

TÜRKİYE VE ALMANYA’NIN SANAYİDE DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ: YOL HARİTALARI VE ŞİRKETLERİN KARŞILAŞTIRMASI¹

TURKEY AND GERMANY'S DIGITAL TRANSFORMATION IN INDUSTRY: COMPARISON OF ROADMAP AND COMPANIES

Elif NUROĞLU*, Hüseyin H. NUROĞLU**

* Doç. Dr., Türk-Alman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, nuroglu@tau.edu.tr,
https://orcid.org/0000-0002-1491-4722

** Arş. Gör., Türk-Alman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
h.nuroglu@tau.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6254-7349

ÖZ

Bu makale Almanya'nın Endüstri 4.0 yol haritası ile Türkiye'nin 2018 yılında açıklanan Dijital Türkiye yol haritasını içerik açısından karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Makalenin bulgularına göre, Türkiye'nin dijitalleşme yol haritasında standartlaşma, modelleme, dijitalleşen iş ve işyeri tasarımı konularına hiç değinilmemiş, hukuki alt yapının dijitalleşmenin gerekliliklerine uygun bir şekilde hazırlanması konusunda ise bir eylem planı yapılmamıştır. Türkiye sanayide dijital dönüşüm sürecinde ilerledikçe bu konulardaki eksiklikler ortaya çıkacak ve yol haritasının bu doğrultuda revize edilmesi gerekecektir. Makalede ikinci olarak, Türk ve Alman şirketlerinin sanayide dijital dönüşümü hayata geçirme konusunda karşılaştıkları problemler ikincil veri kullanılarak karşılaştırılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre Alman şirketler sanayide dijital dönüşümü gerçekleştirirken dijital dönüşümün çalışanlar tarafından kabul görmemesi, veri sorunları, firma içinde koordinasyon sorunları, mevcut yapının Endüstri 4.0 uygulamalarını zorlaştırması, tanımlanmamış standartlar ve aynı işin farklı katmanlarda yapılmasından kaynaklı sorunlar ile karşılaşmışlardır. Türkiye'nin şirketleri ise bu konuda yaşayacakları tüm zorlukları yatırım maliyetlerine indirgemişler, uygulamada karşılaşılabilecekleri veri güvenliği, belirlenmemiş standartlar, yeni iş ve iş yeri tasarımı, yetersiz hukuki ve teknik altyapı gibi sorunların henüz farkına varamamışlardır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Türkiye, Almanya, Yol Haritası, Türk ve Alman Şirketler

Jel Kodları: L23, O14, O25

ABSTRACT

This article aims to compare Germany Standardization Road Map for Industry 4.0 with Digital Turkey Road Map in terms of content. According to our findings, Turkey's digitalisation roadmap doesn't contain any information about the topics such as standardization, modeling, new business and workplace design. No action plan has also been made to prepare the legal infrastructure in accordance with the requirements of digitalisation. In the second part of the article, the problems faced by Turkish and German companies in the digital transformation in industry are examined and compared using secondary data. According to the findings obtained in this part, German companies faced the following problems in the digital transformation in the industry; nonacceptance of the digital transformation by the employees, data problems, the coordination problems within the company, the existing structure causing difficulties in Industry 4.0 applications, unspecified standards and interface problems. Turkey's companies have explained that high investment costs are the biggest

¹ Bu çalışma Alman Akademik Değişim Servisi (DAAD) tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

difficulty in the digital transformation in industry. They have not yet become aware of the problems they may encounter in practice, such as the data security, unspecified standards, new business and workplace design, insufficient legal and technical infrastructure.

