

## KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Hazırlık Durumu: Devrimin Aktif Katılımcıları mı Yoksa Sessiz İzleyicileri mi?

*Ahmet Anıl KARAPOLATGİL* (<https://orcid.org/0000-0003-4012-9514>), Türkiye; [aak160387@hotmail.com](mailto:aak160387@hotmail.com)  
*İrge ŞENER* (<https://orcid.org/0000-0002-1876-9411>), Çankaya University, Türkiye; [irge@cankaya.edu.tr](mailto:irge@cankaya.edu.tr)

### Industry 4.0 Readiness of SMEs: Active Participants or Silent Audience of the Revolution?

#### Abstract

Nowadays, the technological consequences of the Fourth Industrial Revolution affect all organisations. However, the current reactions of SMEs have yet to be explored. For this reason, this study focused on the actual status of SMEs and aimed to determine their readiness and awareness of Industry 4.0 technologies. Semi-structured interviews were conducted with 44 SME managers operating in Ankara, constituting the study sample. Research findings were examined within the scope of 3 main themes determined by content analysis. In this context, it has been concluded that SMEs in the sample have low awareness of Industry 4.0, and their readiness needs to be improved.

**Keywords** : Industry 4.0, SME, Production Systems, Industrial Revolutions, Content Analysis.

**JEL Classification Codes** : L230, L600, O140, O330, O390.

#### Öz

Günümüzde Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojik sonuçları tüm örgütleri etkilemektedir. Fakat KOBİ'lerin güncel tepkileri nadiren araştırılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada KOBİ'lerin güncel konularına odaklanılmış ve Endüstri 4.0 teknolojileri karşısındaki hazırlıklarının ve farkındalıklarının tespiti amaçlanmıştır. Çalışmanın örneklemini oluşturan Ankara'da faaliyet gösteren 44 KOBİ yöneticisi ile yarı yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiş olup, içerik analizi ile 3 ana tema belirlenmiştir. Araştırmanın bulguları belirlenen ana temalar kapsamında incelenmiştir. Bu kapsamda, örnekleme yer alan KOBİ'lerin Endüstri 4.0 için düşük farkındalığa sahip oldukları ve hazırlıklarının yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler** : Endüstri 4.0, KOBİ, Üretim Sistemleri, Sanayi Devrimleri, İçerik Analizi.

## 1. Giriş

Sanayi devrimleri, insanlık tarihini derinden değiştiren etkiler yaratmıştır. Tarım toplumlarının egemenliğinde yaşanan ilk devrim sürecinde, buharlı makineler üretim toplumlarının temelini atmıştır. İlk devrimin süregelen etkisi ile son iki yüzyılda birbirini takip eden sanayi devrimleri yaşanmıştır. Günümüzde yaşanan son sanayi devrimi (Endüstri 4.0) ile gelişen yeni teknolojiler, gündelik yaşamı şekillendirmeye başlamış ve dijital topluma geçiş tartışmalarını artırmıştır. XIX. yüzyıl sonrasındaki, üç önemli teknolojik devrimi takiben oluşan Endüstri 4.0, farklı platformlarda etkileşim ve iletişim yeteneklerine sahip olan akılcı ve otomasyon temelli üretimi mümkün kılmaktadır (Piccarozzi et al., 2018). Endüstri 4.0 ile ilgili farklı tanımlar mevcut olmakla birlikte, Almanya'da konu ile ilgili çalışma grubunu oluşturan Kagermann vd. (2013) tarafından hazırlanan ve genellikle Endüstri 4.0 manifestosu olarak bilinen raporda, Endüstri 4.0, sosyoteknik sistemlerin etkileşiminin yeni bir seviyesi olarak nitelendirilmiştir. Lasi vd. (2014)'ne göre, Endüstri 4.0 için bir disipline ilişkin net bir sınıflandırma yapılamamasının yanı sıra kavramın kesin ayrımları da mümkün olamamaktadır. Bu nedenle yazarlar Endüstri 4.0 için, akıllı fabrikalar, siber-fiziksel sistemler, kendini organize eden organizasyonlar, dağıtım ve satın alımda yeni organizasyonel yapılanmalar, ürünlerin ve hizmetlerin geliştirilmesinde yeni sistemler, insan ihtiyaçlarına uyum sağlama, kurumsal sosyal sorumluluk olmak üzere, 7 temel kavramı tanımlamışlardır. Son yıllarda, akıllı fabrikaların oluşmaya başladığı, ayrıca "siber-fiziksel sistemlerin; bağımsız olarak otonom bilgi alışverişinde bulunabilen, faaliyetleri harekete geçiren ve birbirini bağımsız olarak kontrol edebilen, akıllı makineler, depolama sistemleri ve üretim tesislerini kapsadığı" (Kagermann et al., 2013) bilinmektedir.

Endüstri 4.0 teknolojileri, işletmelere birçok fayda sağlayabilir niteliklere sahiptir. McKinsey (2019) Danışmanlık Şirketi tarafından hazırlanan rapora göre, Endüstri 4.0 uygulamalarının 2025 yılında üreticiler ve tedarikçiler için 3,7 trilyon ABD doları değer yaratma potansiyeline sahip olduğu tahmin edilmektedir. Kagermann vd. (2013) tarafından da vurgulandığı üzere, Endüstri 4.0 üretim sistemlerini, daha esnek hale getirebilir, üretim ve teslimatta son-dakika değişiklikleri yapılabilir, parti üretimi daha kârlı olabilir, akıllı ve şeffaf makineler sayesinde optimize edilmiş karar vermeye ve daha verimli kaynak kullanımına olanak sağlanabilir; böylelikle değer yaratılmasında yenilikler meydana gelebilir. Tüm faydalarına karşın, bazı işletmelerin Endüstri 4.0 devriminin mağduru olacakları ile ilgili öngörüler de mevcuttur. Sommer (2015) tarafından yapılmış olan çalışmada, Endüstri 4.0 bilinci ve bu yeni kavramı işletmelerine uyarlama yeteneğinin büyük ölçüde işletme büyüklüğüne bağımlı olduğu ve her ne kadar birçok tedarik zincirinin önemli bir bölümünü oluştursalar da küçük işletmelerin bu devrimin mağdurları olma olasılığının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 'Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler' (KOBİ) için Endüstri 4.0 teknolojileri bir taraftan bir gereklilik olarak tanımlanmakta ancak diğer taraftan bu işletmeler Endüstri 4.0 için daha az hazırlıklı olduğundan endüstriyel gelişmelerde geride kalmaktadırlar (Sommer, 2015). Daha önce yapılan çalışmalarda da birçok KOBİ'nin Endüstri 4.0 kavramlarının uygulanması için hazır olmadığı ileri sürülmüştür (Orzes et al., 2018).

Dördüncü sanayi devriminin ilk aşamalarının yaşandığı ve çizilen Endüstri 4.0 çerçevesinin içerik bakımından zenginleştiği günümüzde, Türkiye özelinde çeşitli akademik çalışmalar yapılmıştır. Endüstri 4.0 ile ilgili Türkiye'deki öncül çalışmalar, kavramsal analizleri veya makro seviyede yapılan değerlendirmeleri içermektedir (Özsoylu, 2017; Kılıç & Alkan, 2018; Genç, 2018; Koca, 2018; Pamuk & Soysal, 2018; İlgün, 2020). Örgütsel analizler ile dördüncü sanayi devriminin yol açacağı değişimlerin değerlendirilmesi gerekliliği ise yol gösterici önerileri ile dikkat çekmektedir. Bu noktada Aytar'ın (2019) çalışması insan kaynakları vurgusunun yanına işletme fonksiyonlarını da ekleyerek yol göstermektedir. Devrime karşı kayıtsız kalınmayacağını altını çizen ve pratik alana yönelik girişimciliğin rolünü belirten Soylu (2018) ise mikro ve makro boyutta etkilerin yönünü üretim tesislerinin dönüşümüne dikkat çekerek açıklamaktadır. Endüstri 4.0 için gereken dönüşümün net bir şekilde KOBİ'ler olacağı ise pratik alana yönelik çalışmaların yolunu açabilecektir. Bu noktada Aytar (2019: 88) KOBİ'ler için Avrupa'da yapılan çalışmalara geniş yer vermekte ve maliyet analizleri ile değişim sürecinin detaylarını okuyucuya sunmaktadır. Dördüncü sanayi devriminin mottosu olarak söylenebilecek "sürdürülebilirlik" kavramının sağlanması yolunda, KOBİ'lerin Türkiye için belirli rol oynayacağı ve pratik alan çalışmalarının bu yönde ilerletilmesi tavsiyesi (Toker, 2018: 61-62) ise geleceğe yönelik kayda değer bir rehberlik görevini üstlenmektedir. Endüstri 4.0 kavramının KOBİ'ler için ampirik olarak değerlendirildiği çalışmalar ise sınırlıdır (Yıldırım, 2019: 244-245).

