüstriyel ve ekonomik yaşamda da çeşitli entegrasyon sorunları ortaya çıkmaktadır. Teknoloji, bir örgütte yönetim tekniklerini

ve süreçlerini, örgütsel ilişkileri, grupları, takımları, çalışanları kısacası bir bütün olarak örgütün yapısını ve işleyişini etkileyecektir (Koçel, 2020).

Endüstri 4.0, birbiriyle bağlantılı olan üç faktör için kullanılmaktadır. Bunlar (Zezulka vd., 2016):

- Dijitalleşme ve Entegrasyon (Basit teknik-ekonomik ilişkinin karmaşık teknik-ekonomik ağlarla dijitalleşmesi ve entegrasyonunun sağlanması)
- Ürün ve hizmet önerilerinin dijitalleştirilmesi
- Yeni pazarlama modelleri

Endüstri 4.0 uygulamalarını hayata geçirmek isteyen örgütler, dinamik yetenekler ve inovasyon gerektiren birçok ekonomik, sosyal ve teknolojik zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle Endüstri 4.0'ın gereksinimlerini karşılayacak örgütsel yeteneklerini geliştirerek, gerekli inovasyonları gerçekleştirerek yeni yönetim bakış açılarıyla bu zorlukları aşabilirler. Yönetimin, örgütü Endüstri 4.0 teknolojileri ile uyumlu hale getirmek için örgütsel yetenekleri geliştirmeye olanak sağlayacak bir öğrenme ve inovasyon iklimi ve çeşitli yönetim uygulamaları geliştirmesi gereklidir. Bunlar, uygun örgütsel yapı, uygun liderlik tarzı, uygun insan kaynakları uygulamaları, kısa dönemde inovasyonlara odaklanırken uzun dönemde yetenekleri geliştirmeye odaklanmak, bu odaklanma için geleneksel yatırımlardan vazgeçmek şeklindeki uygulamalardır (Shamim vd., 2016; Scheneider, 2018).

3.1.2. İnsan Kaynakları İlişkisi

Yüzyıllar boyunca üretim süreçlerinde insanın, tamamen insani niteliklerinden dolayı, hata yapma eğiliminde olan ve pahalı bir yapıya sahip olan işgücü olarak değerlendirilmesi, emeğin sermaye ile ikame edilmesine yönelik gelişmelere hız vermiştir. Üretim süreçlerindeki otomasyon, emeğin sermaye ile ikame edilebilirliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Tekrara dayalı işlemlerin otomasyona devredilmesi, niteliksiz işgücü istihdamını kısa dönemde azaltıcı bir etken olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca, yüksek nitelikli işgücünün ise makineler ile karşılıklı etkileşim içinde çalışması, yüksek nitelikli işgücüne olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır (Doğru ve Meçik, 2018).

Endüstri 4.0, hammadde tedariğinden üretime, pazarlamaya kadar işletmelerdeki tüm süreçlerde ve birimlerde değişiklikler ortaya çıkaracak, radikal örgütsel değişimlere sebep olacaktır ve bu yeniliklerin merkezinde insan kaynakları bulunmaktadır. Bu uyum sürecinin örgütün tamamına yayılabilmesi ve örgüt kültürü durumuna getirilebilmesi için de insan kaynaklarının misyonu, iş tanımları ve sorumlulukları yeniden tanımlanacaktır (World Economic Forum, 2016).

