

PAPER DETAILS

TITLE: REKABET ORTAMINDA BİR TÜRK OTOBÜS FABRİKASINDA ENDÜSTRİ 4.0
PERSPEKTİFİNDE AKILLI ÜRETİM UYGULAMALARI

AUTHORS: İbrahim İNAN

PAGES: 21-37

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1674472>

REKABET ORTAMINDA BİR TÜRK OTOBÜS FABRİKASINDA ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDE AKILLI ÜRETİM UYGULAMALARI*

İbrahim İNAN¹

Makale Bilgisi

Araştırma Makalesi

DOI: 10.35379/cusosbil.906962

Makale Geçmişi:

Geliş 31.03.2021

Düzeltilme 07.09.2021

Kabul 21.12.2021

Anahtar Kelimeler:

Endüstri 4.0,

Otobüs Fabrikası,

Akıllı Üretim Sistemleri.

ÖZ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda üretim, geleneksel yaklaşımdan farklı olarak büyük gelişmelere ve değişikliklere tanık olmaktadır. Otobüs segmentinde dijital uygulamalar ile üretim olanaklarının verimli biçimde kullanılması maliyetleri önemli ölçüde azaltmaktadır. Akıllı üretim teknolojilerinin tedarik zincirindeki verimsizlikleri gidererek, geleneksel üretimin dönüşümü bakımından otobüs sektörünü kökten etkileyeceği düşünülmektedir. Ülkemizin, son dönemde atılım yapmak istediği otobüs sektöründe söz sahibi olması mümkün görünmektedir. Vaka çalışması yöntemi kullanılan bu çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojileri ile modernleşen bir otobüs fabrikasının üretim sistemi incelenmiştir ve üretim sisteminin nasıl bir gelişim ve değişim yaşadığı ortaya konmaktadır. Ayrıca çalışma, akıllı üretimde Endüstri 4.0 uygulamalarının önemini otomotiv sektörünün bileşenlerinden biri olan otobüs üreticileri çerçevesinde ele almaktadır. Bu çalışmada incelenen otobüs firmasının ürettiği Telemetri cihazı ve bu cihaz ile entegre olan XBUS ürünü, firmanın 2017, 2018 ve 2019 yıllarındaki toplam satışlarını her yıl bir önceki yıla göre arttırmıştır. Ayrıca, firmanın toplam geliri de 2017 yılında %1,9, 2018 yılında %2,6 ve 2019 yılında ise %2,7 oranında yükselmiştir. Firmanın küresel pazarda hayatta kalabilmek için değişen üretim sistemleri ve süreçlerine hızlı şekilde uyum sağlaması gerekmektedir. Yapılan bu araştırmanın toplumun tüm katmanlarını etkileyecek yeni bir süreç olan Endüstri 4.0 ve akıllı üretim uygulamalarına dair örnek bir çalışma olması bakımından benzer sektörlere ışık tutacağı düşünülmektedir.

SMART PRODUCTION APPLICATION THROUGH INDUSTRY 4.0 PERSPECTIVE AT THE TURKISH BUS FACTORY IN THE COMPETITIVE ENVIRONMENT

Article Info

Research Article

DOI: 10.35379/cusosbil.906962

Article History:

Received 31.03.2021

Revised 07.09.2021

Accepted 21.12.2021

Keywords:

Industry 4.0,

Bus Factory,

Smart Production Systems.

ABSTRACT

In the present century, production experiences considerable progress and changes when compared to traditional approaches. The automotive industry has changed significantly due to rapid and radical changes experienced in almost every field in the world recently. In fact, the studies carried out to produce solutions to overcome current problems gain far more importance now. It is thought that smart production technologies will radically affect the bus industry in terms of eliminating inefficiencies in the supply chain and transforming traditional production. In this study, used case study method, the production system of a bus factory modernized with 4.0 technologies is examined and it is revealed how the production system has developed and changed. In addition, the study tackles the significance of the Industry 4.0 in smart production with the perspective of bus manufacturers which are an integral component of automotive sector. The Telemetry device, which is produced by the bus company examined in this study, and the XBUS integrated with it, increased the company's total sales year after year in 2017, 2018, and 2019. Besides, the total revenue of their companies increased by 1.9% in 2017, 2.6% in 2018, and 2.7% in 2019. The company needs to adapt quickly to changing production systems and processes in order to survive in the global market. It is thought that this research will shed light on similar sectors in terms of being a case study on Industry 4.0 and smart manufacturing applications, which is a new process that will affect all levels of society.

*Yazarlar çalışmanın etik kurallara bağlı olarak hazırlandığını taahhüt eder.

¹ Dr., inanibrahiminan@gmail.com, ORCID:0000-0003-3986-2890.

Alıntılanmak için/ Cite as: İnan, İ. (2022). Rekabet Ortamında Bir Türk Otobüs Fabrikasında Endüstri 4.0 Perspektifinde Akıllı Üretim Uygulamaları, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 31 (1), 21-37.

GİRİŞ

Üretim insan gereksinimlerinin karşılanması amacıyla ham maddeyi insani, ekonomik, sosyal veya çevresel yararlar için kullanarak ürün ya da hizmeti ortaya çıkarma ve faydalı ürünlere dönüştürme mekanizmasıdır (Kayar, 2012). Aynı zamanda üretim; fikir, kültür, ihtiyaç, teknoloji ve beceriler tarafından yönlendirilen çok boyutlu bir çaba olarak dijitalleştirilmiş bir ortamın geliştirilmesi ile esnek ve küresel bir yapıya dönüştürülmesidir (Gedik, 2021). Tarihsel açıdan ele alındığında birinci sanayi devriminde makineler üretime dâhil edilmiş, ikinci sanayi devriminde elektrik enerjisi ile çalıştırılan bir bant üzerinde seri üretim gerçekleştirilmiş, üçüncü sanayi devriminde bilgisayarlar ve otomasyon üretim sistemleri ile bütünleştirilmiştir (Kılıç & Alkan, 2018, s. 31). Endüstri 4.0, global engelleri aşarak sanayinin teknolojik gelişmeler sayesinde daha fazla ilerlemesinin sağlanmasıdır (Pamuk & Soysal, 2018). Endüstri 4.0 üretim sistemleri çeşitli ileri teknolojiler aracılığıyla daha akıllı hâle getirilmektedir.

Akıllı üretim ve bilişsel üretim olarak bilinen Endüstri 4.0, üretim firmalarının modernizasyon vizyonlarını gerçekleştirmelerine destek olmak için tasarım, üretim, kaynak bulma, envanter verilerini analiz etme ve kullanma konusunda yeni fırsatlar sunmaktadır (Tao vd., 2016). Amerika Birleşik Devletleri kökenli bir terim olan “akıllı üretim”, üretim işlemlerini yönetmek için ağ verilerini, bilgi ve iletişim teknolojilerini, kısacası Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan bir dizi üretim uygulamasıdır (Mittal vd., 2019). Geleneksel üretim, bir malzeme ya da ham maddenin bitmiş ürünlere dönüştürüldüğü bir işlem dizisiyle sınırlı iken günümüzde üretim, farklı düzeylerde veriye dayalı iş operasyonunu göz önünde bulundurmaktadır. Akıllı üretim sistemi ile üretim daha kaliteli, daha hızlı ve daha az maliyetli olacak şekilde gerçekleşebilmektedir (Özenir & Nakıboğlu, 2019). Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde üretim süresi kısalmakta, ürünler pazara daha hızlı erişmektedir. Endüstri 4.0 ile entegre hâle gelen süreçler ürünlerin pazara sunulmuş sürelerini %25 ile %50 arasında azaltabilmektedir (Ersoy, 2016, s. 48). Akıllı üretim sayesinde, müşteri üretimin her aşamasında aktif rol alabilmektedir. Bu durum kişiye özel tasarlanmış ürün geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Ürünlerini geliştirmeyi ve çeşitlendirmeyi başaran işletmeler her zaman daha fazla müşteriye hitap edebilmektedir. Kurulan esnek üretim hatları geliştirilen yeni ürünlerin de aynı hatta üretilmesine imkân sağlamaktadır. Bu durum işletmelerin farklı pazarlara açılıp yeni müşterilere ulaşmasını kolaylaştırmaktadır (Duman, 2021).

Çalışmada öncelikle sanayi devrimlerinden kısaca bahsedilerek Endüstri 4.0 üzerinde derinlemesine durulmaktadır. Daha sonra akıllı üretim kavramıyla ilgili literatüre yer verilmektedir. Son olarak, Türkiye’nin önemli otobüs üretim firmalarından olan bir fabrikanın üretimde kullandığı teknolojiler ve süreçler incelenerek akıllı üretimin otobüs sektörüne sağladığı yararlar yıl bazında karşılaştırmalı olarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Ayrıca, çalışmanın yapıldığı fabrikada sanal ve fiziksel dünyanın etkileşiminin artması nedeniyle ortaya çıkan değişimler de gözlemlenmiştir.

Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 teknolojileri ile modernleşen üretim sistemlerinin bir otobüs firmasının üretiminde nasıl bir gelişim ve değişim yarattığının incelenmesidir. Ayrıca, bu çalışma akıllı üretimde Endüstri 4.0 uygulamalarının önemini otomotiv sektörünün bileşenlerinden biri olan otobüs üreticileri çerçevesinden ele almaktır. Bu konuda yapılan gözlemlerin otobüs üreticileri ile paylaşılması da hedeflenmiştir.