Bu çalışmanın motivasyonu, bu sınırlılık bağlamında oluşmuş ve KOBİ'lerin Endüstri 4.0 uygulamaları için farkındalık ve hazırlık durumlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışmanın sonraki bölümünde, yeni teknolojilerin benimsenmesi ile ilgili kuramsal çerçeve sunulmuş ve Endüstri 4.0 teknolojileri ile ilgili süreçlere ve detaylara yer verilmiştir. Çalışmanın amacı kapsamında gerçekleştirilen araştırma ile ilgili bilgiler ve elde edilen bulgular bir sonraki bölümde yer almaktadır. Çalışmanın sonuç bölümünde ise araştırma bulguları ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

## **2. Literatür Taraması**

### **2.1. Yeni Teknolojilerin Benimsenmesi: Kuramsal Çerçeve**

Sosyal bilimlerde örgütsel analiz, geçirdiği klasik ve neoklasik dönemlerde hızlı ilerlemeler kaydetmiştir. Yeni kavramların tanımlanması ve farklı araştırma alanlarının gelişmesinin ardından duraklama süreci başlamış ve elde edilen kazanımların bir arada değerlendirildiği bir kuram ihtiyacı doğmuştur. Koşul bağımlılık kuramı, bu ihtiyacı karşılamak amacı ile ortaya çıkmıştır. Kuram, kapsayıcı özellikleri ile akademik çalışmalarda ve saha araştırmalarında hızla yaygınlaşmış ve geniş kullanım alanı ile dikkat çekmiştir (Miner, 1984). Kuramın yaygınlaşmaya başladığı ilk dönemlerde, durumsallık yaklaşımından farklı olmadığını savunan görüşler paylaşılmıştır. Fakat koşul bağımlılık kuramının analizleri, örgütleri ve birbirleri ile olan ilişkilerini inceleme yönünde gelişirken, durumsallık yaklaşımının kapsamı yöneticiler için tavsiyeler içeren bir kılavuz olma ile sınırlı kalmıştır (Koontz, 1980: 179-180). Bu bağlamda kuram "tüm örgütler için genel geçer

tek bir doğru vardır" varsayımından uzaklaşmış, "en iyi" veya "alternatifsiz" yapıların olmadığını iddia etmiş ve koşullar sebebi ile değişimin kaçınılmaz olduğunu vurgulamıştır (Lawrence et al., 1967). Sadece koşullara uyum sağlamayı hedefleyen ve bu amaçla çevre ile olan ilişkilerini geliştiren örgütlerin faaliyetlerinde verimli olacağı belirtilmiştir (Pfeffer & Leblebici, 1973: 268-269). Kuramın örgüt yapısına yönelik analizlerinde, Burns ve Stalker'ın (1961) çalışması öncül kabul edilerek örgütsel hiyerarşi detaylandırılmış ve biçimsel özelliklere geniş yer verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kuramın temel çıkarımlarından birisi gelişmiş ve örgüt yapısını şekillendirmede koşulların belirleyici rolü netleştirilmiştir (Hambrick & Lei, 1985).

Koşul bağımlılık kuramında örgütün yapısını etkilediği genel olarak kabul edilen temel koşullar çevresel belirsizlik, teknoloji, örgütsel büyüklük ve örgütsel strateji olarak açıklanmıştır (Birkinshaw et al., 2002: 275). Kuramın teknoloji üzerine odaklandığı noktalarda, öncelikle mekanik ile organik örgütlerin ayrımı yapılmaktadır. Burns ve Stalker'ın (1961) bir kez daha öncülü olduğu aşamada mekanik örgütler sabit bir çevre içerisinde faaliyet gösteren ve alışılmış işlemleri tekrarlayan teknolojileri ile resmedilmiştir. Organik örgüt yapısı ise değişken bir örgütsel çevre ve değişken bir teknoloji ile ilişkilendirilmiştir. Farklılaşan teknolojinin örgütler için farklı talepler oluşturabileceği ve uygun yapı ile bu taleplerin karşılanabileceği ise kuramın temel varsayımlarından birisi olarak nitelendirilmiştir (Woodward, 1965). Teknoloji kavramı hakkında yapılan kabul gören tanımlamalardan birisi "tanımlanan ihtiyaçları karşılamak amacı ile geliştirilen çözümler dizisi" (Rabey, 1989: 168) şeklinde yapılmıştır. İhtiyaçların çok sayıda olabileceği ve farklılaşabileceğinin yanında çözümlerinde uyumlu olması gerekliliği bu noktada ön plana çıkmaktadır. Sistem kuramının egemen olduğu dönemde yapılan tanımlamalar ise örgütsel analizlerde yer almaya devam etmekte ve talepleri tanımlayan çevrenin belirsizliğine karşı uyumun önemi teknoloji konusunda yapılan araştırmaları şekillendirmiş bulunmaktadır (Saunders, 1981: 436-437).

Koşul bağımlılık kuramı özelinde yapılan teknoloji araştırmaları ise Thompson'ın (1967) sistem kuramını temel aldığı ve geliştirdiği çalışması etrafında şekillenmiştir. Çalışmada yer alan temel varsayım olarak, örgütlerin "rasyonelliğin standartlarına bağlı teknolojiler" olduğu, fakat çevrelerine bağımlı olduklarından dolayı arzu ettikleri rasyonelliğe hiçbir zaman ulaşamadıkları belirtilmiştir (Thompson, 1967: 19). Bu bağlamda yapılan teknoloji tanımı ise örgütün girdileri ile çıktıları arasında kullandığı yöntemleri ve yürüttüğü işlemleri bir bütün olarak görmektedir. Örgütün teknik çekirdeği olarak nitelenen bu bütün, teknolojiyi meydana getirmektedir (Thompson, 1967: 6). Kuramın endüstriyel seviyede faaliyet gösteren örgütler özelinde yer verdiği analizlerinde, teknoloji kavramının önemi ise yapılacak üretimde yer alacak hammadde kaynağının belirlenmesi, çıktı haline gelene kadar geçireceği olası işlemlerin tespiti, yine bu işlemlerin hayata geçirilmesinde gereken teknik becerilerin tanımlanabilmesi ve yeterliliklerinin sorgulanabilmesini sağlayan sistemin kurgulanması sürecinde ortaya çıkmaktadır (Smith, 1989). Bu sayede teknoloji, örgütün yapısına karakteristik özelliklerini verebilecek bir noktada konumlandırılmıştır. Çevresel belirsizliğe karşı hızlı hareket edebilme, örgütsel büyüklüğü optimum seviyede

belirleyebilme ve de gündelik ile geleceğe yönelik stratejileri geliştirebilme örgütün teknoloji ile elde edebileceği avantajları olmaktadır (Skipper et al., 2009).

Endüstriyel devrimlerin temelinde mevcut teknolojilerin hızlı ve verimli biçimde değiştirilme amacı vardır. Fakat yaşanan her devrimin sonunda, örgütlerin hayatta kalması için uyum sağlaması gereken mevcut teknolojiler radikal biçimde değişmekte ve bu durum toplumsal seviyede etkileri beraberinde getirmektedir (Berg & Hudson, 1992). Geçmişte yaşanan üç devrimin sırası ile inceleneceği ve her birinin diğerinin mirasını geliştirerek yürüdüğü yolda (Hoppit, 1990), yaşanmakta olan devrim ile çizilen Endüstri 4.0 çerçevesinin, teknoloji koşulunu ne yönde değiştireceğinin farkındalığının yakın gelecek için büyük önem taşıdığı söylenebilmektedir.

## 2.2. Dördüncü Sanayi Devrimi - Endüstri 4.0: Tanım ve Bileşenleri

Endüstri devrimleri, daha yüksek verimlilik oranları ve daha iyi ürün beklentisi nedeniyle işletmeler için her zaman ilgi çeken bir konu olmuştur. Bu nedenle "devrim" kavramı, sistemler için gerekli gelişmelerin hayata geçirilmesi anlamını taşımaktadır. Ancak bu tür devrimler, sadece üretim sistemleri için ortaya çıkan teknolojilerden ibaret değildir; teknolojik değişimler ülkelerin kaderini etkileyecek seviyede yaşanabilmektedir ve endüstriyel devrim dönemlerinin temel özellikleri sosyal yapılar için aynı anda hem kazançları hem de kayıpları getirebilmektedir.

Endüstriyel devrimlerin hikayesi, XVIII. yüzyılda İngiliz İmparatorluğunda ilk endüstriyel devrim olan buhar gücünün ortaya çıkması ile başlamıştır. Küçük atölyeler büyük fabrikalara dönüşmüş, üretim için artan rekabet daha fazla işgücü talebi yaratmış ve bunun sonucu olarak yeni gelişen üretim sistemlerine kadınlar da dahil olmuştur. Artan seri üretim kapasite değerleri ile, bölgesel ve küresel rekabet yanında erkek egemen toplum yapıları da sorgulanmaya başlamıştır. Toplumun yeni "orta sınıfı" böylece güneşin batmadığı imparatorlukta tarihe ilk adımlarını atmıştır (Macpherson, 1962). İkinci devrimin başlangıç yılı ise genellikle 1867 olarak kabul edilmektedir. İlk devrim sonrasında artık bilim ve teknoloji gelecek için belirleyici unsurlar olarak nitelenmektedir. Daha iyi yaşam standartlarını elde edebilmek için toplumda bu kavramlara odaklanılmıştır (Hughes, 2004). Bundan dolayı, bilim ve üretim sistemlerinin uyumlu hale gelmesi, mühendisliğin norm ve kuralları sayesinde yakalanmaktadır; özellikle Taylor'un fikirleri standardizasyon kavramını ortaya çıkarmıştır. Gelişen teknolojilerin karmaşıklaşması, üretim yöntemleri ve altyapıların ölçeği giderek artmıştır (Blake & Moseley, 2011). Seri üretim ve telefon ikinci devrimin sembolleri olarak öne çıkmaktadır. Fakat üçüncü devrime geçiş politik sebeplerle gecikecektir.

Üçüncü devrim dönemi ise II. Dünya Savaşı sonrası döneme karşılık gelmektedir. Savaş bitmesine rağmen, dünyadaki devletlerin kutuplaşması, yeni teknolojileri meydana getirmiş ve bilginin gücünü artırmıştır. Uzay yarışı ve nükleer güç oluşturma gibi Soğuk Savaş döneminin ürünleri, hızlı gelişmelerin sembolleri haline dönüşmüştür. Üçüncü devrim, toplumları ilk iki devrime göre daha fazla ve daha derinden etkilemiştir. Bilgisayarların yeni

bilgi ortaya çıkarma hızları ile beraber işyeri kültürlerindeki güvenlik açığı dikkat çekmeye başlamakta, sosyal değerlerin sorgulanışı ise hızla artmaktadır (Russell, 2009: 668-669). Hiç bitmeyen yapay zekâ, otomasyon ve küreselleşme ile ilgili sonu gelmeyen tartışmalar, bu devrimden kalan temel miraslar olarak öne çıkmaktadır.