Endüstri 4.0'ın, örgütlerde ortaya çıkardığı değişimler insan kaynakları planlamasını da etkileyecektir. İnsan kaynakları planlaması sürecini başlatan bilgi toplama aşamasında gerçekleştirilen iş analizinin şekil şartlarının değişmesi, talep öngörümlemede gereksinim duyulan insan kaynağının yetkinliğe dayalı tespitinde aranacak kriterlerin değişmesi, arz öngörümlemede dışsal işgücü arzı için çeşitli yetkinliklere sahip, robotik makine işlerinden ve yapay zeka teknolojilerinden anlayan işgören planlamasının gerekmesi, planlama sürecine Endüstri 4.0 teknolojisine dayanan yapay zeka, sistemler vb. alımlarının, geliştirilmesinin ya da çalışmasına son verilmesinin dâhil olduğu yeni bir aşama eklenmesinin gerekmesi, iş analizi kapsamında hareket-zaman etüdünün yapay zekaya uyarlanarak gözlem yöntemine indirgenmesi gerekmesi, Endüstri 4.0 teknolojisi sonucu ortaya çıkan yeni meslek gruplarına uygun olan eğitim ve geliştirme faaliyetlerinin planlanması, robot kullanım yetkinlik eğitiminin de rotasyonda gerçekleştirilmesi gerekliliği, Home Office gibi yeni esnek çalışma türlerinin planlamaya dâhil edilmesi gerekmesi gibi etkiler ortaya çıkacaktır (Yılmaz ve Erkollar, 2018).

Endüstri 4.0, insan kaynaklarına, üretimden iş yapma biçimlerine kadar farklı görevler yükleyecektir. Yapay zekâ ve otomasyon bu devrimin ana unsurları gibi gözükse de üretim süreçlerinin planlanması ve kontrolünde insan kaynağı unsuru bu dönüşümün merkezinde olma özelliğine sahiptir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle birlikte üretim sistemlerinin artması sonucunda, bunları programlayacak ve kontrol edecek insan kaynağı sayısı da aynı oranda artacaktır. Tüm gün boyunca iş başında olan, psikolojik ve fiziksel olarak yorucu bir iş ortamında fiziki güçlerini yoğun olarak kullanan çalışanlar yerine akıllı organize süreçler dahilinde kendi tasarladığı uygulamaları izleyen, kontrol eden ve üretim stratejileri geliştiren çalışanlar yer alacaktır. Yapay zekâ uygulamalarının kullanımının örgütlerde yaygınlaşması sonucunda mavi yakalı çalışan istihdamlarının azalması ve altın yakalı çalışan sayılarının önemli düzeyde artması beklenmektedir (Gürün, 2019). Güncel yönetim uygulamalarından olan personel güçlendirme sayesinde işgörenleri eğitim ve geliştirme faaliyetleri ile geliştirmek ve örgütsel etkililiği arttırabilmek mümkündür (Çankaya, 2018).

Yapay zekanın çalışanların eğitimi konusunda da devrim ortaya koyma potansiyeli taşıdığı düşünülmektedir. İşletmelere inovasyon yapılabilen, risksiz eğitim olanağı sunarak eğitim ve geliştirme maliyetlerinin azalmasını, iş güvenliğinin artmasını ve maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır. Çalışanlara özel kariyer planlamasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Yapay zeka yazılımları kullanarak işletmeler, çalışanların performanslarını daha doğru ve tutarlı ölçebilmektedir. Bu nedenle, performans değerlendirme, ücretlendirme konularında da yapay zekanın önemi ortaya çıkmaktadır. İşletmeler, duyarlılık analizi ve chatbot gibi bazı teknolojilerin yardımıyla çalışanlardan anlık geri bildirim alabilmektedir. Bu sayede çalışanlara devamlı olarak geri bildirim yapılarak örgüte bağlılıklarının artması, örgütsel vatandaşlık davranışları geliştirmeleri beklenmektedir (Gündoğmuş vd., 2020).