Keywords: Industry 4.0, Turkey, Germany, Road Map, Turkish and German Firms

Jel Codes: L23, O14, O25

1. GİRİŞ

2011 yılında ilk kez Almanya’da ortaya çıkan (Kagermann vd., 2011) ve takip eden senelerde pek çok ülkenin odaklandığı bir hedef haline gelen 4. Sanayi Devrimi Türkiye’nin gündemine 2016 yılında resmi anlamda girmiş ve son iki yılda konu hakkında çok detaylı çalışmalar yapılmıştır. Uyum sağlamayan işletme ve ülkelerin kaybedeceği, önde gidenlerin kazanacağı bir yarış olarak anlatılan (EBSO, 2015: 24) ve 4. Sanayi Devrimi adıyla gerçekleşmeden adı konan ilk devrim olma özelliğini haiz olan sanayide dijital dönüşüm konusunda Almanya ve Türkiye’de 2013 yılından 2018 yılı başlarına kadar yapılan pek çok anket çalışması mevcuttur (VDMA, 2013; Industry of Things, 2018; TÜSİAD-BCG, 2016 ve 2017; BSTB, 2018a).

Endüstri 4.0 markasının ana vatanı olan Almanya’da 2013 yılında yapılan anket çalışmalarında Alman şirketler bu dönüşümde en fazla standartlaşma konusunda sorun yaşayacaklarını ifade ederler (VDMA, 2013). Bununla birlikte kalifiye eleman yetersizliği, süreç ve iş organizasyonu, mevcut ürünler, yeni iş modelleri, güvenlik ve veri koruma gibi sorunları da Endüstri 4.0 yolunda karşılaştıkları diğer engeller arasında sıralarlar. Aradan geçen beş yılda Alman şirketler dijitalleşme yolunda çok önemli mesafe kaydetmiş, bununla birlikte karşılaştıkları problemler de değişmiştir. Endüstri 4.0 konusunda inanç ve heyecan kaybı, başarısız projelere yatırılan ve kaybedilen finansman kaynakları, Endüstri 4.0’ın çalışanlar tarafından kabul görmemesi gibi hususlar Alman şirketlerinin karşılaştıkları yeni sorunlara örnek olarak verilebilir.

Türkiye’de Endüstri 4.0 konusundaki çalışmalar Almanya’dan takriben beş yıl sonra başlamış, şirketlerin dijital olgunluk seviyesini ölçen çalışmalar da 2016 yılından itibaren yapılmaya başlanmıştır (TÜSİAD-BCG, 2016; TÜBİTAK, 2016). TÜBİTAK (2016: 4)’a göre Türkiye’nin şirketleri ikinci ve üçüncü sanayi devrimi arasında sıkışıp kalmış, yani henüz tam otomasyona geçememiştir. Bu nedenle Türkiye’de şirketlerin dijitalleşme yolculuğunda karşılaştıkları problemler ve engeller incelenirken, bu durumun da göz önünde bulundurulması gereklidir.

Bu makalenin amacı, dördüncü sanayi devrimini Almanya’dan teorik olarak beş yıl geriden takip eden Türkiye ile Almanya arasında yol haritaları ve şirketlerin dijital dönüşümde karşılaştıkları sorunlar açısından bir karşılaştırma yapmak ve Türkiye için öneriler sunmaktır. Makalede Almanya ve Türkiye’nin dijital dönüşüm sürecinde takip ettikleri yol haritaları incelenecek, Almanya’nın Endüstri 4.0 yolculuğunda belirlediği sekiz anahtar alan ve Türkiye’nin dijital dönüşümü için oluşturduğu altı bileşen içerik bakımından karşılaştırılacaktır. Daha sonra, Almanya ve Türkiye’de Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlıkları tarafından yaptırılan ve şirketlerin dijital dönüşüm yolculuğunu aşama aşama ölçen anketler ışığında Alman ve Türk şirketlerin sanayide dijital dönüşümde karşılaştıkları sorunlar incelenecektir. Bu bulgular ve yapılan karşılaştırmalar sonucunda Almanya’da yaşanan süreç baz alınarak Türkiye’nin dijital devrime hazırlanma aşamasında alması gereken tedbirler önerilecektir.