Son yıllarda ise, dördüncü devrim şekillenmektedir. Bu devrimin ilk kıvılcımı 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkmıştır. Temel amaç olarak otomasyon teknolojilerinin seri üretim sistemlerine entegrasyonu olarak açıklanmasına rağmen sürekli gelişim ile beraber "Endüstri 4.0" ana çerçevesine ulaşılmaktadır. Yeni devrimin temel farkının "sürdürülebilirlik" olduğu ön plana çıkarılmaktadır (McKinsey, 2016). Endüstri 4.0 için temel teknik altyapı, internet teknolojilerinin başlangıcı ile oluşmuştur (Drath & Horch, 2014: 57). Bir milyardan fazla insanın, internet bağlantısı olan kişisel bilgisayar, tablet ve akıllı telefon kullandığı tahmin edilmektedir. Gelecekte ise, basit veya karmaşık sensörler ve mikro-bilgisayarlar gibi küçük cihazlar ile, ek bir güç ihtiyacı olmaksızın çalışma ve kablosuz standartlar kullanarak internete bağlanma, olanaklı hale gelecektir (Lee & Lee, 2015: 431). İnternet ve yüksek-hız bağlantılı mobil teknolojileri birleştiren bu tür dijitalleşmeden temel beklentiler ışığında iş modellerinin ve örgütlerin temelden etkileneceği açıklanmaktadır (Zoroja, 2015: 2).

Üretimde verimlilik artışı ile sektörlerin büyümesine imkân tanıyan bu gelişmeler sonucunda, daha hızlı, daha az kusurlu, daha yüksek kalitede ve daha düşük maliyetli üretim yapısı oluşturulabilecektir. Üstelik, yeni jenerasyon üretim teknolojileri, üretimde esnekliğe yol açarak dördüncü endüstri devriminin başlangıcına öncülük yapmıştır. İhtiyaçları daha hızlı ve verimli bir şekilde karşılanmasına olanak sağlayan bu dijital teknolojilerin yardımı ile, ürün ve hizmetler daha fazla kişiselleştirilmiş hale gelmektedir (Buhr, 2017: 5). Bu devrim kapsamında, kişiselleştirilmiş ürünlerin özel bir yeri mevcuttur. Çünkü yeni gelişen önceliklerde kullanıcıların geçmiş satın alma davranışlarını içeren büyük veri teknolojisinin geleceğe yönelik isabetli tahminler yapması beklenmektedir. Bu sayede yeni pazar fırsatlarının ortaya çıkacağı, sürekli inovasyon ile beraber bilgiye dayalı üretimin gelişeceği ve sonuç olarak hem üreticilerin hem de tüketicilerin kazanacağı bir sistemin yaratılabileceği sıklıkla dile getirilmektedir (O'Halloran & Kyochko, 2015).

Endüstri 4.0 için çizilen çerçevenin kapsamı sadece mekanik veya teknolojik iletişimden ibaret görülmemektedir. Genetikten bilişim teknolojileri alanına kadar, birçok bilimsel alan da Endüstri 4.0 teknolojilerinden etkilenmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile beraber etkileşimler artacak ve yeni sistemler birbirlerini önce aktive edecek arkasından da birbirine bağlanabilecektir. Gelişen ve genişleyen yeni alanların koordinasyonu ise dördüncü sanayi devriminin temel farkı olarak açıklanmakta ve dijital sürdürülebilirlik ile akıllı sistemler veya akıllı şehirler gibi sembolleri meydana getireceği söylenmektedir (Roblek et al., 2016: 4). Bu devrimin potansiyel hususlarının, müşteri ihtiyaçlarının bireysel olarak karşılanması, teknolojik sistemlerde esnekliğin sağlanması, karar verme sürecinin optimize edilmesi, kaynak dağılımının verimliliğinin geliştirilmesi, yeni hizmetler ile değer fırsatları oluşturulması, işyerinde demografik değişimlerin kontrol edilebilmesi ve iş yaşam dengesinin sağlanması, olarak tanımlanmaktadır (Kagermann et al., 2013: 15-16). Endüstri

4.0 özelinde etkilenecek potansiyel alanlarda kendine geniş yer bulan analizleri içermektedir. Yapılan detaylandırmalarda hizmetler, çok ölçekli iş modelleri özelinde güvenilirlik ve verimlilik, bilgi teknolojileri ve teknolojik ekipmanlarına ait güvenlik, yeni geliştirilen ürünlerin yaşam döngüsü, çalışanlara verilecek eğitim programları, çalışanların kazanması gereken temel beceriler ve olası sosyoekonomik değişimler temel tartışma konularıdır. İnsan kaynaklarının gelişimi ve temel becerilerin ne olacağı ise belirleyici unsurlar olarak nitelendirilmektedir (Bonekamp & Sure, 2015: 33).

Endüstri 4.0 bileşenleri, hız, genişlik ve derinlik olmak üzere, üç sisteme ayrılabilir. Bu sistemlerin kullanımı ile endüstriyel gelişimler hızlıca ilerlemektedir. Bu gelişimler, bireysel, iş yaşamı ve toplum alanında kapsamlı değişimlere neden olmaktadır. Nitekim, günümüzde modern otomasyonun hâkimi olan programlama paradigmasının da tahtı sallanmaktadır. Günümüzün modern otomasyon sistem mühendisliğine, halen programlama paradigması yön vermektedir; bu durum yakın gelecekte yüksek oranda esnek ve verimli otomasyon sistemlerinin oluşumuna yol açacaktır. Ancak, Endüstri 4.0 kabulü belirli bazı koşullara aittir; bunlar yatırımların korunması, istikrar, veri gizliliği ve siber güvenlidir (Drath & Horch, 2014: 56). Bunun sonucunda, küreselleşmiş pazarda rekabet avantajı elde edilmesi, yetenekli olmayan işgücüne bağımlılığının azaltılması, pazar için hızlı ve hatasız ürünlerin üretilmesi, esnekliğin artırılması ile maliyetlerin azaltılması, Endüstri 4.0 için temel başlangıç noktaları olarak değerlendirilmektedir. Beklentileri daha keskin hale getiren gelişmeler ise kaynakların hızla tükenmesi, gezegenin genelinde yaşanabilirlik seviyesinin düşmesi ve de toplumların değişime olan ilgisinin artması olarak gösterilmektedir. Bu sebeple son devrimin mottosu "sürdürülebilirlik" olarak belirlenmiştir (Koska et al., 2017).

Dördüncü Sanayi Devrimi kapsamında hedeflere ulaşmak için temel gerekliliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilişim ağının ve iletişim sistemlerinin iyileştirilmesinin, bu noktada önemli bir rolü vardır. Endüstri 4.0 tek bir yeni teknoloji etrafında gelişmemiştir. Siber-fiziksel sistemler (cyber-physical system, CPS), nesnelerin interneti (Internet of things, IoT), hizmetlerin interneti (IoS) ve akıllı fabrika, Endüstri 4.0 için temel gereklilikler olarak belirlenmiştir (Hermann et al., 2016: 8). Endüstri 4.0 kavramının önemli bir parçası olan siber fiziksel sistem temelde ekstra akıllı ve koşullara uyum sağlayabilen özelliklere sahip yazılımlar ile makinelerin kontrol edilmesi anlamına gelmektedir. Devrimin öncül aktörlerinden olan Amerikan Ulusal Bilim Vakfı, bu kavramı izleme, koordinasyon ve kontrol gibi üretim süreçlerinde temel ilkeleri ile bilgi işlem ve iletişim teknolojilerinin kombinasyonu tarafından yönetilen sistemler olarak tanımlamaktadır. Bahsedilen kombinasyonun ön plana çıkarılan özelliği ise standart makinelerin siber teknoloji ile daha akıllı hale getirilmesidir. Bu bağlamda değerlendirilen süreç sonunda siber fiziksel sistemler meydana getirilmektedir (Colombo et al., 2017: 3). Siber-fiziksel sistemlerde, önceden programlanmış sistemler, kurulu üretim faktörlerinde gömülü yazılımlar ve sensörler ile, makineden makineye (M2M) iletişimin sağlanması ile herhangi bir müdahale olmadan işletilebilmektedir. Böylece, genel bir çerçevede, sistemin tüm süreci herhangi bir müdahale veya ek işgücü olmadan otomatik işlemektedir. Bu süreçte, öncelikle otomasyon etkindir; robotlarda dahil olmak üzere birçok makine üretim sürecine dahildir. Günümüzde, otomotiv

sektöründe öğrenen robotların ve araçların bazı üretim süreçlerine halihazırda dahil oldukları bilinmektedir (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