Gelecekte çalışanların işletmelere çok daha yüksek nitelikler sunmaları gerekeceği düşünülmektedir. Akıllı bilişim sistemlerinin üretim tesislerine entegre edilmesiyle özellikle üretim planlaması, endüstri mühendisliği, kalite güvencesi, tedarik zinciri yönetimi alanlarında ve üretim “işçileri/mavi yakalıları” olarak yeni iş gereklilikleri ve profilleri ortaya çıkacaktır. Yeni iş modelleri ve süreçleriyle bağlantılı olarak yenilikçi cihazların, akıllı teknolojilerin ve bilişim sistemlerinin kullanımı ve dijitalleşmenin artması, yarının “işçileri/mavi yakalıları” için çok daha iyi eğitimlerin verilmesi gereksinimini ortaya çıkaracaktır (KPMG, 2015). TÜSİAD ve BCG’nin hazırladığı “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği” raporunda, nitelikli işgücüne olan ihtiyacın Endüstri 4.0 teknolojileri kullanımının önündeki önemli engellerden biri olduğu, dijital dönüşüm konusunda farkındalığın düşük olması, yatırım finansmanının sağlanamaması ve yatırımların geri dönüşündeki belirsizlikler unsurlarının ardından üçüncü sıraya yerleştiği tespit edilmiştir (TÜSİAD ve BCG, 2017).

Sensör teknolojilerindeki gelişmeler robotlara çevrelerini çok daha iyi düzeyde algılama, yanıt verme ve birçok çeşitli görevleri yapabilme niteliği kazandırmaktadır. Robotlar günümüzde bulut bilişim sistemleri aracılığıyla enformasyona uzaktan erişebilmekte, diğer robotlardan oluşan ağlara bağlanabilmektedir. Bu gelişmelerle birlikte insan-makine işbirliği önemli düzeyde artmaktadır (Schwab, 2016). Çalışanların işgücünün dışına itilmemeleri için üretimde kullanılan bir makineden daha üstün vasıflara sahip olmaları beklenmektedir (Doğru ve Meçik, 2018). Peter Drucker’a göre, örgütlerde herhangi bir işle ilgili uzmanlığa sahip olan bir çalışan dört ya da beş yıl içerisinde yetersiz duruma gelmektedir. Bu nedenle günümüzün sürekli değişen iş ortamında hem çalışanların hem de örgütlerin devamlı olarak kendilerini geliştirmeleri gerekmektedir (1992).

3.1.3. Finansman İhtiyaçları

Endüstri 4.0’ın ekonomik etkilerinin tanınması ve değerlendirilmesi son derece önemlidir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle uyumlu yeni sistemlerin tedariki, kurulumu ve mevcut süreçlerin Endüstri 4.0’a uyumlu hâle dönüştürülmesi için ciddi yatırımlar yapılması gerekmektedir. Bu tarz kararların alınmasında ve dijital dönüşümün gerçekleşmesinde yönetsel açıdan güçlü bir öngörü ve üstün bir desteğe gereksinim vardır. Finansal risklerin titizlikle ele alınarak değerlendirilmesi işletmenin finansal sürekliliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir (Sung, 2018). Örgütlerin, stratejilerine uygun ve fayda/maliyet oranı en yüksek teknoloji uygulamalarını araştırmaları ve örgütsel dinamiklerine uygun yeni teknolojiler hakkında üst düzey bilgi sahibi olmaları sanayide dijital dönüşüm projelerinin finansmanını da kolaylaştıracaktır. Örgütlerin yaptığı dijital yatırımların arkasında stratejik bir yaklaşım ve fayda/maliyet odaklı bir değerlendirme olması, proje finansmanını sağlayacak kurumların risklerini azaltacak ve böylelikle kredi değerlendirmelerinde katkı sağlayacaktır (TÜSİAD ve BCG, 2017). Dijital dönüşümü gerçekleştirebilmek için kullanılan finans teknikleri “Finans 4.0” olarak adlandırılmaktadır. Finans 4.0 araçları, kullanım bedeli/ ekipman ve teknoloji finansmanına erişim, teknoloji güncelleme ve yükseltme, yazılım lisansı, ürün ödemeleri, pilot uygulamadan gerçek uygulamaya geçişte sağlanan finans yardımı, işletme sermayesi çözümleri, orijinal malzeme üreticilerine satış ivmesi sağlayacak finansman çözümleridir (<https://www.endustri40.com/finansal-endustri-4-0/>). Endüstri 4.0 yatırımları, araştırma geliştirme faaliyetleri, anahtar teknolojiler ve fikri mülkiyet alanlarında önemli bir düzeye ulaştığı takdirde yüksek katma değer ortaya çıkacaktır (Kalkan, 2018).