Makalenin planı şu şekildedir. İkinci bölümde sanayide dijital dönüşüm

teknolojileri hakkında kısa bir literatür özeti sunulacaktır. Üçüncü bölümde Almanya'nın Endüstri 4.0 dönüşümü için belirlediği sekiz anahtar alan ve Dijital Türkiye yol haritasının altı bileşeni açıklanarak içerik bakımından karşılaştırılacaktır. Dördüncü bölüm, Almanya ve Türkiye'deki şirketlerle yapılan anket sonuçlarını değerlendirecek ve her iki ülkede sanayide dijital dönüşüm yolculuğunda karşılaşılan sorunlar tartışılacaktır. Beşinci bölümde sonuç ve öneriler ortaya konulacaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Endüstri 4.0 literatürde çok kullanılan bir kavram olmasına rağmen herkes tarafından kabul gören bir tanımlı yoktur. Detaylı bir literatür taraması sonucunda Endüstri 4.0'ı tanımlayan Hermann vd. (2015:11)'ne göre, Endüstri 4.0 organizasyonların değer zincirinde kullanılan teknolojilerin genel adıdır. Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren akıllı fabrikalarda siber fiziksel sistemler fiziksel süreçleri izler, fiziki dünyanın sanal bir kopyasını oluşturur ve merkezi olmayan kararlar verirler. Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi ile siber fiziksel sistemler birbirleri ile ve insanlarla gerçek zamanlı iletişim kurar ve birlikte çalışır. Hizmetlerin interneti (Internet of Services) sayesinde hem firma içi hem de çapraz örgütsel hizmetler sağlanır ve paydaşlar tarafından kullanılır.

Öztürk (2018: 20), Endüstri 4.0 kavramının yeni bir olgu olarak görülmemesi gerektiğini, Porter ve Millar (1985) makalesinde bilgi devrimi ve yeni bilgi teknolojilerinin öneminden bahsedilmiş olduğunu belirtir. Buna göre, Endüstri 4.0 yazınında büyük veri olarak bilinen kavram adı geçen makalede veri olarak, veri analitiği olarak bilinen tanım ise karar destek sistemleri olarak anlatılmıştır. Dijital devrimin neden 1980'lerde değil de 2000'li yıllarda gerçekleştiği sorusunun cevabı ise bu teknolojilerin gelişip yaygınlaşması ve uçtan uca birleşip bütünleşmesinde gizlidir. Ayrıca sensörler sayesinde büyük miktarda verinin toplanması, bulut teknolojisi ile

depolanabilmesi, hızla transfer edilebilmesi ve analiz edilmesi günümüzde mümkün olmuştur (Öztürk, 2018). Bu teknolojilerin herkes tarafından erişilebilir olması da maliyetlerinin büyük oranda düşmesi, yazılımların sadeleşmesi ve artan performansları ile açıklanabilir (TÜSİAD-BCG, 2017: 26).

2011 yılından beri oluşmakta olan Endüstri 4.0 yazınında dijital dönüşüm teknolojileri çeşitli kaynaklarda değişen sayıda bileşen ile tanımlanır. 2016 yılında dokuz bileşen ile açıkladığı sanayide dijital dönüşüm teknolojilerini, TÜSİAD-BCG 2017 yılında 11 teknoloji ile açıklar. Bu teknolojiler simülasyon, yapay zeka ve akıllı sistemler, sensörler, artırılmış gerçeklik, endüstriyel internet, otonom robotlar, eklemeli üretim, yatay ve dikey entegrasyon, büyük veri ve analizi, siber güvenlik ve bulut teknolojileridir (TÜSİAD-BCG, 2016: 25; TÜSİAD-BCG, 2017:27).

Dijital Türkiye Yol Haritasında bu teknolojiler sanayide dijital teknolojiler ve ileri üretim teknolojileri olarak iki başlık altında sınıflandırılmıştır. Sanayide dijital teknolojiler, yatay ve dikey entegrasyon, büyük veri ve ileri analitik, bulut, nesnelerin interneti, yapay zeka ve akıllı yazılımlar ve siber güvenlidir. İleri üretim teknolojileri ise siber-fiziksel sistemler, otonom robotlar ve mekatronik sistemler, akıllı ve esnek otomasyon sistemleri, yenilikçi ve akıllı sensörler ve eklemeli imalat sistemleridir (BSTB, 2018a: 25).