Bir diğer temel Endüstri 4.0 teknolojisi ise, nesnelerin interneti olarak tanımlanmaktadır. İnternet ilk kullanımından itibaren, günümüzde insanları aralarındaki mesafeden bağımsız olarak birbirleri ile iletişim kurmasını sağlayan temel teknoloji olarak nitelenebilmektedir. Bununla birlikte, küreselleşmenin temel unsuru olan İnternet, mevcut pazarların yapısını ve işletme stratejilerini değiştirmiştir. Mevcut durumda nesnelerin boyutuna taşınan bu iletişim türünün, pazarın yapısını ve işletmelerin üretim ve pazarlama stratejilerini etkilemesi, açıktır (Roblek et al., 2016). Nesnelerin interneti, bu teknolojik devrim üzerinde gelişmektedir ve birbiri ile iletişimde olan fiziksel araçlar arasında ağ iletişimi ile bu nesnelerin uzaktan kontrolü anlamına gelmektedir (Gubbi et al., 2013). Bu sistem, makineler arası iletişimin hızlıca gelişimini mümkün kılmaktadır (Roblek et al., 2016). Oracle ve IBM, bu gelişimlerin öncüleridir. Diğer taraftan, hizmet sektörü günden günde daha fazla müşteriye ulaşması sayesinde hızla büyüyen bir sektör haline gelmiştir. Bu sektörün hızlı büyümesi nedeniyle, yeni hizmet biçimlerinin geliştirilmesi ve hizmetlerin farklılaştırılması ihtiyacı artmıştır. Böylece, bu hizmetler bilişim teknolojileri ile entegre edilmiş ve internet üzerinden yönetilmesine ilgi duyulmaya başlanmıştır. Bu yeni ve detaylı hizmetler, hizmetlerin interneti olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede basit internet servisleri, müşterilerin taleplerine göre internet üzerinden erişebilecekleri hizmetleri sağlayan birer web tabanlı yazılım bileşenlerine dönüşmektedir (Bartodziej, 2017: 54). Hizmetlerin interneti, aynı zamanda, müşteriler için sağlık, iletişim ve bankacılık hizmetlerinin evrensel olarak sunumu ve satışı için interneti kullanan altyapı olarak tanımlanmaktadır; ve hizmet sağlayıcılar tarafından müşterilerine detaylı hizmetleri kapsayan işletme ağında aktif rol oynayabilecekleri imkanlar sunulabilecektir; araştırma, geliştirme, tasarım, üretim, pazarlama, satış ve dağıtım gibi örgütsel işlevlerin internet üzerinden kesintisiz bir şekilde sürdürülebilir kılınması sağlanabilecektir. Bu işletme ağına göre, işletmeler, araçlar, toptancılar ve tedarikçiler gibi işletmeler, işbirliği içinde müşterilere hizmet sunmakta ve kolaylıkla daha yüksek değer yaratabilmektedir (Cardoso et al., 2008).

Her endüstriyel devrim, fabrikaların üretim süreçlerini değiştirmiş ve otomasyonun başlangıcı ile üretimdeki insan faktörünün rolü de değişmiştir. Ekonomik anlamda büyüme ve istihdamın artması, Endüstri 4.0 devriminin temel amaçları arasındadır. Üretimde yeni iş süreçlerinin oluşması ve gerekli işgücü profiline göre teknolojiye ayak uydurması beklenmektedir. Akıllı fabrikaların gelişimi ve gelişmiş teknolojik otomasyon sistemleri ile, kalifiye olmayan işgücü ihtiyacının azalması öngörülmektedir. Yeni siparişlerin üretimde yaşadığı hata paylarını daha da azaltması ve aynı anda üretim sürecinin hızlandırılması temel hedefler olmaktadır. İdeal olan ise üretim maliyetlerinin büyük oranda azaltılması olarak belirlenmektedir (Pratt, 2015). Akıllı fabrikaların oluşturulmasında temel araçlar, otomasyon sistemleridir. Makineler arası iletişimin temin edilmesi ile üretim sistemlerinde koordinasyon sağlanması, sürecin kesintisiz ve beklenen zamanda olmasını sağlayacak faktör olarak açıklanmaktadır. Bunun yapılabilmesi için, herhangi bir sorun olmadan nesnelerin interneti sisteminin sorunsuz bir biçimde uygulanması ve makineler arası iletişimin yazılım ve sensörler ile desteklenmesi gereklidir (Tuominen, 2016). Siber-fiziksel

sistemlerin bu süreçte önemli bir rolü vardır. Akıllı fabrikaların sağladığı faydaların arasında, bireylerin kendi ürünlerini sipariş etmelerini veya ürünün prototip aşaması öncesinde veya son hali verilmeden hemen önce kendi tasarımlarını oluşturmalarını, sağlayan kütle özelleştirmesini kapsamaktadır. Akıllı fabrikaların bir diğer önemli özelliği olarak esneklik gösterilmektedir. Makineler arası iletişimin oluşturulması ve siber-fiziksel sistemler ile, üretim süreçlerine esneklik dahil edilebilecek ve süreç içerisinde değişiklikler daha kolay yapılabilecektir. Bununla birlikte, akıllı fabrikalar kapsamındaki sistemlerin büyük veri analizlerini uygun bir şekilde yapabilmesi ve uygulayabilmesinin büyük bir önemi bulunmaktadır. Ayrıca, bu sistemin faydaları sadece fabrika içinde kalmayacak, aynı zamanda tedarik zinciri ağının da bu durumlar ile daha fazla üretebilecek kapasiteye sahip olmasına yardımcı olacaktır (Shrouf et al., 2014).

### 3. Araştırma Yöntemi

Literatürde, KOBİ'lerin Endüstri 4.0 teknolojilerine uyum sağlaması sürecinde yapması gerekenler ile ilgili kavramsal çalışmalar yer almakla birlikte, KOBİ'lerin bu teknolojilere yönelik farkındalık ve hazır olma seviyelerine yönelik araştırmalar sınırlıdır. Bu çerçevede, bu çalışmanın amacı KOBİ yöneticilerinin Endüstri 4.0 teknolojileri ile ilgili farkındalıklarının, hazır olma seviyelerinin ve Endüstri 4.0 teknolojileri kullanım seviyelerinin belirlenmesidir. Bunun yanı sıra, farklı üretim tarzlarına sahip KOBİ'lerin yöneticileri arasında Endüstri 4.0 teknolojileri farkındalık ve hazırlık seviyeleri arasında farklılıkların belirlenmesi de çalışmanın diğer bir amacıdır. Bu kapsamda, KOBİ'lerin üretim sistemleri, üretim süreçleri temel alınarak (Mleczo & Bobinski, 2017), seri üretim, parti üretimi ve siparişe özel üretim olmak üzere üçe ayrılmıştır. Seri üretimin temel amacı, üretim tesisi içerisindeki makine veya özel ekipman gibi imkanların tamamı ile belirli özelliklere sahip ürünleri üretmek için kullanılmasıdır. Bu sistemde üretim kesintisiz devam eder. Parti üretim teknik açıdan seri üretimle benzerlikler taşımaktadır. Fakat ürün talebi seri üretime göre daha azdır. Ürünler belirli bir zaman aralığında ve belirli bir sayıda üretilir. Siparişe göre üretim sisteminde üretilen ürünlerin özellikleri müşterilerin talepleri doğrultusunda değişkenlik gösterir. Seri ve parti üretimden bu bağlamda ayrılan sistemde, ürün kalitesi daha yüksek ve üretim sayısı genelde talebi karşılayacak kadardır.

Bu çalışma, nitel araştırma deseni çerçevesinde fenomenolojik yaklaşım ile yürütülmüştür. Fenomolojik yaklaşım, olguların anlamlarının ortaya çıkarılması ve katılımcıların bir duruma ilişkin algısını ortaya çıkarmak için bir konunun derinlemesine anlaşılması ve incelenmesi amacıyla yapılır (Sığırı, 2018). Bu çalışmanın hedef grubunu, farklı ölçeklerde ve farklı alanlarda faaliyet gösteren KOBİ yöneticileri oluşturmaktadır. Bu çerçevede, araştırma kapsamında kolayda örneklem yöntemi ile 44 KOBİ yöneticisi ile hazırlanan 10 soru çerçevesinde Kasım-Aralık 2021 döneminde yarı-yapılandırılmış mülakatlar gerçekleştirilmiştir; araştırma katılımcıları ile yüz-yüze yürütülen mülakatlardan elde edilen veriler, nitel araştırma yazılımlarından NVivo 12 programı kullanılarak, Endüstri 4.0 ile ilgili kavramlar kapsamında, içerik analizi ile değerlendirilmiştir.

İçerik analizi sürecinde fenomenolojik yaklaşımın ilkeleri dikkate alınmıştır. Kurumsal öneriler getirmekten kaçınılmış, olayların bütüncül şekilde anlaşılması ve yorumlanabilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın soruları yöneticilere ait fikirlerin detayları ile öğrenilebileceği şekilde tasarlanmıştır. Verilerin analizi sürecinde, görüşmeleri yüz yüze gerçekleştiren yazarların deneyimleri temel alınmıştır. Bu bağlamda ilk olarak yazarlar birbirlerinden bağımsız şekilde kodlamalarını yapmışlar ve belirli anlamlar içeren kodlar oluşturmuşlardır. Kodlama sürecinde veriyi olabildiğince fazla temsil eden anlamlı parçalara ulaşılması hedeflenmiştir. Sonraki aşamada kodlar bir arada değerlendirilmiş ve tümevarımcı yaklaşım benimsenmiştir. Bu sayede, Endüstri 4.0 kavramına ait karakteristik özelliklere yoğunlaşmış ve kodlar gruplandırılarak bütüncül açıklamalar getirecek temalar belirlenmiştir. Tanımlanan temalara odaklanılarak yapılan tekrar okumalar sonucunda alt-temalara ulaşılmıştır. Analiz sürecinde ayrıca, Endüstri 4.0 ile ilgili çalışmaları olan bir akademisyenden ve çalıştığı büyük ölçekli firmadaki görevi Endüstri 4.0 kapsamındaki faaliyetleri içeren üst düzey bir yöneticiden uzman görüşleri alınmıştır. Uzman görüşleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler ile kodlamalar, temalar ve alt-temalar arasında kurulan ilişkilerin tutarlılığına yönelik gelişmeler sağlanmıştır. İçerik analizi ile tanımlanan temalar, Endüstri 4.0 farkındalığı, Endüstri 4.0 hazır olma durumu ve Endüstri 4.0 gereklilikleri ile ilgili mevcut durum ile ilgilidir. İçerik analizi sürecine ait kodlama örnekleri, tanımlanan temalar ve ulaşılan alt-temalar Tablo 1’de yer almaktadır. Ana temalar kapsamındaki alt temalar ile ilgili bulgulara bir sonraki bölümde yer verilmektedir.