Bu çalışma, yetkin insan gücü ile birlikte üretim ve Ar-Ge süreçlerinde devamlı iyileştirme ve geliştirmeyi kurum kültürünün bir temeli olarak benimseyen Türkiye’nin sayılı firmalarından birisinde yapılmıştır. Firma, elektrikli araçlar, otonom araçlar ve araç içi konfor odaklı teknolojilere sahip olup, 60 ülkeye ihracat yapmaktadır. Firma, Türkiye’den ABD’ye ilk özel araç üretilip ihracatı gerçekleştiren başarılı bir firmadır. Diğer taraftan, firma jeopolitik konumu nedeniyle ihracat pazarlarına yakınında bulunan limanlar üzerinden daha hızlı ve güvenli teslimat yaparak Türkiye ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır.

Otomotiv Sanayii Derneği’nin (OSD) 2017 yılında yayımlanan Otomotiv Sektörü Aylık Değerlendirme Raporu’na göre Türkiye toplam yolcu otobüsü üretim kapasitesini herhangi bir Batı Avrupa ülkesinden daha yüksek bir seviyeye çıkarmıştır. 2016 yılında 6 firmanın Türkiye’de yolcu otobüsü üretimi yılda 8.083 adete ulaşmıştır. Toplam ihracatları ise, 6.468 adet olarak en yüksek seviyede gerçekleşmiştir (OSD, 2017).

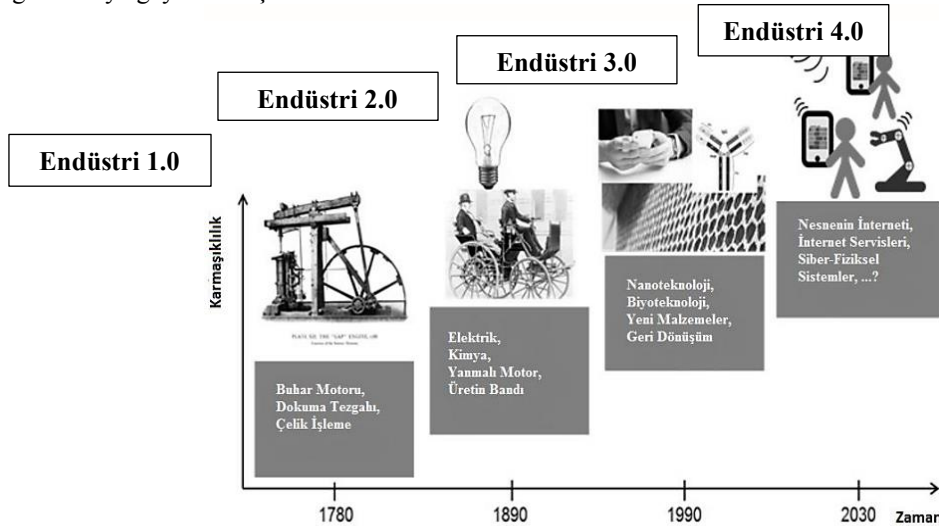
Otobüs sektöründeki karmaşık yapı, Avrupa standartlarını karşılamak için devam eden düzenlemeler, operatör ve yolcuları tatmin etmek için özelleştirilmiş ürünlere olan yüksek talep ve genişleyen bayi ve hizmet ağına yönetim zorluklarından kaynaklanmaktadır (Ulusoy, 2019). Buna ek olarak, otobüslerin

yaklaşık 15.000 malzeme içeren karmaşık ürünlerden oluşması ve birçoğunun motor, şanzıman, direksiyon ve sürücü alanı gibi büyük yapısal parçalarının birbirine bağlı olması bu karmaşık yapıyı daha da artırmaktadır. Endüstri 4.0, üretim tesisleri, tedarik zincirleri ve hizmet sistemlerinin entegrasyonundan meydana gelmektedir (Türkel & Yeşilkuş, 2020). Bu yönü ile hızlı, kaliteli ve daha az maliyetli üretimler işletmelerin performanslarına ve davranışlarına olumlu etki etmektedir (Ochoa & Di Fatta, 2017).

Otobüs üretiminde, Küresel Konumlandırma Sistemi ile araç takibi (GPS), siber saldırılara karşı güvenlik önlemleri, “5G” teknolojileri ve akü şarj istasyonları, sanal araç-operatör-yolcu iletişimi, Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) sistemleri gibi birçok karmaşık konunun ele alınması gerekmektedir (Ajaykumar vd., 2020, s. 28). Akıllı üretim yaklaşımının günden güne daha önemli olduğu bir dönemden geçen otobüs sektörü bu değişime ayak uydurmak durumundadır.

Sanayinin Tarihsel Gelişimi ve Endüstri 4.0

Bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle insanların yaşam şekilleri de bu duruma paralel olarak değişime uğramaktadır. Bu değişimlerin ilki avcı toplumdaki tarım toplumuna geçişte yaşanmıştır (Diamond & Ordunio, 1999, s. 84). Tarım devrimi, sanayi devrimlerinin tetikleyicisi olmuştur (Gabaçlı & Uzunöz, 2017, s. 150). Birinci sanayi devrimi, 1784 yılında James Watt'ın buhar makinesini bulması ile başlamıştır (Ayan & Uysal, 2020, s. 14). İngiltere’de başlayan Endüstri 1.0 ile zaman içerisinde insan veya hayvan gücüne olan ihtiyaç azalmış ve üretim makineleşmiştir. Dolayısıyla, üretim artmış ve kırsaldan kente göç başlamıştır (Mutlu, 2019, s. 6). Endüstri 2.0 olarak adlandırılan dönemde elektriğin sanayide kullanılmaya başlanmış, montaj hatları geliştirilmiş ve seri üretime geçilmiştir (Yin vd., 2018). Daha sonra Ford T model otomobilleri seri üretim ile üretilen ilk otomobiller olarak pazara sunulmuştur (Alçın, 2016, s. 47). Fordist üretim tekniği olarak adlandırılan bu yöntem ile üretim maliyetleri azalmış, üretim miktarı ise artmıştır (Zarbo & D’Angelo, 2006). Yine aynı dönemde ortaya çıkan Taylorist üretim tekniği ile bilimsel yöntemlerle iş süreçleri rasyonelleştirilmiştir (Savran, 2007). İkinci Sanayi Devrimi süresince birçok sosyal, siyasal ve ekonomik gelişme yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan savaşlar sosyo-kültürel yapıları etkilemiş, teknolojiye gelişmeler ise üçüncü endüstri devrimine geçişi sağlamıştır (Özsoylu, 2017, s. 44). Endüstri devrimleri bir sonrakine katkıda bulunarak ilerlemiştir. Üçüncü sanayi devrimi bilgisayar ve otomasyona dayanarak özellikle iletişim sektöründeki gelişmelerle dijital motor, otomasyon teknolojisi, yenilenebilir enerjiden ve üç boyutlu yazıcılar ile seviye atlamıştır (Özdoğan, 2017). Endüstri 3.0’da makineler operatörler yardımı ile hareket kazanırken, Endüstri 4.0’da makineler herhangi bir insana bağlı olmadan tamamen sanal bir zeka ile hareket edebilmektedir (Duman, 2021). Endüstri 4.0 kapsamında sistemin uygulamada nasıl çalıştığı ilk kez Almanya’nın Kaiserslautern şehrinde Yapay Zeka Araştırma Merkezi önderliğinde küçük ölçekli akıllı bir fabrikada test edilmiştir (Aksoy, 2017, s. 37). İnsanlar tarih boyunca yaşam kalitelerini artıracak yöntemler aramışlar ve buldukları faydalı uygulamaları hayatlarına entegre etmeye gayret etmişlerdir.



Şekil 1. Şekil.1 Endüstri Devrimlerinin Kronolojisi (Dombrowsi & Wagner, 2014).

Kaynak : Dombrowsi, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. Variety Management in Manufacturing. Proceedia CIRP. 17, 100-105.

Bilgisayarın icadı ve kullanımının yaygın hâle gelmesi sonucunda üretimde kullanılan makinelerin otomasyonu ile iş süreçleri dijitalleşmiş, nitelikli iş gücüne ihtiyaç artmış ve beden işçiliği gereksinimi azalmıştır (Öztuna, 2017). Mevcut durumda sanayi devriminin sonuncusu konumunda olan Endüstri 4.0 kavramı ilk defa Almanya’da 2011 yılında gerçekleşen Hannover Fuarı’nda tanıtılmıştır (Özahi, 2019). Endüstri 4.0, geleceğe yönelik teknolojilerin ve gelişmiş insan-makine etkileşim paradigmalarına sahip akıllı sistemlerin prensiplerini gerçekleştiren bir devrimdir (Sanders vd., 2016). Endüstri 4.0, nesnelerin interneti ve siber-fiziksel sistemleri kullanarak iş süreçlerini hızlandırmaktır (Yıldız, 2018). Böylece, yüksek kalite ve düşük maliyetle, esnek ve verimli bir şekilde çalışmak mümkün olmaktadır (Wang vd., 2016).