4. Sonuç

Endüstri 4.0’ın sunduğu yeni teknolojiler, örgütlerde yönetim tekniklerini ve süreçlerini, örgütsel ilişkileri, grupları, takımları, çalışanları kısacası bir bütün olarak örgütün yapısını ve işleyişini etkilemektedir. Endüstri 4.0, yalnızca üretimin değil; işlerin, iş yapış biçimlerinin ve insan kaynağının da dönüşmesine neden olmaktadır. Bu dönüşümle birlikte günümüzde ve gelecekte örgütlerde yönetsel süreçlerde Endüstri 4.0 faktörünün de gözönünde bulundurulması işletmelerin rekabet üstünlüğü sağlayabilmeleri için oldukça önemlidir.

Endüstri 4.0, teknolojilerin tekil olarak kullanılmasından ziyade farklı teknolojilerin bir arada koordinasyon içinde bütüncül şekilde kullanıldığı uygulamalar sayesinde dijital bir dönüşüm gerçekleştirebilecektir. Endüstri 4.0'ın işletmelerin stratejilerinde ne kadar ve nasıl yer aldığı Endüstri 4.0 konusunda başarının önemli bir bileşenidir. Endüstri 4.0'ın işletmeler tarafından, bütüncül bir bakış açısıyla, kurumsal tasarım yönüyle ele alınması gereklidir.

Tüm örgütlerde Endüstri 4.0 için uygulanabilecek tek bir uyumlu yapı yoktur. Her örgütün içinde bulunduğu duruma ve gereksinimlerine göre Endüstri 4.0 ile uyumlu olacak, kendi gereksinimlerini en iyi karşılayacak yapıyı belirlemesi gereklidir. Örgütlerin mekanik yapıyı mı yoksa organik yapıyı mı tercih edecekleri örgütün büyüklüğüne, kültürüne ve faaliyet gösterilen sektöre bağlıdır.

Dijital dönüşümün merkezinde dönüşümü mümkün kılan teknolojilerin birbirleriyle bağlantılı olarak oluşturduğu siber-fiziksel sistemler vardır. Entegre edilmiş ve tam otomasyona sahip akıllı sistemlerin yaygınlaşması, makine-makine ve makine-insan etkileşimi, nitelikli iş gücü gereksinimini de artırmaktadır. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkardığı yeniliklere ayak uydurabilecek nitelikli işgücünün yetiştirilmesinin yanında mevcut işgücünün Endüstri 4.0'ın gerektirdiği yeteneklere sahip olabilmesi için çeşitli eğitim programlarıyla yeniden eğitilmesi, personel güçlendirme faaliyetlerinin öncelikle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Özellikle yöneticilerin bu dijitalleşme sürecini örgütün bütününe kazandırabilmeleri, örgütsel yeteneklerini geliştirerek, örgütsel stratejilerini Endüstri 4.0 teknolojileriyle uyumlu hâle getirebilmeleri bu süreçte oldukça önemlidir. Endüstri 4.0 teknolojileriyle uyumlu yeni sistemlerin tedarik edilmesi, kuruluşu, kullanımı, entegrasyon, geliştirme faaliyetleri ve mevcut yapı ve süreçlerin Endüstri 4.0'a uyumlu hâle dönüştürülmesi için ciddi yatırımlar yapılması gerekmektedir. Endüstri 4.0'ın, gelecekte de radikal örgütsel değişimlere sebep olmaya devam edeceği öngörülmektedir. Bu nedenle, yönetimlerin bu yeni paradigmayı yakından tanınması, bu konudaki trendleri takip etmesi, örgütsel yapı, süreç, kaynak ve yetenekleri Endüstri 4.0 teknolojileriyle uyumlu hâle getirmesi rekabet avantajı sağlaması açısından kritik bir konudur.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması sürecinde yönetimin fonksiyonlarının dijital dönüşümü, bu süreçlerin entegrasyonu ve bunun sonucunda ortaya çıkan örgütsel gelişimin örgütün bütününe, kültürüne, iklimine kazandırılması işletmelerin başarısı açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, yöneticilerin bu yeni teknolojilere gereken önemi vermeleri, işletmenin fonksiyonlarını bu sürece entegre etmeleri, Endüstri 4.0 teknolojileri için gerekli finansmanı sağlamaları, insan kaynaklarını güçlendirmeleri yönetsel başarıda anahtar faktörler olarak öne çıkacaktır.