**Tablo: 1**  
**İçerik Analizi sürecine ait Kodlama Örnekleri, Ana Temalar ve Alt-temalar**

Kodlama Örnekleri	Ana Temalar	Alt-temalar
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tanım</li><li>• Temel Bileşenler</li></ul>	<i>Endüstri 4.0 Farkındalığı</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Endüstri 4.0 Eğitimi</li><li>• Kavramın Öğrenildiği Kaynak</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kısa, Orta ve Uzun Vadeli Hedefler</li><li>• İlgili Departmanlar</li><li>• Gündelik Faaliyetler</li></ul>	<i>Endüstri 4.0 için Hazır Olma Durumu</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• İşletmelerin Planlarında Endüstri 4.0'a Yer Verilmesi</li><li>• İşletmelerin Sahip Olduğu Teknolojik Ekipmanlar</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tam Otomasyon</li><li>• Müşteriye Özel Üretim</li><li>• Tesis Alt Yapısı</li></ul>	<i>Endüstri 4.0 Gereklilikleri ile İlgili Mevcut Durum</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nesnelerin İnterneti</li><li>• Nesnelerin Hizmetleri</li><li>• Siber-Fiziksel Sistemler</li><li>• Akıllı Fabrika</li></ul>

Örnekleme kapsamındaki KOBİ yöneticilerinin çoğunluğunu üretimden sorumlu yöneticiler (n=26; %59) oluşturmaktadır; işletmelerin üst-kademe yöneticileri (n=10; %23) ve işletme sahipleri (n=8; %18), diğer katılımcılardır. Bunun yanı sıra katılımcıların büyük çoğunluğu erkektir (n=39; %89), kadın katılımcıların oranı sadece %11’dir (n=5). Araştırmanın örneklemini oluşturan katılımcılar farklı faaliyet alanları ve ölçekleri olan Ankara’da faaliyet gösteren 44 KOBİ’yi temsil etmektedir. KOBİ sınıflandırmalarında gerekli olan kriterler ‘net satış hasılatı veya mali bilanço limiti’ ile ‘çalışan sayısı’dır. Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkındaki Yönetmelik’te yapılan değişiklikle 18.03.2022 tarihinde yürürlüğe girmiştir; bu yönetmelik ile KOBİ tanımında kullanılan kriterler güncellenmiştir (T.C Resmî Gazete, 18 Mart 2022 Sayı: 31782). Yönetmeliğe göre 250 kişiden az çalışan istihdam eden, yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri 250 milyon lirayı aşmayan işletmeler KOBİ olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, 10 kişiden az çalışanı ve 5 milyon lira yıllık net satış hasılatı veya

mali bilançooya sahip olan işletmeler, *mikro işletme*; 50 kişiden az çalışanı ve 50 milyon lira yıllık net satış hasılatı veya mali bilançooya sahip olan işletmeler, *küçük işletme*; 250'den az çalışanı ve 250 milyon lira yıllık net satış hasılatı veya mali bilançooya sahip olan işletmeler ise *orta büyüklükte işletme* olarak sınıflandırılmaktadır. Araştırma örnekleminde yer alan işletmelerin net satış hasılatı veya mali bilançoları paylaşılmadığından, örneklem kapsamında işletmeler çalışan sayısı kriterine göre, mikro, küçük ve orta ölçekli işletmeler olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 2). Tablo 2 de gösterildiği üzere, araştırmanın örnekleminde yer alan 44 KOBİ'nin çoğunluğu küçük ölçekli işletmelerdir (n=24, %55); örneklemin %20'sini mikro ölçekli işletmeler (n=9), %25'ini ise orta ölçekli işletmeler (n=11) oluşturmaktadır. Bununla birlikte, örnekleminde yer alan işletmelerin üretim türleri arasında dağılımları birbirine yakındır; parti-üretimi yapan işletmelerin (n=15; %34) çoğunluğu küçük ölçekli işletmelerdir (n=12), az sayıda (n=3) orta ölçekli işletmede parti üretimi yapılmakla birlikte, örnekleminde parti üretimi yapan mikro-ölçekli işletme bulunmamaktadır. Örnekleminde, parti üretimi yapan işletmeler ile aynı sayıda (n=15; %34) seri üretim yapan mikro (n=5), küçük (n=6) ve ortak ölçekli (n=4) işletmeler yer almaktadır. Siparişe özel üretim yapan işletmeler (n=14; %32) de, mikro (n=4), küçük (n=6) ve ortak ölçekli (n=4) olmak üzere farklı ölçeklerde KOBİ'lerden oluşmaktadır.

**Tablo 2**  
**Örnekleminde Yer Alan KOBİ'ler ile ilgili Bilgiler**

Ölçek	Üretim Türü	İşletme Sayısı	
Mikro-ölçekli	Siparişe Özel Üretim	4	9
	Parti Üretimi	-	
	Seri Üretim	5	
Küçük-ölçekli	Siparişe Özel Üretim	6	24
	Parti Üretimi	12	
	Seri Üretim	6	
Orta-ölçekli	Siparişe Özel Üretim	4	11
	Parti Üretimi	3	
	Seri Üretim	4	

#### 4. Araştırma Bulguları

İçerik analizi ile ortaya çıkan ilk tema işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalık seviyeleri ile ilgilidir. Bu kapsamda, farkındalığı olmayan, düşük farkındalık, yüksek farkındalık olmak üzere işletmeler üç kategoride sınıflandırılmıştır. Üç işletme sınıflandırmaları arasında mikro, küçük ve orta ölçekli işletmeler yer almaktadır. Yapılan analiz neticesinde, örnekleminde yer alan işletme yöneticilerinin çoğunluğunun Endüstri 4.0 farkındalık seviyelerinin düşük seviyede olduğu (n=17; %39), ayrıca bazı işletmelerin yöneticilerinin (n=12; %27) ise Endüstri 4.0 ile diğer kavramlar arasında kavram karışıklığına sahip olmaları nedeniyle, farkındalık seviyelerinin olmadığı değerlendirilmiştir. Endüstri 4.0 ile ilgili düşük farkındalık seviyesi olan işletme yöneticilerinin çoğunluğu tarafından, Endüstri 4.0 gerekliliklerinin otomasyon olarak değerlendirildiği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, bu kategoride yer alan işletmelerin yöneticilerinin bilgi karmaşası yaşadığı; işletmelerin Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 standartlarında oldukları düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, farkındalığı olmayan işletmeler kategorisinde sınıflandırılan az sayıda işletme yöneticisi (n=4; %9) Endüstri 4.0 ve gerekliliklerini bilmediklerini belirtmiş; bu kategoride

sınıflandırılan diğer işletmelerin (n=8; %18) yöneticileri ise kavramı çok farklı anlamlarda (*yerli üretim, kaliteli üretim, hızlı üretim, ISO standartlarında üretim vb.*) tanımlamışlardır.

Diğer taraftan, örnekleme yer alan 15 (%34) işletmenin yöneticisinin Endüstri 4.0 ile ilgili farkındalık seviyelerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu noktada dikkat çeken bulgulardan biri, siparişe özel üretim yapan mikro ölçekli işletmelerin farkındalık seviyelerinin diğer işletmelere göre daha yüksek olması ve Endüstri 4.0 için gerekli olan hazırlıkların işletmelerde tamamlanmış olmasıdır. Endüstri 4.0 farkındalığı yüksek olan yöneticilerin çoğunluğunun işletmelerinde siparişe özel üretim yapıldığı belirlenmiştir. Bu kategoride yer alan işletmelerin yöneticilerinin çoğunluğunun, Endüstri 4.0 ile ilgili en çok tanımladığı kavramlar, "makeden makineye iletişim" (M2M), "neselerin interneti" (IoT), "hizmetlerin interneti" (IoS) olarak ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 farkındalığı yüksek olan siparişe özel üretim yapan işletme yöneticilerinin bazılarının Endüstri 4.0 ile ilgili tanımlarına yönelik detaylara, aşağıdaki Tablo 3 de yer verilmiştir.

**Tablo: 3**  
**KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Tanımları**

Ölçek	Endüstri 4.0 Tanımı
Mikro	"En basit hali ile karar verme haricinde her faaliyetin makineye devridir" (KOBİ-4)
Mikro	"İnsanın insandan öteye geçmiş insanımsı makineler ile beraber iş yapması olarak tanımlanabilir" (KOBİ-25)
Küçük	"Endüstri 4.0 insanların artan talepleri için insanların devre dışı kaldığı üretim süreci olarak nitelenebilir. İnsan yerine ne geçer? Makine" (KOBİ-33)
Küçük	"Endüstri 4.0 üretimin olduğu her yerde makinelerin insandan bayağı devralmasıdır" (KOBİ-36)
Küçük	"Endüstri 4.0 kavramı makinelerin devrimi olarak nitelendirilebilir" (KOBİ-39)
Orta	"Endüstri 4.0 önce üretimi sonra hayatı etkileyecek devrimin adıdır. Basit hali ile robotlar etken insanlar edilgen olacaktır" (KOBİ-17)
Orta	"Endüstri 4.0 temelinde 'uz zamanda çok üretim' olarak tanımlanabilir; fakat zamanı azaltmada üretimi çoğaltmada makineler olacaktır" (KOBİ-38)

İşletmelerin farkındalık seviyeleri ile ilgili temanın alt-temalarından biri, Endüstri 4.0 eğitimi ile ilgilidir. Örneklem kapsamında yer alan işletmelerin yöneticilerinin çoğunluğu Endüstri 4.0 ile ilgili herhangi bir eğitime katılmadıklarını belirtmişlerdir; sadece az sayıda yönetici (n=9; %20) bazı eğitimlere katıldıklarını, bu eğitimlerin kapsamlı bir Endüstri 4.0 eğitimi olmadığını, eğitimlerin Endüstri 4.0 kapsamındaki teknolojiler veya yazılım geliştirme hakkında olduğunu bildirmiştir. İşletmelerin farkındalık seviyeleri ile ilgili temanın bir diğer alt-teması ise, Endüstri 4.0 kavramının nereden öğrenildiği ile ilgilidir. Analiz sonuçlarına göre, işletme yöneticileri Almanya firmaları ile tedarik işleri bulunması nedeniyle Alman menşeli firmalar veya Almanya ziyaretlerinden (n=8; %18), internet kaynaklı raporlardan (n=6; %14), iş örgütleri ve fuarlardan (n=6; %14), işbirliği içinde bulunan diğer firmalardan (n=5; %11), arkadaşlarından (n=4; %9), veya mühendislik eğitimleri nedeniyle (n=7; %16), Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir.