Ortaya çıkan endüstriyel internet araçları ve teknolojileri ile siber ve fiziksel dünya arasındaki boşluk doldurulmaya çalışılmış ve geleneksel sistemler yeniden yapılandırmıştır (Moghaddam & Nof, 2017). Endüstri 4.0, çeşitli uygulamalarıyla birlikte bilişsel hesaplama tekniklerini kullanarak, birden fazla makineden, süreçten ve sistemden gerçek zamanlı verileri analiz ederek üretimi otomatize etmektedir (Yıldırım, 2020).

Aşağıda Endüstri 4.0’ın yenilikçi teknolojileri kısaca açıklanmıştır;

Nesnelerin İnterneti: Nesnelerin interneti, “fiziksel nesnelerin internet ağındaki bilgi teknolojileriyle bütünleştirildiği ve iş süreçlerine aktif olarak katıldığı bir dünya” olarak tanımlanabilir (Pereira & Romero, 2017). Endüstri 4.0, üretimi gerçek zamanlı olarak optimize etmek için akıllı sensörler, yapay zeka ve veri analitiğini birleştirmektedir (Sayar & Yüksel, 2018). Sensör ağı teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, kablosuz iletişim ve diğer yeni teknolojiler sayesinde giderek daha fazla ağa bağlı akıllı nesneler ortaya çıkmaktadır (Gündüz & Resul, 2018, s. 327). Ayrıca nesnelerin interneti ile ilgili bu teknolojiler siber-fiziksel sistemleri önemli ölçüde etkileyerek Endüstri 4.0’ın gerçekleşmesinin önünü açmaktadır (Zheng vd., 2018). Üretim endüstrisinde nesnelerin interneti uygulamaları, ürün yaşam döngüsü yönetiminde tüm ürün geliştirme aşaması boyunca ürün tanımı, süreci ve kararları hakkında veri toplamakta ve yönetmektedir (Şimşek, 2019).

Siber-Fiziksel Sistemler: Siber ve fiziksel sistemler (SFS), gittikçe daha popüler hâle gelen bir tür büyük ölçekli ve ağ bağlantılı sistemdir (Gürdür vd. 2016). SFS giderek daha fazla birbirine bağlı hâle gelmiştir (Nayak vd., 2016). Endüstri 4.0’ın özü akıllı fabrikaları gerçekleştirmek için SFS’yi uygulamaktır. Nitekim SFS’deki gelişmeler, bugünün basit gömülü sistemlerini çok aşacak özellik, uyarlanabilirlik, ölçeklenebilirlik, esneklik, güvenlik ve kullanılabilirlik sağlayacaktır (Kusiak, 2018). Başka bir deyişle, akıllı fabrika SFS tabanlı üretim sistemleriyle mümkün olmaktadır. SFS akıllı fabrika üretim süreçlerinde klasik üretim sistemlerine kıyasla gerçek zamanlı, kaynak ve önemli maliyet avantajları sağlar (GTAI, 2014, s. 4).

Büyük Veri: Birçok büyük ölçekli organizasyonlar günümüz ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalan geleneksel veri tabanı sistemleri yerine artık büyük veri teknolojilerine önemli yatırımlar yapmaktadır (Doğan & Arslantekin, 2016). Veri analizi, sektörde daha önce farklı üretim süreçlerinde ortaya çıkan tehditleri bulmak ve bu tehditlerin tekrar ortaya çıkmasını engelleyen çeşitli çözümlerin yanı sıra ortaya çıkabilecek yeni sorunları tahmin etmek için de kullanılmaktadır (Vaidya vd., 2018). Büyük veri ve bulut bilişim, bir madalyonun ayrılmaz iki yüzüdür (Wan & Zhou, 2015). Büyük veri, daha fazla karar verme gücü, öngörü ve işlem optimizasyon yeteneğine sahip olmak için yeni işlem boyutlarına ihtiyaç duymaktadır ve bu yöntemler için “Big Data Analysis-Büyük Veri Analizi” tabiri kullanılmaktadır (Atalay & Çelik, 2017).

Bulut Teknolojileri: Bulut Teknolojileri, Endüstri 4.0’ın verimli şekilde gerçekleştirilmesine önemli katkı sağlayabilecek yükselen bir teknolojidir (Thames & Schaefer 2016). Üretimi kolaylaştıran bir bulut bilişim merkezine depolama ve hesaplama yeteneğinden dolayı çok yüksek miktarda veri yüklenebilmektedir (Thames & Schaefer, 2016). Modern bir işletmenin operasyonu, büyük miktarda bilgi ve yoğun hesaplama gerektiren sayısız karar verme faaliyetini içermektedir. Üretim işletmeleri, veri tabanları için sunucular ve karar alma birimleri gibi birden fazla bilgi işlem kaynağına ihtiyaç duymaktadırlar (Alper, 2021, s. 62). Bu ihtiyaçlar karşılanmadığında veri alışverişi, paylaşımı ve üretim kaynaklarının optimal kullanılması konularında verimsiz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bulut bilişim, bu tür sorunlara etkili bir çözüm sunmaktadır. Tüm veriler özel veya genel bulut sunucularında saklanabildiği için karmaşık durumlarda doğru karar verme süreçleri bulut bilgi teknolojileri ile desteklenebilmektedir (Mitra vd., 2017).

Üç Boyutlu Yazıcılar: 1980’li yıllarda Charless Hull tarafından icat edilen üç boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi, Scott Crump tarafından geliştirilmiş ve 1990 yılında ticarileştirilmiştir (Duman, 2021). Üç boyutlu yazıcılar ile gerçekleştirilen eklemeli imalat, girdi olarak dijital verileri ve ham maddeyi kullanarak tabaka tabaka parça üreten bir üretim tekniğini ifade etmektedir (Baumers, vd. 2011). Bu teknoloji ile üç boyutlu bir bilgisayar çizimi gerçek bir nesneye çevrilebilmekte ve doğrudan kaynak israfının önüne geçilmektedir (Sandalcı, 2016). Ayrıca kişiselleştirilmiş ürün tasarımını ve üretim için gerekli olan diğer iyileştirmelerin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Eklemeli imalatla insan faktörü daha çok yazılım kısmında yer almakta ve

üretim doğrudan yazıcılarla gerçekleştirilmektedir (Çevik, 2018, s. 47). Bu durum üretim esnasında insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmaktadır (Duman, 2021).

Otonom Üretim Sistemleri: Otonom üretim sistemleri, katma değer yaratmayan basit işlerde insanlar yerine robotları kullanmaya yönelerek, insanların daha etkili olabilecekleri alanlara yönlendirilmesini amaçlamaktadır (Machado vd., 2019). Otonom üretim yönteminin verimini artırmak için kullanılan otonom üretim sistemleri, verilen görevi belirtilen süre içinde tamamlayabilmekte, güvenlik, esneklik, çok yönlülük ve işbirliğine odaklanıp işgücünün kullanılmasının sınırlı olduğu alanlarda çalışabilmektedir (Vaidya vd., 2018).

Arttırılmış Gerçeklik: İçten ve Bal (2017, s. 112), arttırılmış gerçekliği gerçek ve sanal nesnelerin aynı ortamda birlikte algılanmasını sağlayan bir teknoloji olduklarını belirtmişlerdir. Azuma (1997, s. 2) çalışmasında bu teknolojiyi üç özelliği ile birlikte değerlendirerek, gerçeği ve sanalı birleştiren, gerçek zamanlı olarak etkileşimli ve üç boyutlu olarak algılanan bir sistem olarak tanımlamıştır. Sanal gerçeklikle değişik üretim aktivitelerinin ortak bir çatı altında toplanması ve tüm fonksiyonların eşzamanlı simülasyonunun sağlanması mümkün olabilmektedir.

Sistem Entegrasyonu: Türk Dil Kurumu'na göre entegrasyon kelimesi, bir araya gelebilme ve bütünleşme olarak açıklanmaktadır. Sistem entegrasyonu, bir işletmenin sunduğu mal ve hizmetlerin üretilmesi ve sunulması sırasında ihtiyaç duyulan her türlü birimin ve sürecin birleştirilerek tek bir sistem hâline getirilmesi olarak tanımlanabilir (Duman, 2021). Endüstri 4.0, yatay entegrasyon, dikey entegrasyon ve ağ bağlantılı üretim sistemleri olarak üç kısımda incelenen bir yapıdır (Vaidya vd., 2018).

Akıllı Üretim

Endüstri 4.0'ın önemli amaçlarından birisi de fabrikaların akıllı hâle getirilmesidir (Kayar vd., 2018). Akıllı fabrikalar, fabrikanın bütün süreçlerini bilgi teknolojileri desteğiyle esnek üretim hâline getirebilen yapılardır (Duman, 2021). Akıllı fabrikalar, üretim hattındaki akıllı ve kendi kendini optimize eden makineler ile malın tedarikçiden müşteriye teslimine kadar olan tüm değer zincirini senkronize etmektedir (Spath vd., 2013). Envanter, lojistik ve nakliye simülasyonu ve ürünlerin kullanım geçmişi de üretim süreçlerini olumlu yönde etkilemeye yardımcı olmaktadır (Wan vd., 2015). Akıllı üretim, sağladığı dijital altyapı desteği ve uzaktan kontrol mekanizmaları ile üretim lokasyonu ve süreçlerinde çeşitlilik imkânı sağlamaktadır (İnan, 2019, s. 35). Bu imkânlar ile artan rekabetçi pazar koşulları doğrultusunda iyileştirme çalışmaları sürekli devam etmektedir.