Hermann vd. (2015: 11)'ne göre simülasyon fiziksel dünyada üretim süreçlerinde anlık olarak aktarılan verinin sanal modelde test edilmesini mümkün kılar. Ürünlerin üretimden önce sanal olarak test edilebilmesi kalitede artış ve maliyetlerde düşüş gibi faydalar sunmaktadır (Bulut ve Akçacı, 2017: 58). Simülasyonla birlikte açıklanması gereken dijital ikiz kavramı da sanal ve gerçek dünyanın birbiri ile eşleştirilmesine ve gerçek hayatta test maliyeti yüksek olan denemelerin dijital ikiz üzerinde yapılmasına olanak sağlar (Nuroğlu ve Nuroğlu, 2018c: 333).

Makinelerin öğrenme, anlama, sorgulama ve etkileşim gibi insanoğluna benzer şekilde bilişsel fonksiyonlar yüklenebilmesi yapay zekâ olarak tanımlanır (Yıldırım, 2018). Yapay zekâ doğayı algılayan ve doğadaki davranış biçimlerini modelleyerek kendi kendine öğrenen makine bazı sistemlerdir. Yapay zeka yüklenen sistemler veriye dayalı bir öğrenme sistemi geliştirerek zamanla kendi kendine karar verebilir ve insanı yönlendirebilir. Yapay zekanın üretim süreçlerinde insanın dikkatsizliği sonucu ortaya çıkabilecek hataların önlenmesinde olumlu bir etkisi olacaktır. Ayrıca nöroteknoloji, genetik ve sağlık alanında da yaygın kullanımı vardır (Gür vd., 2017: 101).

Sensörler nesne, ürün veya insanların durumlarını algılayan ve anlık verileri toplayarak ilgili sisteme ileten araçlardır. Kesayak (2018) Endüstri 4.0'ın anahtarının sensörler olduğunu belirtir ve sensörleri makinelerle veri tedariki sağlayan duyu organları olarak tanımlar. Endüstriyel internet, nesnelerin interneti ve servislerin interneti teknolojilerinin olmazsa olmazı algılama eşiği yüksek sensörlerdir (Hermann vd., 2015: 6-9).

Artırılmış gerçeklik fiziksel dünyayı ses, video, grafik veya GPS verileri ile zenginleştirir (Bulut ve Akçacı, 2017: 56). Artırılmış gerçeklik uygulaması depoda parça seçimi ve mobil cihazlara tamirat talimatları göndermek gibi hizmetler sunmada kullanılır ve kullanıcıların algılama alanını görsel olarak zenginleştirerek kişilerin bilmedikleri konularda bile yönergeleri takip ederek ilerlemesini ve sonuç almasını sağlar (TÜSİAD-BCG, 2016: 30).

Endüstriyel internet makine, ürün, insan ve sistemlerin birbiri ile gerçek-zamanlı bir şekilde iletişim halinde olması, birbirine veri aktarması ve bu verilerin anında analiz edilerek süreçlerin sürekli optimize edilmesine zemin hazırlar. Endüstriyel internet dijital dönüşümün en temel unsuru olan nesnelerin interneti ve her an devasa miktarda üretilmekte olan büyük veriyi endüstriyel süreçleri optimize etmek

amacıyla işleme kabiliyetine olan ihtiyaca binaen ortaya çıkmıştır (IIoT, 2018; Boyes vd., 2018: 3).

Otonom robotlar sadece kendisine yüklenen fonksiyonları yerine getiren ve belirli işleri yapan robotlar değil, insan hareketlerini izleyerek öğrenebilen ve insanlarla güvenli bir şekilde çalışabilen, iş birliği yapan ve iletişim kuran robotlardır (Nuroğlu ve Nuroğlu, 2018c: 334). Otonom robotların pek çok alanda kullanılmaya başlanması üretimde maliyetlerin düşmesi, kalitede iyileşme, yönetim kolaylığı, uzun ömürlü istihdam, tehlikeli ortam veya uygunsuz hava koşullarında çalışabilme gibi faydalar sağlamaktadır (Gür vd., 2017: 93).