Analiz sonucunda ortaya çıkan ikinci ana tema, işletmelerin Endüstri 4.0 için hazır olma durumu ile ilgilidir. Bu tema kapsamında, işletmelerin planlarında Endüstri 4.0'a yer verilmesi ve işletmelerin sahip olduğu teknolojik ekipmanlar olmak üzere iki alt-tema belirlenmiştir. Örneklem kapsamındaki işletmelerin dörtte üçünün (n=33; %75), kısa, orta ve uzun vadeli planlarında Endüstri 4.0 gerekliliklerine yer vermediği, katılımcılar

tarafından belirtilmiştir. Endüstri 4.0 farkındalığı ile ilgili tema kapsamında, yüksek farkındalığa sahip olarak sınıflandırılan az sayıda işletmenin (n=5; 11%) ise, Endüstri 4.0 ile ilgili planlarının mevcut olduğu ancak bu planların orta ile uzun vade için olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, araştırma örnekleminin %14'ünü oluşturan (n=6) işletmelerin yöneticileri, "bir plan oluşturmaktansa, dünyada, ülkemizde ve sektörlerindeki gelişmeleri takip ederek işletmelerine yön vermeyi" düşündüklerini belirtmişlerdir. KOBİ-5 yöneticisinin "Dünya'da standartlar oluşmadan planlarımıza bunu dahil edemeyiz" ifadesi ile KOBİ-11 yöneticisinin "Bizim planlarımız biraz da iş yaptığımız firmalara bağlı şekilde gelişiyor" ifadesi, bu duruma örnek teşkil etmektedir. Bununla birlikte, örneklem kapsamındaki işletmelerin tamamında internet erişimi mevcut ve üretim sürecinde yer alan işlemlerde makineler kullanılmakta iken, sınırlı sayıdaki işletmelerin üretim hatlarında robot teknolojisi (n=5; %11) ve kurumsal kaynak planlaması (n=8; %18) mevcuttur. Ayrıca, işletmelerin çoğunluğunda çalışanların üretim sürecini yönlendiren ve kontrol eden konumda bulunduğu belirtilmiştir. Bu bulgular neticesinde, işletmelerin çoğunluğunun Endüstri 4.0 için planlarının olmaması ve teknolojik altyapılarının da yeterli olmaması sebebiyle, Endüstri 4.0 için hazır olmadıkları ancak Schuh vd. (2020) tarafından sınıflandırılan Endüstri 4.0 öncülü olan "dijitalleşme" aşamasında oldukları değerlendirilmiştir. Bununla ilgili olarak bazı KOBİ yöneticilerinin değerlendirmeleri aşağıda sunulmuştur:

*"Robotlar birbirine değil ama ana bir programa bağlı. Ne kadar üretildi, ne yapıldı, hangi aşamada etkileşimle ilerliyor. Bir aşama bitmeden diğerine geçiş olmuyor"* (KOBİ-16)

*"İnsanın dahil olmadığı üretim işlemlerimiz var. İşleyen makineye / robota insan giriş yapıyor. Robot işini yapıyor. Hat sonunda gene insan teslim alıyor. Makineler çalışıyor, insanlar takipte kalıyor"* (KOBİ-14)

*"Ekibimizi bir arada çalışmasını sağlayabilecek bağlantılı sistemlerimiz var"* (KOBİ-25)

*"Elektronik çiplerin işlendiği aşamada kısa bir sürede olsa algoritmaya bağlı çalışan makinelerimiz var fakat 4.0 tavanı seviyesinde değil. Algılamaktan çok denileni sıralı olarak yapıyorlar"* (KOBİ-38)

*"Üretimde çalışan arkadaşlar planlara göre işleyişi başlatırlar ve kontrol ederler. Gerisi makinelerin ve ekranların işidir"* (KOBİ-43)

Araştırma kapsamında belirlenen son tema Endüstri 4.0 gereklilikleri ile ilgili mevcut durum ile ilgilidir ve nesnelerin interneti, nesnelerin hizmetleri, siber-fiziksel sistemler ile akıllı fabrika, alt-temaları oluşturmaktadır. Nesnelerin interneti ile ilgili olarak, yüksek farkındalığa sahip az sayıda (n=7; %16) işletme yöneticisi, işletmelerinde bu teknolojilerin sınırlı seviyede kullanıldığını belirtmişlerdir. Nesnelerin internetinin uygulandığı bu işletmeler, siparişe özel üretim yapmaktadır ve mikro veya küçük ölçeklidir. İşletmelerin yöneticilerine göre, bu uygulamaların kullanımının yaygın olmamasının en önemli nedeninin, işletmelerin finansal koşulları olduğu belirtilmiştir. Bir yönetici (KOBİ-4) bu durum için "mevcut şartlarda M2M ne kadar yapılabilirse, o kadar yapıyoruz" ifadesini kullanmıştır. Nesnelerin hizmetleri ile ilgili uygulamaların ise, nesnelerin interneti

uygulamalarına göre, araştırma örnekleminde yer alan daha fazla sayıda işletmede (n=20; %45) mevcut olduğu tespit edilse bile, bu uygulamaların yurtdışındaki uygulamaların seviyesinde olmadığı vurgulanmıştır (örneğin: *"tam olarak işimiz bu, ancak Almanya seviyesi bir IoT değil"* - KOBİ-23). Siber-fiziksel sistemler ile ilgili olarak, işletmelerin (n=19; %43) otomasyon uygulamalarını aktif olarak kullandıkları belirtilmiş olmasının yanı sıra, insanın tamamen bulunmadığı herhangi bir faaliyet henüz mevcut değildir, insan gücü, insanın fiziksel gücü kullanılmadan çoğunlukla sistemin kontrolü aşamasında yer almaktadır. Bir yöneticinin (KOBİ-33), *"insan gücü içermeyen faaliyetler var fakat insansız faaliyet yok"* ifadesi ile bu durum özetlenebilir.

Bu tema kapsamındaki son alt-tema akıllı fabrika kavramı ile ilgilidir. Örneklem kapsamındaki işletme yöneticilerinin bir bölümü (n=18; %41) akıllı fabrika kavramı ile ilgili bilgi sahibi olmakla birlikte, bu yöneticilerin bir bölümü (n=6; %14) işletmelerinin akıllı fabrika olmasını istediklerini ve bunun için çalışmalar yaptıklarını belirtirken; diğer bazı yöneticiler (n=4; %9) için ise işletmelerinin akıllı fabrika durumuna gelmesi ütopyik bir konudur. Bunun yanı sıra, örneklem kapsamındaki işletmelerin hiçbirinin uzun vadede bile akıllı fabrika ile ilgili planlamaları bulunmamaktadır; bunun en önemli nedenleri arasında, maliyetlerin yüksek olması, Endüstri 4.0 ile ilgili bilgi eksikliği, çalışanlar tarafından bu teknolojilere karşı direnç gösterilmesi, insanların makineler ile iletişimi için erken olduğu belirtilmiştir. Bu konu ile ilgili olarak bir yönetici tarafından da (KOBİ-9), *"Devrimin KOBİ'ler için uygun olmadığı, KOBİ'lerin en fazla uygun bir taktiçi olabileceği"* ifade edilmiştir. Endüstri 4.0 gereklilikleri ile ilgili bu dört alt-tema ile ilgili yapılan analizlerin ortaya çıkardığına göre, örneklem kapsamındaki KOBİ'lerin çoğunluğunun mevcut durumda Endüstri 4.0 gerekliliklerini sağlayamadığı değerlendirilmiştir.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Günümüzde, son endüstri devriminin etkileri Dünya genelinde kabul görüp yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu dönemde ülkemizdeki işletmeler de devrime kayıtsız kalmamıştır. Öncelikle Endüstri 4.0 kavramı daha bilinir hale gelmiştir. Ayrıca teknolojiye öncelik veren işletmeler arasında devrimin etkilerine yönelik uyum sağlama süreci başlamıştır. Bunun nedeni, Endüstri 4.0 kapsamında gelişen teknolojilerin, işletmeler için öncelikle birçok alanda tasarruf sağlama, üretkenlik ve verimliliği artırmasıdır. Ancak, bu teknolojilerin uygulanmasının önünde özellikle KOBİ'ler için engel oluşturan önemli faktörler bulunmaktadır. Orzes vd. (2018) tarafından, Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanmasını engelleyen faktörler hakkında yapılan sistematik literatür taraması neticesinde, ekonomik/finansal, kültürel, yetenekler/kaynaklara bağlı olma, yasal, teknik, uygulama süreçleri ile ilgili olmak üzere 6 kategori kapsamında 19 engelleyici faktör belirlenmiştir. Bu engelleyici faktörler nedeniyle, Endüstri 4.0 söz konusu olduğunda, çoğunlukla büyük ölçekli işletmeler gündeme gelmektedir. Büyük ölçekli işletmelerin finansman ve diğer kaynakları nedeniyle, Endüstri 4.0 uygulamalarına daha hızlı uyum sağlamakta oldukları bilinmektedir. Ancak, ülke ekonomilerinin temel dinamiklerini oluşturan KOBİ'ler için de Endüstri 4.0 uygulamaları rekabet bakımından bir gereklilik oluşturmaktadır.