Tablo 1. Akıllı Fabrika ile Geleneksel Fabrika Kıyaslaması

Geleneksel Fabrika Üretim Sistemi	Akıllı Fabrika Üretim Sistemi
Kaynak Çeşitliliği: Çok çeşitli ürünü küçük parti büyüklüğünde üretebilmek için farklı tiplerde kaynak sistemde yer almaktadır.	Sınırlı ve Önceden Belirlenmiş Kaynaklar: Özel bir ürünü kitlesel olarak üretebilmek için kaynak israfını en aza indirmek amacıyla gerekli kaynaklar dikkatle ve özel olarak planlanır.
Geniş ve Kapsamlı Ağ Yapısı: İnsanlar, makineler, ürünler ve enformasyon sistemleri yüksek hızda işlem gören ağ yapılarıyla birbirlerine bağlanır ve etkileşim kurarlar.	Atölye Bazında Kontrol Ağı: Makineler arası iletişim gerekli değildir ve istasyon bazında kontrol mevcuttur.
Derin Birleşme: Akıllı fabrika, endüstriyel kablosuz ağ, bulut, nesnelerin ve hizmetlerin interneti ve enformasyon teknolojilerinin olduğu bütünleşik bir yapıda işler.	Ayrılmış Tabaka: Üretimdeki araç ve gereçler enformasyon sisteminden ayrı çalışır.
Kendi Kendine Örgütlenme: Kontrol işlevi birden fazla öge tarafından gerçekleştirilir. Akıllı öğeler, sistem dinamikleri ile baş edebilmek için birbirleri ile iletişim kurarlar.	Bağımsız Kontrol: Her araç önceden programlanmış görevleri yerine getirir. Bir araçtaki problem, tüm sistemi etkiler.
Büyük Veri: Akıllı öğeler büyük veri üretir, bu veriler geniş bantlara sahip ağlarla aktarılır ve bulut bu büyük veriyi işler.	Tekil Enformasyon: Bir makine kendi süreç enformasyonunu üretir ve kaydeder. Ancak bu enformasyon nadiren başka makineler tarafından kullanılır.

Kaynak: Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016a)

Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: an Outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks, 1-10.

“Akıllı fabrikalar” akıllı üretimin yapıldığı fabrikalar olarak da tanımlanmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde akıllı fabrika ve akıllı üretim kavramları birbirinden ayrı düşünülememektedir (Radziwon,

vd., 2014). ABD kökenli bir kavram olan akıllı üretim, son yıllarda endüstride ve akademide sıklıkla kullanılan bir terim olması sebebiyle küresel bir anlam kazanmıştır (Mittal vd., 2019). Akıllı üretim, dijital teknolojilerin ve robotların yoğun bir şekilde kullanılması ile gerçekleştirilen üretim olarak tanımlanabilir (Yıldız, 2018). Bu tarz bir üretim, verileri üretim sürecinin farklı aşamalarında kesintisiz olarak, en son algılama teknolojileri ve kablosuz bağlantılarla birleştirmeyi amaçlamaktadır (Zhang & Kwok, 2018). Akıllı üretim sistemi ise; tedarik, üretim, ürün, lojistik ve hizmet gibi tüm üretim unsurlarını birbirine bağlayarak üretim sürecini birleşik bir ortam olarak siber-fiziksel bir sistem ile kontrol etmektedir (Choi vd., 2015, s. 27). Siber-fiziksel sistemler, yalnızca optimize edilmiş ürünlerin üretimi için gerekli tüm bilgilerin değişimini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda “nesnelerin interneti” temelinde fabrikadaki tüm üretim sürecinin kontrolünü de sağlamaktadır (Gubbi vd., 2013).

Türkiye’de Otobüs Sektörü

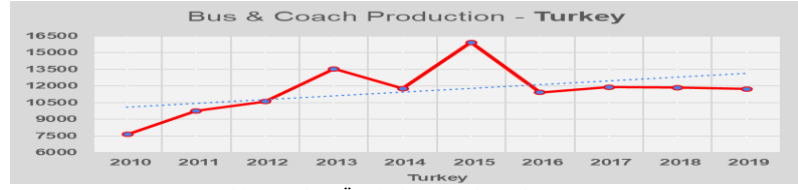
Otomotiv endüstrisi, tüm sanayileşmiş ülkelerde ekonominin temel itici gücü olarak kabul edilmektedir (D’Automobiles, 2005). Otomotiv endüstrinin ekonomideki sürükleyici etkisinin nedeni, endüstrinin diğer dalları ve küresel iş ortamının diğer sektörleriyle olan yakın ilişkisinden dolayıdır (Sturgeon & Biesebroeck, 2010). Otomotiv sektörü, birçok önemli sektörde teknolojik gelişimine önderlik etmektedir (Ergene, 2017, s. 21). Bu yönü ile otomotiv sektöründeki değişiklikler tüm küresel ekonomiyi yakından etkilemektedir (Korkmaz, 2016, s. 18). Dünyadaki toplam motorlu araç üretiminin yaklaşık %70’i otomobil üretiminden oluşmaktadır (Arslan, 2019, s. 8).

Başlıca otobüs türleri boyutlara göre sıralandığında, dünya çapında tek katlı ve çift katlı yapıya sahip olan minibüs, midibüs, şehir içi otobüs ve okul otobüsüdür (Soloviev, 2015; Jack & Gibbins, 2019). 1830’larda Walter Hancock ve Sir Goldsworthy Gurney, otomobili at gibi insan ve yük taşıyan hayvanlara uygun olmayan yollarda ulaşımı sağlayabilmek için icat edilen ve buharla çalışan bir motor olarak tanımlamışlardır. Daha sonra, ilk elektrik ve benzin motorlu otobüsler 1882’de Dr. Ernst Werner Siemens ve 1895’te Karl Benz tarafından ortaya konulmuştur. Bu sektör günümüzde otobüs, minibüs, midibüs ve bunların yedek parçalarını da üreten dev bir sanayi kolu hâline gelmiştir.

Yolcu otobüsü endüstrisi; bölgesel, kültürel, idari, stratejik, ekonomik büyüklük, teknoloji, ürün tipi ve tasarım açısından farklılık gösteren ve devlet ekonomisine katkı sağlayan endüstriyel bir yapıdır (Öztekin, 2016). Bileşenleri, teknolojisi ve üretim süreci nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir (Jan & Hsiao, 2004). Otobüs üretimi hassas, yoğun ve entegre bir endüstri olmasının yanı sıra sermaye yoğun özelliği ve AR-GE çalışmalarına yüksek yatırımı zorunlu kılmaktadır (Özsungur, 2018). Otobüs fabrikalarının rekabet ortamında hayatta kalabilmeleri firma büyüklüklerinin yeterince büyük olmasını gerektirmektedir (Schmidt & Gary, 2002). Yeni bir model geliştirmek veya mevcut model üzerinde önemli değişiklikler yapmak yüksek maliyetler ve yatırımlar gerektirebilmektedir. Ayrıca, her yapılan değişikliğin ardından yoğun rekabetin olduğu pazara giriş için zorlu bir mücadele ortamı da oluşmaktadır.

Dünyadaki hızlı teknolojik gelişmeler, melez yakıt hücreleri, sıkıştırılmış doğal gazlar ve elektrik gibi çeşitli yakıt türlerine sahip yeni motorların yolunu açmaktadır (Nalbant, 2019). Ayrıca dijitalleşme çağıyla birlikte, sürücüsüz otobüsler ve karayolu veri toplayıcı ve analizci otobüsler, operasyonel maliyetleri azaltmak ve trafik sıkışıklığını optimize etmek için yaygın hâle gelmektedir (Lopez-Lambas & Alonso, 2019).

Son zamanlarda, Türk otobüs üreticileri, Avrupa’da mühendislik ve kalite standartlarını karşılayan araçlar geliştirmektedir (Ergene, 2017). Nitekim Mercedes-Benz, MAN, Mitsubishi’nin Türkiye’deki fabrikaları, son birkaç yılda piyasaya yeni modeller sunmuşlardır (Jack & Gibbins, 2019). Türk otobüsü sektörünün üretim büyüklüğünü gözlemlemek için, toplam üretim verileri OICA’nın (Uluslararası Motorlu Araç İmalatçıları Örgütü) kamuya açık veri tabanlarından alınmış ve 2010-2019 yılları arasında Türkiye’nin toplam üretimini vurgulamak için trend çizgileri kullanılarak Şekil 1’de gösterilmiştir. 2012-2015 yılları arasında belediye ihaleleri, küresel organizasyonlar, turistik ziyaretler, seçimler ve diğer beklenmedik olaylardan dolayı üretim trendinde yüksek dalgalanmalar gerçekleşmiştir. Ancak genel olarak, Türk otobüsü sektörünün üretim hacminin yıllık yaklaşık 10.000 ile 12.000 adet arasında olduğu söylenebilir. İstikrarlı ihracat satışları yurt içi taleplerinden fazla olup, 2016 sonrası yıllar göz önünde bulundurulduğunda istikrar söz konusudur.



Şekil 1. Türkiye Otobüs Üretimi (Kaynak: Jack & Gibbins, 2019)

Türkiye’de 2013-2017 döneminde otomotiv üretimi ülke ekonomisine kıyasla daha hızlı büyümüştür. Öte yandan, takip eden yılda yurt içi ve yurt dışı piyasalardaki daralma neticesinde %10,2 oranında daralmıştır (KPMG, 2019, s. 8). Otomotiv Sanayii Derneği’ne (OSD) göre, otomotiv ihracatı 2017-2018 dönemine kıyasla 2018 yılında 2017’ye göre %0,8 azalmıştır.