Kaynakça

- Acatech, (2013). Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0, Final Report of the Industry 4.0 Working Group.
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. Journal of Life Economics, 3(2), 19-30.
- ATSO (2016). Antalya firmalarına yönelik Endüstri 4.0 durum tespiti: Ölçeğin geliştirilmesi ve pilot uygulama projesi. Erişim adresi <https://www.atso.org.tr/yukleme/dosya/b5397a8cdd23159c064f2957c269f4e4.pdf>
- Aytar, O. (2019). Endüstri 4.0 ve bu paradigmanın örgüt yönetimi üzerindeki olası etkileri. "İş, Güç" Endüstri İlişkileri Ve İnsan Kaynakları Dergisi, 21(2), 75-90.
- Baştanlar, Y. (2018, Nisan 17). Yapay zeka ve yapay öğrenme. Erişim adresi <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/yapay-zeka-ve-yapay-ogrenme>.
- Çankaya, M. (2018). "Personel güçlendirmenin örgütsel etkililiğe katkısı üzerine bir alan araştırması", Yayınlanmış Doktora Tezi, Hitit Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum.
- Çiftçioğlu, B., Mutlu, M., ve Katircioğlu, S. (2019). Endüstri 4.0 ve insan kaynakları yönetiminin ilişkisi. Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 2(1), 31-53.
- Daft, R. L. (2008). Organization theory and design (10. Baskı). South-Western: Cengage Learning.
- Doğru, B., Meçik, O. (2018). Türkiye'de Endüstri 4.0'ın işgücü piyasasına etkileri: firma beklentileri. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı, 1581-1606.
- Drucker, P. (1992). The new society of organizations. Harvard Business Review, September-October.
- Duran, A. (2018). Büyük veri ile tüketim alışkanlıkları tamamen değişiyor, Erişim adresi <https://magg4.com/buyuk-veri-ile-tuketim-aliskanliklari-tamamen-degisiyor/>