Ulusal literatürde mevcut ampirik çalışmalarda, KOBİ'lerin Endüstri 4.0 sürecine yönelik hazırlık ve farkındalıklarının detaylı olarak incelenmediği görülmüştür. Kamber ve Bolatan'ın (2019) çalışmasında Türkiye'nin mevcut Endüstri 4.0 farkındalığı incelenmiştir. Analizlerde KOBİ'ler sadece örgütsel yapıların açıklanmasında kullanılmıştır. Kağncioğlu ve Özdemir'in (2017) çalışmasında ise KOBİ'lere yönelik detaylı sektörel bilgiler bulunmasına rağmen üretim sistemlerine yönelik analizler yapılmamıştır. Çalışmada anket uygulanması sebebi ile KOBİ'lerin Endüstri 4.0 ile ilgili fikirlerinin derinlemesine öğrenilmesinden uzak kalınmıştır. Çalışmada yöneltilen sorular sonucunda, KOBİ'lerin farkındalıkları ve hazırlıkları yerine Endüstri 4.0 kavramından beklentiler ve genel değerlendirmelerin incelendiği görülmüştür. Çevik'in (2019) daha yakın zamanlı çalışması ise nitel yöntemi tercih etmiş fakat yapılan görüşmeler sadece bir üretim sektörü ile sınırlı kalmıştır. Elde edilen çıkarımlarda bilgi eksikliği ve eğitim ihtiyacı vurgulanmasına rağmen Endüstri 4.0 olası değişimler yerine elde edilecek avantajlar ekseninde detaylandırılmıştır. Bu çalışma ise, Endüstri 4.0 farkındalık ve hazırlık esaslı olarak KOBİ'lerin durumunun belirlenmesi boşluğunu doldurma amacı ile yürütülmüştür. Bu kapsamda, bu çalışma ile KOBİ'lerin Endüstri 4.0 için farkındalık ve hazırlık durumları, Ankara'da farklı alanlarda faaliyet gösteren ve farklı şekillerde üretim yapan 44 KOBİ yöneticisi ile gerçekleştirilen nitel araştırma kapsamında, değerlendirilmiştir.

Araştırma bulguları doğrultusunda, Endüstri 4.0 farkındalığı, Endüstri 4.0 hazır olma durumu ve Endüstri 4.0 gereklilikleri ile ilgili üç ana tema belirlenmiştir. Endüstri 4.0 farkındalığı ile ilgili yapılan değerlendirmelere göre, örneklem kapsamında yer alan KOBİ yöneticilerinin farkındalık seviyelerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, örneklem kapsamındaki işletmelerin, yüksek farkındalığa sahip olanları da kapsayacak şekilde, çoğunluğunun Endüstri 4.0 için hazırlıklı olmadığı, Endüstri 4.0 gerekliliklerine sahip olmamalarının yanında bu gerekliliklerin uygulanmasının planları dahilinde olmadığı da değerlendirilmiştir. Bu bulgulara benzer olarak, Yiğitöl vd. (2020)'nin, Konya'da imalat yapan 185 KOBİ'yi kapsayan çalışmalarının sonucunda, KOBİ'lerin bilişim ve imalat teknoloji kullanım düzeylerinin göreceli olarak olumlu bir seviyede olmasına rağmen, Endüstri 4.0 teknolojileri açısından düşük bir uygulama düzeyine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Araştırma örneklemini kapsamında yer alan KOBİ'lerin genel durumu ile ilgili araştırma bulguları değerlendirildiğinde, KOBİ'lerde Endüstri 4.0 teknolojilerinin düşük seviyede olduğu görülmüştür. Fakat mevcut durum, KOBİ'lerin Endüstri 4.0 teknolojilerine gelecekte de uzak kalacağı anlamına gelmemektedir. İşletmelerin Endüstri 4.0 sürecinde yaşayacağı dönüşüm belirli aşamaların takip edilmesi ile ilişkilendirilmiştir. Bir işletmenin Endüstri 4.0 kavramına hazır olması için dijitalleşmesini tamamlaması gereklidir. Dijitalleşme, örgütsel süreçlerin bilgisayarlar ile yürütülmesi ve bilişim teknolojilerinden faydalanılmasını içermektedir (Schuh et al., 2020). Örnekleme yer alan KOBİ'lerin tamamına yakını dijitalleşme sürecini tamamlamış veya sürdürmektedir. Bu durum işletmelerin ölçekleri veya seçilen üretim sistemleri açısından farklılaşmamıştır. CNC makinelerinin kullanımı, ürünlere ait teknik çizimlerde sadece dijital teknolojilerden faydalanılması ve üretim sürecinin dijital araçlar ile planlanıp, takip edilmesi gibi

dijitalleşme aşamasının temel uygulamaları yaygınlaşmıştır. Dijitalleşme sonrası yapılacaklar ise mutlaka planlanmalıdır.

Dijitalleşen bir işletmenin Endüstri 4.0 sürecinde başlangıç noktası, her faaliyetin dijital biçimde işlenerek birer veri haline getirilmesi olarak gösterilmiştir. Bu sayede, bir sonraki aşamada verilerin bilgiye dönüşümü sağlanacaktır. Bilgilerin çalışanlar tarafından değerlendirilmesi ile geleceğe yönelik farklı senaryolar ortaya çıkarılacaktır. Böylece işletmelerin faaliyet kapasitesi netleştirilecek ve son aşamada karar alma ve uygulama mekanizmaları dönüşebilecektir. Son aşamayı tamamlayan bir işletmenin çalışanı, teknolojik imkanları kullanarak elde ettiği bir bilgiyi, işletme için en kısa zamanda bir faaliyete dönüştürebilecektir (Schuh et al., 2020: 20-21). Tanımlanan bu süreç, örnekte sadece farkındalığı ve hazırlığı yüksek olan KOBİ'lerin gelecek planlamaları kapsamında tespit edilmiş fakat uygulamaların başlangıç seviyesinde kaldığı görülmüştür. Dijitalleşme sürecini tamamlayan ve sürdüren KOBİ'lerin, Endüstri 4.0 sürecine geçişleri ve başarılı olmaları için temel ihtiyaçları eğitilmiş personel ve gerekli teknolojik alt yapıdır. Bu bağlamda Teknoparklar veya KOSGEB gibi kamu kuruluşlarının düzenleyecekleri eğitimler, teknolojik gelişim amaçlı projeler, ortak Endüstri 4.0 eylem planları veya nitelikli istihdam değişimleri yapılmalıdır. Çünkü KOBİ'lerin Endüstri 4.0 süreci ve sonrasını, maliyet ve zaman açısından tek başlarına tamamlamaları günümüzde oldukça risklidir. Bu anlamda destek sağlandığında, KOBİ'ler Sommer (2015) tarafından ifade edildiği üzere, Endüstri 4.0 devriminin mağduru değil; esnek olmalarını ve müşteri ile yakın ilişkilere sahip olmalarını sağlayan organik yapıları nedeniyle, devrimin kazananı olabileceklerdir.

Bu bulguların yanı sıra, yapılan mülakatların genelinde KOBİ'lerin Endüstri 4.0 teknolojilerini işletmelere entegre etmemelerinin nedenleri için öncelikle, söz konusu teknolojilerin maliyetlerinin yüksek olması (örneğin, "*maliyet kilit unsur. İlk çıktığı zamanlarda dvd playerlar veya kameraların fiyatlarına bakın. Bunlar statü sembolü lükslükteydi. Çoğaldılar ve ucuzladılar. Herkes alabilir oldu. 4.0 ve özelinde akıllı fabrika içinde aynı durum geçerli. Akıllı fabrika kurma niyeti şu an iflası getirir*" - KOBİ-10) ve henüz bu teknolojiler için erken olduğu (örneğin: "*Klasik çağ adetleri ülkede etkili; insanlar, insanlar ile temas kurarak işlerini ilerletiyorlar. İnsan-Makine ilişkisinin temeli ancak gelecekte görülebilir*" - KOBİ-37) belirtilmiştir. Orzes vd. (2018) tarafından yapılan araştırma sonucunda da KOBİ'lerin çoğunluğu için ekonomik-finansal nedenlerin (*yüksek maliyetler, yatırımların getirisinin belirsizliği*) Endüstri 4.0 uygulamalarını engelleyen birincil faktör olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında, farklı ölçekteki ve farklı üretim süreçlerine sahip olan işletmeler arasında değerlendirilme yapıldığı zaman, ölçek ile birlikte üretim süreçlerine göre bazı farklılıklar tespit edilmiştir. Buna göre, siparişe özel üretim yapan mikro ölçekli işletmelerin yöneticilerinin farkındalık seviyelerinin özellikle seri üretim yapan işletme yöneticilerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mikro ölçekli işletmelerin çoğunluğunun Teknoparklarda faaliyet göstermesinin bu durumun nedenini oluşturduğu düşünülmektedir. Teknoparklar göreceli olarak az sayıda fakat yüksek eğitime sahip çalışanlara sahip olan KOBİ'leri bünyesinde bulundurmaktadır. Üniversiteler ile sağlanan

sürekli etkileşim sonucunda, buradaki işletmeler Ar&Ge ve inovasyon faaliyetlerine öncelik verirler ve her türlü teknolojik değişime önceden hazırlanabilirler (Estrella et al., 2017). Ayrıca, araştırma bulguları ile mülakata katılan yöneticiler ile mensubu oldukları işletmeler arasında Endüstri 4.0 kavramı özelinde ileri seviyede uyum gözlemlenmiştir. Endüstri 4.0 konusunda nitelikli yöneticilerin çalıştıkları firmalarda kavramın gerekliliklerine yönelik teknolojiler mevcuttur veya geliştirilmektedir; bunun yanı sıra gelecek planlamalarında işletmelerinde Endüstri 4.0 uygulamalarına yer verilmektedir. Kavramsal farkındalığı düşük olan yöneticilerin çalıştığı işletmeler ise gereken ilerlemelerden oldukça uzaktır. Çalışma kapsamında sadece tek bir istisnada yöneticinin Endüstri 4.0 kavramına hâkim olduğu fakat çalıştığı işletmenin Endüstri 4.0 ile ilgili yetersiz seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, KOBİ'lerin Endüstri 4.0 gibi kapsamlı değişimleri içeren ve detaylı planlamalar gerektiren ilerlemeler için diğer bir gereksiniminin de nitelikli üst yöneticiler olduğunu göstermiştir.