Otobüs sektörünün özellikle Türkiye ihracatında büyük öneme sahip olması sebebiyle küresel gelişmeler neticesinde bir dönüşümden geçmek durumundadır. Ancak sektör profesyoneller ülkenin içinde bulunduğu ekonomik şartların bahsedilen dönüşümü yeterince destekleyemediğini belirtmektedirler (Yayar & Yılmaz, 2016).

Diğer taraftan, Başbuğ ve Evlimoğlu’nun (2020, s. 146) hazırladığı raporda yer alan Türkiye’de otobüs sektörünün güçlü ve zayıf yönleri ile sektördeki fırsatlar ve tehditler Tablo 2’de sunulmuş olup, Endüstri 4.0 platformu ile hızlı prototipleşme, artan rekabetçi pazar, çoklu teknolojik entegrasyon doğrultusunda sektör bileşikleri, tedarikçileri ve üretim süreci ile yakın ilişkide olması gerekliliği ortaya konmuştur (KPMG, 2019).

Tablo 2. Türkiye Otomotiv Sektörü SWOT Analizi - (Başbuğ & Evrimoğlu, 2020)



YÖNTEM

Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada, nitel çalışma yöntemlerinden biri olan vaka çalışması yönteminden yararlanılmıştır. Vaka çalışması ile araştırmacının müdahalesi olmaksızın ortaya çıkan sonuçların gözlenmesi, incelenmesi, gerekli kişi veya kurumlarla görüşmeler yapılması gibi veri toplama süreçlerinden sonra ortaya çıkan durumun genellemesi amaçlanmaktadır (Kurtuluş, 2010). Bu yaklaşım doğrultusunda çalışma, “akıllı üretim” ile ilgili olarak derinlemesine bilgi toplayabilmek amacıyla Türkiye’nin Güney Bölgesi’nde konumlanan bir otobüs imalat firmasında gerçekleştirilmiştir. Akıllı üretim uygulamaları ile doğrudan en fazla etkileşim içinde bulunan üretim biriminden 6, satış ve pazarlama biriminden 2, kurumsal iletişim bölümünden 2, finansman ve insan kaynakları bölümlerinden ise birer yönetici olmak üzere toplam 12 yönetici ile görüşme yapılmıştır. Firma yönetimi tarafından nitel verilerin elde edilmesi ve uygulama sonuçlarının gözlemlenmesi amacıyla farklı yıllarda oluşan kıyaslamalı nicel verilerin araştırmacıya aktarılması ile gerçekleşmiştir. Aktarılan bilgilerin doğruluğu firma üst düzey yöneticisi tarafından teyit edilmiştir.

Öncelikle firma üst yönetimine çalışmanın akademik bir araştırma kapsamında yapıldığına dair detaylı bilgilendirmeler yapılmış ve izin talebinde bulunulmuştur. İzin verilmesine müteakip çalışmanın yapıldığı fabrikada birim yöneticileri ile görüşülmüş ve kullanılan sistemler yerinde incelenmiştir. İnceleme sonrası fabrikada akıllı üretim sistemlerinin yoğunlukla kullanıldığı gözlemlenmiş ve araştırmanın yapılmasına karar verilmiştir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda sistematik ve derinlemesine bilgi toplanabilmesi için yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Görüşme talebinde bulunulan 20 yöneticiden yalnızca 12 yönetici görüşme talebini kabul etmiş, geri kalan yöneticiler akıllı üretim faaliyetleri ile ilgili çalıştıkları birim gereği bilgi gizliliğini korumak istediklerini belirterek görüşme talebini kabul etmemişlerdir. Araştırmada yer almayı kabul eden 12 yönetici ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Verilerin daha sistematik bir şekilde toplanabilmesi için görüşmeler görüşme formu doğrultusunda yapılmıştır. Bu şekilde, üretim sisteminin nasıl bir gelişim ve değişim yaşadığı anlaşılarak kullanılan yöntem ve yeniliklerin neler olduğu anlaşılmış ve sistem çıktıları hakkında yeterli bilgi toplanabilmiştir.

Görüşme formunda sırasıyla ‘Akıllı Üretim Uygulamaları’ ve ‘Akıllı Üretim Uygulamalarının Firma Performansına Etkisi’ olmak üzere iki ana başlıkta toplam 20 temel soruya yer verilmiştir. Verilerin toplanması 18. Kasım ile 14 Nisan 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Veri toplama yöntemi olarak firmanın bulunduğu lokasyona gidilerek ilgili yöneticilerle çalışma ofislerinde ve video konferans ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Üst yönetimden alınan özel bir izinle imalat alanında hızlı bir ziyaret yapılabilmektedir. Yüz yüze yapılan görüşmeler ortalama bir saat ve video konferans ile yapılan görüşmeler 40 dakika sürmüş olup farklı tarihlerde toplam 32 görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde akıllı üretimin işletme performansı üzerindeki etkisi çeşitli göstergeler kullanılarak rakamsal veriler ile ortaya konmuştur.

Bu araştırmada kullanılan yarı yapılandırılmış görüşme konuları önceden belirlenmiş ve ilgili yöneticilere sunulmuştur. Araştırmada incelenen konular kapsamı içerisinde kalınmış ve serbest cevaplamalara izin verilmiştir. Soruların kolay anlaşılabilir yapısının yanı sıra yönlendirici olunmamasına da dikkat edilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı firma yöneticilerine ‘Akıllı Üretim Uygulamaları’ ana başlığında yöneltilen sorular;

1. Projelerde fayda/maliyet analizi yapılmakta mıdır? Analiz yapılıyorsa hangi yöntemlerle yapılmaktadır?
2. Endüstri 4.0’ın firma yönetsel yaklaşımı üzerine bir etkisi olmuş mudur? Etki söz konusu ise, özellikle hangi alanlarda yaşanmıştır?
3. Veri iletişimi konusunda yaşanan herhangi bir sorun var mıdır? Varsa hangi alanlarda sorun söz konusudur?
4. Kullanılan akıllı sistemlerin üretimde sağladığı temel faydalar nelerdir?
5. ‘Telemetri’ cihazının otobüs üretiminde en önemli faydası nedir?
6. Nesnelerin interneti teknolojisinin yarattığı fayda özellikle hangi alanda söz konusudur?
7. Robot teknolojisinin yarattığı fayda/maliyet hakkında görüşleriniz nelerdir?
8. Fabrikada kullanılan akıllı üretim sistemleri hakkında bilgi verir misiniz?
9. Ham madde, yarı mamul ve nihai ürünlerin stok takibi nasıl yapılmaktadır?
10. Firmada Endüstri 4.0 kültürü oluşturmak amacıyla somut uygulamalar nelerdir?
11. Akıllı makinelerde herhangi bir iletişim problemi yaşanmakta mıdır? Yaşanıyorsa hangi alanlarda söz konusudur?
12. Üretim sistemleri ve müşteri memnuniyetinin aralarındaki etkileşim ve sonuçları nelerdir?

13. İnsan gücü yönetimine dair herhangi bir sorunla karşılaşmakta mıdır? Sorun olduğu takdirde alınan önlemler nelerdir?
14. Firma sektöründe isim yapmış danışmanlardan destek almakta mıdır? Danışman desteği söz konusu ise özellikle hangi alanlarda destek alınmaktadır?
15. Dijital verilerin gizliliği ve güvenliği nasıl sağlanmaktadır?
16. Firmada yaşanan en önemli sorun nedir? Çözüm önerileri nelerdir?

Araştırmanın yapıldığı firma yöneticilerine ‘‘Akıllı Üretim Uygulamalarının İşletme Performansına Etkisi’’ ana başlığında ‘ yönettiren sorular;

1. Akıllı üretimin firma verimliliğine etkisini anlık ölçebilmek için hangi yöntem kullanılmaktadır?
2. Telemetri cihazı ve XBUS ürününün Firma verimliliğine etkisi nasıl hesaplanmaktadır?
3. Üretim hatalarının önlenmesi veya azaltılması konusunda neler yapılmaktadır?
4. Müşteri memnuniyeti ölçülmekte midir? Ölçülüyorsa izlenen süreç nedir?

ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmanın yapıldığı firmada görüşülen 12 yöneticinin % 67’si erkek, % 33’ü kadın, % 25’i bekâr, % 67’si evli, % 8’i boşanmış, % 75’i 35-55 yaş, % 25’i 56 ve üzeri yaş, %67’si üniversite ve %33’ü ise lisansüstü eğitim seviyesine sahiptir.

Firma, Endüstri 4.0’ı oluşturan işbirlikçi robotlar, IOT sistemler, eklemeli üretim, 3D yazıcılar, bulut çözümler, siber güvenlik, büyük veri ve analizi, simülasyon ve artırılmış gerçeklik teknolojileri gibi unsurların çoğunu uygulamada aktif olarak kullanmaktadır.

Araştırmanın gerçekleştirildiği Türk otobüs firmasının üretim sürecinde ürün geliştirme döngüsü, tasarım, üretim ve test aşamaları yüksek miktarda harcama yapılarak yaklaşık üç yıl sürmüştür.