- EMO. (2021, Şubat 26). Endüstri 4.0 ve otonom robotlar. Erişim adresi https://www.emo.org.tr/ekler/91f2bb2a057879e_ek.pdf?dergi=1069
- Eren, E. (2013). Stratejik yönetim ve işletme politikası (9. Baskı). İstanbul: Beta
- Ermolaeva, A. (2017). Industry 4.0 and HR in logistics, The Master Thesis, University Of Economics in Prague, International Business - Central European Business Realities, Prague
- Gündoğmuş, E., Yıldız, F. Z., Atalay, E., Aydın, B. Y. (2020). Yapay zeka ve insan kaynakları yönetiminin geleceği, 19. Uluslararası İşletmecilik Kongresi. 23-25 Eylül, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Gürün, F. (2019). Endüstri 4.0 ve beşeri sermayenin geleceği. Journal of Social Policy Conferences, 76(1), 67-88.
- Hindle, T. (2008). Guide to Management Ideas and Gurus, London: Profile Books.
- ITU (2012). Series y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and nextgeneration networks next generation networks–frameworks and functional architecture models. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, Recommendation.
- İçten, T., Bal, G. (2017). Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(2), 111-136.
- Jones, G.R., George, J.M., Hill, C.W. (2003). Contemporary management. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Kalkan, K. (2018). Endüstri 4.0: Sektörel bazda incelenmesi ve patent sistemi üzerindeki etkisi, (Uzmanlık tezi). Türk Patent ve Marka Kurumu Patent Dairesi Başkanlığı.
- Khedhaouria, A., Jamal, A. (2015). Sourcing knowledge for innovation: Knowledge reuse and creation in project teams. Journal of Knowledge Management, 19(5), 932-948.
- Kinzel, H. (2017). Industry 4.0 - Where does this leave the human factor ?. Journal of Urban Culture Research, 15(1), 70-83.
- Koçel, T. (2020). İşletme yöneticiliği (18. Baskı). İstanbul: Beta
- KPMG. (2015, Kasım 14). Sanayi 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi, Yarının Fabrikaları Neye Benziyor?. <https://home.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2016/08/tr-sanayi-4.PDF>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H., Feld, T., Hoffman, M. (2014). Industry 4.0, bussiness and information engineering. The International Journal Of Wirtschaftsinformatik, 56(4), 261-264.
- Lee, J., Bagheri, B. K., Hung, A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing letters, 3(1), 18-23.
- Özer, G. (2020). Eklemeli üretim teknolojileri üzerine bir derleme. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1): 606 – 621.
- Özsoyly, A. F. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(1), 41-64.
- Schrauf, S., Bertram, P. (2016). Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. Erişim adresi <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/digitization-more-efficient.html>
- Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. World Economic Forum.
- Shamim, S., Cang, S., Yu, H., Li, Y. (2016). Management approaches for industry 4.0: a human resource management perspective, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC): 5309-5316.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 32(1), 43-57.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective, Technological Forecasting & Social Change, 132(1), 40-45.
- Şahin, E., Kara, S. N. (2020). Dijital pazarlamada transmedya hikâyeciliği: Garanti BBVA örneği. 19. Uluslararası İşletmecilik Kongresi. 23-25 Eylül, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

- Şimşek, M. Z. (2020). "Endüstri 4.0 olgunluk düzeylerinin tespitine yönelik bir araştırma: Sivas ili örneği", Yayınlanmış yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Tao, F., Qi, Q., Wang, L., Nee, A. Y. C. (2019). Digital twins and cyber–physical systems toward smart manufacturing and industry 4.0: Correlation and comparison. *Engineering*, 5(4), 653-661.
- TOBB (2016). Sanayi 4.0'a hazır mıyız?. Erişim adresi <https://www.tobb.org.tr/ekonomikforum/Sayfalar/2016/259.php>
- TÜSİAD ve BCG (2016). Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak Sanayi 4.0: gelişmekte olan ekonomi perspektifi. İstanbul: TÜSİAD.
- TÜSİAD ve BCG (2017). Türkiye'nin sanayide dijital dönüşüm yetkinliği, TÜSİAD Yayınları, Yayın No: TÜSİAD-T/2017, 12 – 589.
- Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, (2021, Şubat 20). Yatay ve dikey entegrasyon nedir? Erişim adresi <https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/>.
- Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, (2021, Şubat 25). Finansal endüstri 4.0. Erişim adresi <https://www.endustri40.com/finansal-endustri-4-0/>.
- Van Der Sluis, L. E. (2004). Designing the workplace for learning and innovation: Organizational factors affecting learning and innovation. *Development and learning in organisations, An International Journal*, 18(5), 10-13.
- World Economic Forum (2016). "WEF The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution", Erişim adresi http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- Yılmaz, C., Erkollar, A. (2018). Endüstri 4.0'in insan kaynakları planlaması üzerine etkileri, IMSC 5th International Management Information Systems Conference, 24-26 Ekim 2018 – BTK Convention Center, Ankara.
- Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 - An introduction in the phenomenon, *International Federation Of Automatic Control-Papersonline*, 49(25), 8-12.