KOBİ'lerin Endüstri 4.0 ile ilgili mevcut durumlarının değerlendirilmesinin yapıldığı bu çalışma ile önemli bulgular elde edilmiş olmakla birlikte; çalışmanın bazı sınırlılıkları da mevcuttur. Öncelikle araştırma bulguları, örneklem kapsamında yer alan 44 KOBİ yöneticilerinin görüşleri ile sınırlıdır. Araştırma Ankara'da yürütülmüştür, farklı illerde yer alan KOBİ'lerin de bundan sonraki araştırmalara dahil edilmesi bulguların genellenebilirliği için önemlidir. Ayrıca araştırma kesitsel bir çalışmadır. Bu sınırlılıklarının ötesinde, bu çalışma Türkiye'de KOBİ'lerde Endüstri 4.0 uygulamalarının mevcut durumu ile ilgili sınırlı çalışmalardan biridir. Bu nedenle, elde edilen bulguların KOBİ'ler ve işletmelere yönelik politika geliştiren kurumlar için önemli olduğu değerlendirilmektedir.

## Kaynaklar

- 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.
- Bartodziej, C.J. (2017), *The Concept Industry 4.0*, (1<sup>st</sup> ed.), Springer Gabler, 27-50.
- Berg, M. & P. Hudson (1992), "Rehabilitating the industrial revolution", *The Economic History Review*, 45(1), 24-50.
- Birkinshaw, J. et al. (2002), "Knowledge as a contingency variable: Do the characteristics of knowledge predict organization structure?", *Organization Science*, 13(3), 274-289.
- Blake, A.M. & J.L. Moseley (2011), "Frederick Winslow Taylor: One hundred years of managerial insight", *International Journal of Management*, 28(4), 346-354.
- Bonekamp, L. & M. Sure (2015), "Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation", *Journal of Business and Media Psychology*, 6(1), 33-40.
- Buhr, D. (2017), *Social Innovation Policy for Industry 4.0*, <[https://japan.fes.de/fileadmin/user\\_upload/events/2017/pdf-files/Social\\_Innovation\\_Polcy\\_for\\_Industry\\_4.0.pdf](https://japan.fes.de/fileadmin/user_upload/events/2017/pdf-files/Social_Innovation_Polcy_for_Industry_4.0.pdf)>, 20.08.2021.
- Cardoso, J. et al. (2008), "Service engineering for the Internet of services", *10<sup>th</sup> International Conference on Enterprise Information Systems*, Spain, 15-27.
- Çevik, D. (2019), "KOBİ'lerde Sanayi 4.0'in uygulanabilirliği ve yönetici bakış açılarının değerlendirilmesi", *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 277-291.

- Colombo, A.W. et al. (2017), "Industrial cyberphysical systems: A backbone of the Fourth Industrial Revolution", *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 6-16.
- Drath, R. & A. Horch (2014), "Industrie 4.0: Hit or hype", *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58.
- Estrella, F.J. et al. (2017), "Selecting firms in university technoparks: A hesitant linguistic fuzzy TOPSIS model for heterogeneous contexts", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 33(2), 1155-1172.
- Genç, S. (2018), "Sanayi 4.0 yolunda Türkiye", *Sosyoekonomi*, 26(35), 235-243.
- Gubbi, J. et al. (2013), "Internet of things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions", *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Hambrick, D.C. & D. Lei (1985), "Toward an empirical prioritization of contingency variables for business strategy", *The Academy of Management Journal*, 28(4), 763-788.
- Hermann, M. et al. (2016), "Design principles for Industrie 4.0 scenarios", *49<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences*, USA, 3928-3937.
- Hoppit, J. (1990), "Counting the industrial revolution", *The Economic History Review*, 43(2), 179-193.
- Hughes, T. (2004), *Human Built World*, University of Chicago Press.
- İlgün, M.F. (2020), "Endüstri 4.0 ve Kamu Maliyesinde Dönüşüm: Kamu Harcamaları Açısından Bir Değerlendirme", *Sosyoekonomi*, 28(44), 237-260.
- Kagermann, H. et al. (2013), *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, <<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>>, 16.11.2021.
- Kağncıoğlu, H. & E. Özdemir (2017), "Endüstri 4.0 bağlamında Eskişehir ilindeki KOBİ'lerin değerlendirilmesi", *PressAcademia Procedia*, 3, 900-908.
- Kamber, E. & G.İ.S. Bolatan (2019), "Endüstri 4.0 Türkiye Farkındalığı", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(30), 836-847.
- Kılıç, S. & R.M. Alkan (2018), "Dördüncü sanayi devrimi endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri", *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Dergisi*, 2(3), 29-49.
- Koca, K.C. (2018), "Sanayi 4.0: Türkiye Açısından Fırsatlar ve Tehditler", *Sosyoekonomi*, 26(36), 245-252.
- Koontz, H. (1980), "The Management Theory Jungle Revisited", *The Academy of Management Review*, 5(2), 175-187.
- Koska, A. et al. (2017), "Measuring the maturity of a factory for Industry 4.0", *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(7), 52-60.
- Lasi, H. et al. (2014), "Industry 4.0", *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Lawrence, P.R. & J.W. Lorsch (1967), "Differentiation and integration in complex organizations", *Administrative Science Quarterly*, 12(1), 1-47.
- Lee, I. & K. Lee (2015), "The IoT (IoT): Applications, investments and challenges for enterprises", *Business Horizons*, 58(4), 431-440.
- Macpherson, C.B. (1962), *The Political Theory of Possessive Individualism: Hobbes to Locke*, Oxford University Press.

- McKinsey Digital (2016), *Industry 4.0 After the Initial Hype: Where Manufacturers are Funding Value and How They Can Best Capture It*, <[https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey\\_industry\\_40\\_2016.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx)>, 25.12.2021.
- McKinsey&Company (2019), *Industry 4.0 Capturing Value at Scale in Discrete Manufacturing*, <<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/capturing%20value%20at%20scale%20in%20discrete%20manufacturing%20with%20industry%204%200/industry-4-0-capturing-value-at-scale-in-discrete-manufacturing-vf.pdf>>, 19.11.2021.
- Miner, J.B. (1984), "The Validity and usefulness of theories in an emerging organizational science", *The Academy of Management Review*, 9(2), 296-306.
- Mleczo, J. & P. Bobinski (2017), "Production planning in conditions of mass customization based on theory of constraints", *Applied Computer Science*, 13(4), 35-44.
- O'Halloran, D. & E. Kvochko (2015), *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*, <[https://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_IndustrialInternet\\_Report2015.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf)>, 11.01.2022
- Oesterreich, T.D. & F. Teuteberg (2016), "Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry", *Computers in Industry*, 83, 121-139.
- Orzes, G. et al. (2018), "Industry 4.0 implementation barriers in small and medium sized enterprises: A focus group study", *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Thailand, 1348-1352.
- Özsoylu, A.F. (2017), "Endüstri 4.0", *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Pamuk, N.S. & M. Soysal (2018), "Yeni Sanayi devrimi Endüstri 4.0 üzerine bir inceleme", *Verimlilik Dergisi*, 1(1), 41-66.
- Pfeffer, J. & H. Leblebici (1973), "The effect of competition on some dimensions of organizational structure", *Social Forces*, 52(2), 268-279.
- Piccarozzi, M. et al. (2018), "Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review", *Sustainability*, 10(10), 3821.
- Pratt, G. (2015), "Is a Cambrian Explosion coming for robotics?", *The Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 51-60.
- Rabey, M.A. (1989), "Technological continuity and change among the Andean peasants: Opposition between local and global strategies", in: S.E van der Leeuw & R. Torrance (eds.), *What's New? A Closer Look at the Process of Innovation* (167-181), Unwin Hyman.
- Roblek, V. et al. (2016), "A complex view of Industry 4.0", *SAGE Open*, 6(2), 1-11.
- Russell, A.L. (2009), "Industrial legislatures: Consensus standardization in the second and third industrial revolutions", *Enterprise & Society*, 10(4), 661-674.
- Saunders, C.S. (1981), "Management information systems, communications, and departmental power: An integrative model", *The Academy of Management Review*, 6(3), 431-442.

- Schuh, G. et al. (2020), *Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies - Update 2020*, <<https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020>>, 09.01.2022.
- Shrouf, F. et al. (2014), "Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of things paradigm", *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Malaysia, 697-701.
- Sığırı, Ü. (2018), *Nitel Araştırma Yöntemleri*, Beta Basım A.Ş.
- Skipper, J.B. et al. (2009), "Supply chain contingency planning and firm adoption: An initial look at differentiating the innovators", *Transportation Journal*, 48(2), 40-62.
- Smith, C. (1989), "Flexible specialization, automation and mass production", *Work, Employment & Society*, 3(2), 203-220.
- Sommer, L. (2015), "Industrial revolution - industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?", *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512-1532.
- Soylu, A. (2018), "Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57.
- Thompson, J.D. (1967), *Organizations in Action*, McGraw Hill.
- Toker, K. (2018), "Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 29(84), 51-64.
- Tuominen, V. (2016), "The measurement-aided welding cell-giving sight to the blind", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(4), 371-386.
- Woodward, J. (1965), *Industrial Organization: Theory and Practice*, Oxford University Press.
- Yığıtol, B. vd. (2020), "Endüstri 4.0 dönüşüm sürecinde, KOBİ'lerin teknoloji seviyelerinin belirlenmesi: Konya imalat sanayi örneği", *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), 320-332.
- Yıldırım, Y. (2019), "Endüstri 4.0'a kapsamlı bir bakış: 2011'den bugüne", *Bilgi Dünyası*, 20(2), 217-249.
- Zoroja, J. (2015), "Fostering competitiveness in European countries with ICT: GCI agenda", *International Journal of Engineering Business Management*, 7(18), 1-8.