Büyük veri teknolojileri ile araç tabanlı yeniliklerin yanı sıra, otobüslerin dijitalleşmesi, ulaşım kalitesi, güvenlik standartları ve araç ile yolcular arasındaki iletişim iyileştirilmiştir. 2017’de başlatılan "Fleetics", verilerin analiz edilmesinin, büyük veri destekli bileşenler ve bulut teknolojileri aracılığıyla her operatörün sürücü davranışına ve yol koşullarına yönelik kararını nasıl etkilediğine dair önemli bir örnek oluşturmaktadır.

Araştırmanın yapıldığı firma yöneticileri tarafından ‘Akıllı Üretim Uygulamaları’ ana başlığında yönettiren sorulara verilen cevaplar gruplandırılmış hâli ile aşağıda sıralanmıştır;

1. Firmanın hazırlık sürecinde tüm projelerde fayda/maliyet analizi bakış açısı ile simülasyon çalışması, pilot uygulama, S.W.O.T. (Güçlü, Zayıf, Fırsatlar ve Tehditler) (Valentin, 2001) analiz ve kıyaslama çalışmaları yapılmaktadır.
2. Firma, Endüstri 4.0 ile birlikte yenilikçi, sürekli iyileştirme ve çevik çözüm üreten yönetsel yaklaşımları geliştirmeye çaba göstermektedir.
3. Firma, zaman zaman veri iletişimi ve sistem yazılımlarını adapte etme konusunda sıkıntılar yaşamaktadır. Sorunun özellikle robot - bilgisayar arasındaki haberleşmede yaşandığı yönündedir.
4. Kullanılan akıllı sistemler, üretimin daha hızlı, daha kaliteli ve daha ekonomik olmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca esnek üretimi daha verimli kılmaktadır. Müşterilerin taleplerine göre özel tasarımlar hazırlanabilmektedir.
5. Büyük veri ve nesnelerin internetinin bir kombinasyonu olan ‘Telemetri’ cihazı ile otobüs sürücüsü, anlık olarak otobüsün verilerini yakından takip etmektedir.
6. Nesnelerin interneti teknolojisi ile üzerinde sensör bulunan otobüse ait motor, şanzıman vb. bileşenlere ait parçalar kendi aralarında iletişim hâlinde olarak, herhangi bir aksama veya hata durumunda otobüs sürücüsüne anında bilgilendirme sağlamaktadır.
7. Fabrikada ilk olarak robotik ve otomasyon sistemleri devreye alınmıştır. İş gücü ile yapılan işlemler artık robotlar tarafından yapılmaktadır. Firmanın küresel pazarda hayatta kalabilmek için değişen üretim sistemleri ve süreçlerine dair almaları gerekli önlemler belirlenmiştir.
8. Fabrikada kullanılan akıllı üretim sistemleri, operatöre ihtiyaç duyulmadan taşıma işlemlerini gerçekleştiren AGV (Automated Guided Vehicle) taşıma sistemleri, lazer ile yarı mamul kesme robotları, ürün taşıma ve montaj etme robot kolları, bilgisayar ile bütünleşik veri takip sistemleridir.
9. Yoğun işlem trafiği olan yedek parça talepleri ve dağıtımında bulut sistemine entegre olan Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisi, depolama sistemleri ve robotik çözümler aracılığıyla kullanıcılara hızlı ve doğru teslimat sağlanmaktadır.

10. Firmada Endüstri 4.0 kültürü oluşturmak amacıyla, “MakerLab” kurularak burada çalışanların robot deneyimi, yazılım tecrübesi ve yaratıcı fikir çalışmaları ile mevcut çalışmalar hızlandırılmıştır.
11. Firmada kullanılan akıllı makinelerde yaşanan iletişim problemlerini azalttığı belirtilmektedir. Bu ise, firmada çalışan motivasyonun artmasına ve karışık süreçlerde takım çalışmasına yatkınlığın teşvik edilmesine neden olmaktadır.
12. Firma ürün kalitesindeki artışın müşteri memnuniyetini de artırdığının farkında olarak daha fazla müşteri memnuniyeti için üretim sistemleri sürekli olarak geliştirilmektedir.
13. Akıllı üretim kapsamında çalışanların her türlü yeniliğe gösterdikleri direnci kırmanın güç olduğunun üzerinde durulmuştur. Endüstri 4.0 kapsamında yeni teknolojilere hâkim yetkin ve becerikli insan gücünün yetersiz oluşunun ve uygulama örneklerinin az olması nedeni ile de mevcutların yetişmelerinin zaman almasının önemli bir engel olduğunun altı çizilmiştir. Bu bağlamda, firma, personelinin yeni teknolojilere uyum sağlaması için iş-başı eğitim programları uygulamaktadır.
14. Firma önemli süreçlerde yerli ve yabancı sektör danışmanları ve akademisyenlerle işbirlikleri geliştirmektedir. Böylece, üzerinde çalışılan projelerin belirlenen süreden daha erken tamamlandığı belirtilmiştir.
15. Firma ölçeğinin büyük olması nedeniyle bilgi güvenliğinin oldukça önemli bir konu olduğu belirtilmiştir. Müşteri bilgileri bulut ortamında tutulmaktadır. Dijital verilerin gizliliği ve güvenliğinin tam olarak sağlanması gerekliliğine vurgu yapılmıştır.
16. Son olarak, firma küresel pazarda yaşanan yoğun rekabet nedeniyle artan ürün çeşitliliğini yönetmekte zorlanmaktadır. Başlıca sorunun kısa teslim sürelerinin yarattığı üretim süreçlerinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Firma, 4.0 çerçevesinde kullanılan dijital teknolojilerin devreye alınmasını yaşanan bu soruna etkili bir çözüm olarak görmektedir.

Araştırmanın yapıldığı firma yöneticileri tarafından “Akıllı Üretim Uygulamalarının İşletme Performansına Etkisi” ana başlığında ‘yöneltilen sorulara yöneticiler tarafından verilen cevaplar gruplandırılmış hâli ile aşağıda sıralanmıştır;

1. Üretim verileri dijital ortamda takip edilmeye başlanmıştır. Ayrıca ürün izleme sistemleri ile ürünü anlık olarak takip eden sistemler kurulmuştur. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE), “kaliteli bir ürün üretmek için zamanın ne kadar etkili kullanıldığının” ölçülmesi olarak bilinen yöntem tüm üretim hatlarında anlık ölçülmekte ve dijital bir panoda gösterilmektedir. Böylece, özellikle mavi ve gri yaka çalışanlar arasında şeffaf bir rekabet ortamı da yaratılmıştır.
2. Otobüs firmasının üretmiş olduğu Telemetri cihazı ve bu cihaz ile entegre olan XBUS ürününün işletme satış ve gelirlerine olan etkileri yıl bazında hesaplanmıştır.
3. Firmanın üretim hatlarında mevcut kalite iyileştirmeleri doğrultusunda yenilikçi çözümler ile her üretim durağında üç boyutlu yazıcı sistemi ile hızlı prototipleme gerçekleştirilmektedir. Bu sayede, üretim esnasında oluşabilecek hataların önlenmesi veya azaltılması sağlanmıştır. Böylece, müşteri odaklı ürün yelpazesinde önemli çeşitlilikler meydana gelmiştir.
4. Müşterilere artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri ile uzaktan kullanıcı deneyimi sunularak, müşteri istekleri doğrultusunda ürün modifikasyonları yapılmaktadır. Dolayısıyla, bu uygulamalar ile müşteri memnuniyeti ve marka bilinirliği olumlu yönde artmıştır.

Endüstri 4.0’ı küresel rekabette önemli bir üstünlük aracı olarak gören firma, müşteri memnuniyetini periyodik olarak ölçerek, sonuçları kıyaslayarak ve buna bağlı olarak iyileştirilmesi gerekli alanları belirleyip gereken aksiyon planlarını hazırlamaktadır. Yapılmasına karar verilen işlerin kim veya kimlerin sorumluluğunda olduğu, varsa talep edilen işbirlikleri, işlerin başlama ve tamamlanma süreleri ve kontrol dönemleri düzenli olarak takip edilmektedir. Hedeflenen şekilde zamanında tamamlanamayan işler için kök neden çalışması yapılarak yeniden planlamak suretiyle aksayan işlemlere müdahale edilebilmektedir.

TARTIŞMA

Literatürde Endüstri 4.0 ile ilgili çalışma sayısının fazla olmasına karşın Endüstri 4.0 çerçevesinde otobüs sektörünü ele alan çalışma sınırlı sayıdadır. Ulaşılan çalışmaların bulguları incelendiğinde bu çalışma bulgularıyla bazı benzerliklerin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmanın bulgularına paralel olarak Sürmen (2019), firmaların Endüstri 4.0 süreciyle ilgili yeterince teorik bilgiye sahip olduklarını ancak uygulamada Endüstri 3.0 seviyelerinde kaldıklarını belirtmiştir

(Rüßmann vd., 2015). Sürmen (2019) çalışmasında, Endüstri 4.0 perspektifinden imalat sanayiinde verimliliğin ve büyüme ile ilgili gerçekleştirdiği çalışmada otobüs sektörünün geleceği ile ilgili çeşitli öngörülerde bulunmuştur. Bu öngörüler; otonom robotların montaja daha fazla yönlülük sağlayacağı, tek bir esnek üretim hattı ile farklı tasarımlarda birden fazla araç modelinin üretileceği, otomobil üretim sürecinin otomatik iş kontrol sistemleri tarafından denetleneceği, tedarikçilerin üreticiden gelen yeni siparişler temelinde süreçleri otomatik ayarlayarak tam zamanında lojistiği en üst düzeye çıkaracağı ve robotların daha özerk rol oynayacağı şeklindedir.

Sürmen (2019) çalışmasında yaptığı mülakatlar sonucunda Türkiye’de Endüstri 4.0 bilincinin oluştuğu şirketlerin ve devlet kurumlarının bu konuda yol haritasını oluşturarak çalışmalara başladıkları neticesine ulaşmıştır.

TÜBİTAK (2017) tarafından akıllı üretim sistemleri üzerine Ar-Ge desteği almış 1.000 firmada gerçekleştirilen araştırma sonuçlarına göre, Türkiye’nin Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında konumlandığını ortaya konulmuştur. Bunun yanında otobüs sektörünün özel olarak incelenmesi sonucunda dijital teknoloji kullanımının oldukça yoğun olduğunu belirtmişlerdir. Bu özelliği ile otobüs sektörünün Endüstri 4.0 sürecine geçişte diğer sektörlerle göre daha hızlı ve uyumlu olacağı öngörülmektedir (KALDER, 2016). TÜBİTAK’ın küresel öngörülleri, endüstri 4.0 ile ilişkili teknolojilerin daha çok uygulama alanı bulacağı ve sürekli yükselen bir eğilim göstereceği doğrultusundadır (TÜBİTAK, 2017). Önümüzdeki yıllarda akıllı sistemlerin, makinelerin ve robotların üretimde daha önemli rollere sahip olacağını söylemek mümkündür.

Gelecek yıllarda üretimde dijital teknoloji kullanımının artması neticesinde insan gücüne olan ihtiyacın azalarak üretimde etkinlik ve verimliliğin artacağı söylenebilir.

SONUÇ

Endüstri 4.0 çerçevesinde kullanılan dijital teknolojilerin bir araya gelmesi ile Türkiye’de de devreye giren akıllı üretim sayesinde üretim daha kaliteli, daha hızlı ve daha ekonomik yapılabilmektedir. Bu bağlamda çalışmanın gerçekleştirildiği otobüs firmasında Endüstri 4.0 uygulamalarının etkin olarak yapıldığı saptanmıştır.

Çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar şunlardır;

- Telemetri cihazı ile entegre olan IBUS (Akıllı Otobüs) ürünü, Endüstri 4.0 kapsamında yapılan dijital dönüşüm sayesinde 3 yıl içerisinde firmanın toplam satışı üzerinde %2.7 seviyesinde bir artışa neden olmuştur.
- İncelenen otobüs firmasının üretmiş olduğu Telemetri cihazı ve bu cihaz ile entegre olan XBUS ürününün firmanın 2017, 2018 ve 2019 yıllarındaki toplam satışlarını her yıl bir önceki yıla göre arttırdığı saptanmıştır.
- Benzer şekilde firmanın toplam geliri de 2017 yılında %1,9, 2018 yılında %2,6 ve 2019 yılında ise %2,7 artmıştır. Otobüs sektöründe elde edilen bu seviyedeki artışlar oldukça anlamlıdır.
- Akıllı üretim uygulamalarında farklı yöntemlerle ölçümler yapılarak elde edilen rakamların yanı sıra rakamlarla gösterilemeyen çıktılar da söz konusudur. Çalışma esnasında elde edilen diğer sonuçlar şunlardır;
- Firma, Endüstri 4.0 ile birlikte yenilikçi, sürekli iyileştirme ve çevik çözüm üreten yönetsel yaklaşımları geliştirmeye karar vermiştir. Bu konuda danışmanlık hizmeti almak için araştırma yapmaktadır.
- Endüstri 4.0’ı küresel rekabette önemli bir üstünlük aracı olarak gören firma, 2017 yılı itibarıyla müşteri memnuniyetini periyodik olarak ölçerek, sonuçları kıyaslayarak ve buna bağlı olarak iyileştirilmesi gerekli alanları belirleyip gereken aksiyon planlarını hazırlayarak müşteri tercihlerini odağına koymuştur.
- Firma küresel pazarda yaşanan yoğun rekabet nedeniyle artan ürün çeşitliliğini yönetmede zorlanmaktadır. Başlıca sorun kısa teslim sürelerinin yarattığı üretim süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Firma, 4.0 çerçevesinde kullanılan dijital teknolojilerin devreye alınmasının yaşanan bu soruna etkili bir çözüm olacağına inanmaktadır.
- Firmada kullanılan akıllı makinelerde zaman zaman yaşanan iletişim problemlerinin azalttığı belirtilmektedir. Bu ise, firmada çalışan motivasyonun artmasına ve karışık süreçlerde takım çalışmasına yatkınlığın teşvik edilmesine neden olmaktadır.

Türkiye’nin tam anlamıyla Endüstri 4.0’a geçtiğini söylemek güçtür. Türkiye ihracatının lokomotif sektörlerinden biri olan otobüs sektöründe yapısal değişimlerin yapılması isabetli olacaktır. Bu bağlamda,

özellikle teknolojik altyapının yetersiz olduğu bölgelere yatırımlar yapılabilir. Geçtiğimiz günlerde Karsan tarafından tanıtımı gerçekleştirilen Türkiye'nin yerli elektrikli otonom otobüsü, sektörün akıllı üretim anlayışında önemli bir ilerleme yolunda olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de otobüs sektörünün küresel rekabet gücünü artıracak Endüstri 4.0'ın fabrika yönetimine daha etkin planlama, kontrol ve geri besleme uygulamalarında önemli destekleri olabilecektir.

Endüstri 4.0 uygulamalarını üretim süreçlerinde kullanan firmaların üniversitelerin ilgili birimleri ile yakın iş birlikleri çabalarını artırmaları gereklidir. Bu iş birliği kapsamında özellikle Ar-Ge faaliyetlerinde olabildiğince akıllı üretim uygulamaları üzerine odaklanılması önerilmektedir.

Gelecek çalışmalarda, diğer otobüs firmalarında Covid-19 sonrası çalışan davranışları dikkate alınarak Endüstri 4.0 uygulamaları ve bu uygulamalara adaptasyonu incelenebilir. Ayrıca, otomotiv sektörüne bağlı otomobil, kamyon gibi ürün gruplarında da akıllı üretim uygulamaları ve sonuçları gözlemlenerek alana katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Ajaykumar, A., Bhanupriya, PC, Shivanagi, S. & Singh, S. (2020). *Smart Bus Tracking System* [Doctoral Dissertation, CMR Institute of Technology].

Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. *SAV Katkı*, 4, 34-44.

Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Journal of life Economics*, 47, 19-30.

Alper, İ. (2021). *Kurumsal kaynak planlaması (ERP) ve Bulut ERP* [Master's Thesis, Pamukkale Üniversitesi]

Arslan, I. (2019). *Dünya'da ve Türkiye'de Otomotiv sektörü, BİSt 100'de işlem gören Otomotiv sektörü işletmelerinin finansal analizi* [Doctoral Dissertation, Marmara Üniversitesi].

Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük veri analizinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları-artificial intelligence and machine learning applications in big data analysis. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (22), 155-172. <https://doi.org/10.20875/makusobed.309727>

Ayan, B., & Uysal, A. (2020). *Teknolojik ve sosyo-mekansal dönüşüm: Türkiye'de akıllı fabrikalar* [Master's Thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi]

Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Başbuğ, AK, & Evlimoğlu, U. (2020). Otomotiv sektörünün Türkiye ekonomisini makroekonomik olarak etkileme mekanizmaları ve sektöre yönelik bir analiz. *Third Sector Social Economic Review*, 55(1), 134-154.

Baumers, M., Tuck, C., Bourell, DL, Sreenivasan, R., & Hague, R. (2011). Sustainability of additive manufacturing: measuring the energy consumption of the laser sintering process. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 225(12), 2228-2239. <https://doi.org/10.1177/0954405411406044>

Çevik, D. (2018). *Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin seri ve kesikli üretim sistemleri üzerine etkisi* [Master's Thesis, Sakarya Üniversitesi].

Choi, S., Jun, C., Zhao, WB, & Do Noh, S. (2015). Digital manufacturing in smart manufacturing systems: contribution, barriers, and future directions. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (s. 21-29). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22759-7_3

- D'automobiles, OICA (2005). OICA President Gottschalk says automotive industry remains a reliable factor in the global economy.
- Diamond, JM, & Ordunio, D. (1999). *Guns, germs, and steel*. Books on Tape.
- Doğan, K., & Arslantekin, S. (2016). Büyük veri: önemi, yapısı ve günümüzdeki durum. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 56(1). https://doi.org/10.1501/Dtcfder_0000001461
- Dombrowsi, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Variety Management in Manufacturing. Proceedia CIRP*, 17, 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.077>
- Duman, A. (2021). Akıllı Üretimin İşletme Performansına Etkisi: Vaka Analizi Yaklaşımı. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 4(2), 91-109. <https://doi.org/10.32951/mufider.930504>
- Ergene, MR (2017). *Otomotiv sektöründe tedarik zinciri yapılanması* [Master's Thesis, Maltepe Üniversitesi].
- Ersoy, A. (2016). Siemens'in Endüstri 4.0'a Bakışı ve Çalışmaları. *Elektrik Mühendisleri Odası Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 459, 48.
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. In *ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)* (No. 3).
- Gedik, Y. (2021). Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve endüstri 4.0'ın üretim ve tedarik zinciri kapsamındaki etkileri: Teorik bir çerçeve. *JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(1), 1-20.
- GTAI – Germany Trade and Invest (2014), Industry 4.0 – Smart Manufacturing for the Future.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660. <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Gündüz, MZ, & Resul, DAŞ (2018). Nesnelerin interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(2), 327-335. doi: 10.5505/pajes.2017.89106
- Gürdür, D., El-Khoury, J., Secoleanu, T., & Lednicki, L. (2016). Making interoperability visible: Data visualization of cyber-physical systems development tool chains. *Journal of Industrial Information Integration*, 4, 26-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2016.09.002>
- İçten, T. & Bal, G. (2017). Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 5(2): 111-136.
- İnan, EÇ (2019). *Endüstri 4.0 vizyonunun üretim süreçlerinde getireceği verimlilik* [Doctoral Dissertation, İstanbul Kültür Üniversitesi].
- Jack D., & Gibbins J. (2019). *The world bus and coach manufacturing industry: A 'Truck and Bus Builder' report*. Truck & Bus Builder Reports Limited
- Jan, TS, & Hsiao, CT (2004). “A Four-Role Model of the Automotive Industry Development in Developing Countries: A Case in Taiwan,” *The Journal of the Operational Research Societ*, 55(11), 1145-1155. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601776>

- KALDER (2016). Önce Kalite Dergisi, Sayı: 183.
http://www.kalder.org/upload/files/PDF/Once_Kalite_Dergisi/2016/2016-Ocak-Subat-Mart.pdf, Erişim Tarihi: 12.11.2021.
- Kayar, A., Ayvaz, B., & Öztürk, F. (2018). Akıllı fabrikalar, akıllı üretim: Endüstri 4.0'a genel bakış. *In International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology* (s. 22-23).
- Kayar, M. (2012). Üretim ve Verimlilik-Temel Esaslar ve Uygulama. Marmara Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi.
- Kılıç, S., & Alkan, RM (2018). Dördüncü sanayi devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49. <https://doi.org/10.31006/gipad.417536>
- Korkmaz, M. (2016). Otomotiv Sektör Raporu. İzmir Ticaret Odası, ARGE Bülten, Mayıs-Haziran-Sektörel, 18-23.
- KPMG (2019). Sektörel Bakış 2019 - Otomotiv, <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2019/04/sektorel-bakis-2019-otomotiv.html.pdf> Erişim Tarihi: 12.11.2021.
- Kurtuluş, K. (2010). *Araştırma Yöntemleri*, s. 181.
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>
- López-Lambas, ME, & Alonso, A. (2019). The driverless bus: An analysis of public perceptions and acceptability. *Sustainability*, 11(18), 4986. <https://doi.org/10.3390/su11184986>
- Machado, CG, Winroth, MP, & Ribeiro da Silva, EHD (2019). Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda. *International Journal of Production Research*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1652777>
- Mitra, A., Kundu, A., Chattopadhyay, M., & Chattopadhyay, S. (2017). A cost-efficient one time password-based authentication in cloud environment using equal length cellular automata. *Journal of Industrial Information Integration*, 5, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.11.002>
- Mittal, S., Khan, MA, Romero, D., & Wuest, T. (2019). Smart manufacturing: Characteristics, technologies and enabling factors. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 233(5), 1342-1361. <https://doi.org/10.1177/0954405417736547>
- Moghaddam, M., & Nof, SY (2017). The collaborative factory of the future. *International journal of computer integrated manufacturing*, 30(1), 23-43. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2015.1066034>
- Mutlu, M. (2019). *Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin algılar: otomotiv ve tekstil sektörü üzerinde bir araştırma* [Master's Thesis, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Nalbant, MK (2019). *Hidrojen Ekonomisinin Otomotiv sektöründe önemi: Türkiye örneği* [Doctoral Dissertation, Marmara Üniversitesi].
- Ochoa, SF, Fortino, G., & Di Fatta, G. (2017). *Cyber-physical systems, internet of things and big data*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2017.05.040>
- OSD (2017). <http://www.osd.org.tr/haberler/2017-otomotiv-sonuclari-aciklandi/>, Erişim Tarihi: 12.11.2021.

- OSD (2020). <http://www.osd.org.tr/osd-yayinlari/osd-yayinlari/>, Erişim Tarihi: 12.11.2021.
- Özahi, E. (2019). Bölüm 2 endüstri devrimlerinin aşamaları. Gaziantep Üniversitesi. ÜRGE 506.
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları*. Pusula.
- Özenir, İ., & Nakıboğlu, G. (2019). *Sürdürülebilir üretimde Endüstri 4.0'ın yeri*. <https://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i5.1197>
- Özsoylu, AF (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Özsunğur, F. (2018). Otobüs sektörünün değer zinciri analizine yönelik nitel bir araştırma: Üretim işletmesi örneği. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36(2), 95-124. <http://doi:10.17065/huniibf.309343>
- Öztekin, SÇ (2016). *Türkiye otomobil sektörünün talep analizi* [Master's Thesis, Ordu Üniversitesi].
- Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ile çalışma yaşamının geleceği*. 06.
- Pamuk, NS, & Soysal, M. (2018). Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. *Verimlilik Dergisi*, (1), 41-66.
- Pereira, AC, & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, ES (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184-1190. <http://doi:10.1016/j.proeng.2014.03.108>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Sandalcı, N. (2016). Türkiye'de endüstriyel tasarımcıların 3 boyutlu yazıcıları kullanımları hakkında bir inceleme [Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, JP (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(3), 811-833. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1940>
- Savran, S. (2007). Yalın üretim ve esneklik: Taylorizmin en yüksek aşaması. *Devrimci Marksizm*, 3, 131-173.
- Sayar, M., & Yüksel, H. (2018). Endüstri 4.0 ve Türkiye kamu sektöründe endüstri 4.0 dönüşümü. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 83-98.
- Schmidt, MJ, & Gary, MS (2002). Combining system dynamics and conjoint analysis for strategic decision making with an automotive high-tech SME. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 18(3), 359-379. <https://doi.org/10.1002/sdr.257>
- Soloviev, A. (2015). *Bus and Coach Transportation: Buses can compete with air and rail transportation*.
- Spath, D., Gerlach, S., Hämmerle, M., Schlund, S., & Strölin, T. (2013). Cyber-physical system for self-organised and flexible labour utilisation. *Personnel*, 50(22).

- Sturgeon, T., & Van Biesebroeck, J. (2010). Effects of the crisis on the automotive industry in developing countries: a global value chain perspective. *World Bank Policy Research Working Paper*, (5330).
- Sürmen, YE (2019). Endüstri 4.0 ve otomotiv endüstrisi: Bursa ili SWOT analizi ile değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Şimşek, A. (2019). Otomotiv sektöründe nesnelerin interneti uygulamaları üzerine bir derleme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(2), 66-72.
- Tao, F., Y. Wang, Y. Zuo, H. Yang, & M. Zhang. (2016). Internet of things in product life-cycle energy management. *Journal of Industrial Information Integration* 1, 26-39. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.001>
- Thames, L., & Schaefer, D. (2016). Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0. *Procedia cirp*, 52, 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>
- TÜBİTAK, (2017). *Bilim, teknoloji ve yenilik politikaları daire başkanlığı, yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası*.
- Türkel, S., & Yeşilkuş, F. (2020). Dijital dönüşüm paradigması: Endüstri 4.0. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(5), 332-346.
- Ulusoy, E. (2019). *Türkiye’de endüstri 4.0’ın otomotiv sektörüne yansımaları üzerine bir araştırma* [Master's Thesis, Namık Kemal Üniversitesi].
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia manufacturing*, 20, 233-238.
- Valentin, EK (2001). SWOT analysis from a resource-based view. *Journal of marketing theory and practice*, 9(2), 54-69. <https://doi.org/10.1080/10696679.2001.11501891>
- Wan, J., Cai, H., & Zhou, K. (2015). Industrie 4.0: enabling technologies. In *Proceedings of 2015 international conference on intelligent computing and internet of things* (s. 135-140). IEEE.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016a) Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: an Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Yayar, R., & Yılmaz, E. (2016). Dünya ve Türkiye otomotiv sanayi üzerine genel bir değerlendirme. *Selçuk Üniversitesi Akşehir Meslek Yüksekokulu Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(7), 71-85.
- Yıldırım, Y. (2020). Farklı disiplinlerde endüstri 4.0. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(21), 756-789. <https://doi.org/10.26466/opus.624938>
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 546-556. <https://doi.org/10.16984/sofenbilder.321957>
- Yin, Y., Steckel, KE, & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848-861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>
- Zarbo, RJ, & D’Angelo, R. (2006). Transforming to a quality culture: the Henry Ford Production System. *Pathology Patterns Reviews*, 126 (suppl_1), s. 21-s. 29. <https://doi.org/10.1309/kvt7nwvpjr73t4k6>

- Zhang, Y. & Kwok, TH (2018). Design and interaction interface using augmented reality for smart manufacturing. *Procedia Manufacturing*. 26, 1278-1286.
- Zheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., ... & Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), 137-150. <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>