Eklemeli imalat teknolojileri 1980'li yıllarda ortaya çıkmış ve ilk olarak prototip üretimi için kullanıldığından hızlı prototipleme olarak adlandırılmıştır. Eklemeli imalat yanlış bir kullanım olarak, üç boyutlu baskılama olarak da adlandırılmaktadır, oysa üç boyutlu baskılama eklemeli imalatın bir alt dalıdır (Çelik ve Özkan, 2017: 108). Eklemeli imalat teknolojilerinin tıp, dişçilik, havacılık ve uzay sanayi, otomotiv, kuyumculuk gibi birçok sektörde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır (Özsoy ve Duman, 2017: 36). Üreticilere prototip geliştirmede kolaylık sağlayan eklemeli üretim teknolojileri kitlesel olarak özelleştirilmiş ürünler üretilmesine ve bunun düşük bir maliyetle yapılmasına olanak sağlar (TÜSİAD-BCG, 2017: 13).

Dikey entegrasyon şirketlerin kendi içindeki birimlerin birbiri ile gerçek-zamanlı iletişim halinde olmasını tarif ederken, yatay entegrasyon müşteri, üretici ve diğer paydaşların birbiri ile ve diğer zincirindeki farklı üreticiler arasındaki veri aktarımı için kullanılır (Kagermann vd., 2013: 20; Wang vd., 2016). Yatay ve dikey entegrasyon ürün, müşteri, makine ve farklı üreticiler arasında üretim ve tüketim süreçleri boyunca sensörler vasıtasıyla sürekli bir veri aktarımını mümkün kılar.

Dünyada her geçen gün daha fazla iş dijitalleşmekte, yeni bilgi kaynakları ve daha ucuz ekipman, insanlığı yeni bir

döneme doğru götürmektedir. Günümüzde merak edilen hemen her konu için büyük miktarda dijital bilgi bulmak mümkündür. Cep telefonları, internet üzerinden yapılan alışverişler, sosyal ağlar, elektronik iletişim ve küresel konumlama sistemi GPS normal işlemlerinin bir yan ürünü olarak devamlı veri üretir. Dijitalleşme arttıkça her insan ve nesne bir veri üreticiye dönüşmektedir (McAfee ve Brynjolfsson, 2012). Büyük veri teknolojisi, ürün ve hizmetlerin kullanımını sonrasında kullanıcı ve tedarikçilerin birbirinden beklentilerini ve iyileştirme önerilerini anında paylaşmalarına olanak sağlar. Büyük veri analizi sonuçlarına göre süreçlerde yapılacak iyileştirmeler hem müşteri memnuniyetini hem de ürün ve hizmet kalitesini artırır. Bu da arz ve talep eden tarafların kesintisiz ve doğrudan bir ilişki kurmasını sağlayarak süreçlerin devamlı optimize edilmesi anlamına gelir. Sensörler vasıtasıyla toplanan büyük verinin hacmi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle büyük veri bir yandan da hantallığa neden olmaktadır, içinden faydalı ve gerekli bilginin süzülerek alınması oldukça zor olabilmektedir (Fırat ve Fırat, 2017). Bu bakımdan dördüncü sanayi devriminin akıllı fabrikalarında sürdürülebilir başarı sağlamanın yolu büyük veriyi faydalı bilgiye dönüştürme kabiliyetine bağlıdır (Lee vd., 2014: 5).

Siber güvenlik, büyük veri ve bulut bilişim teknolojilerinin yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte artan veri güvenliği ihtiyacını karşılamak ve siber ortamda kurum, kuruluş ve kullanıcıların varlıklarını korumak amacıyla kullanılan araçlar, politikalar, güvenlik kavramları, güvenlik teminatları, kılavuzlar, risk yönetimi yaklaşımları, faaliyetler, eğitimler, en iyi uygulamalar ve teknolojiler bütünü olarak tanımlanmaktadır (BTK, 2018). Siber güvenlik dijital dönüşümle birlikte firmaların en büyük ihtiyacı olarak ortaya çıkmaktadır. 2017 yılında, siber saldırılar sonucu dünyada oluşan ekonomik kayıp, yaklaşık 500 milyar Dolar olarak tahmin edilmektedir. Bu rakam dijitalleşme ile daha da artacaktır. Bu nedenle, siber

güvenlik ülkelerin ve şirketlerin güvenliği açısından hayati bir önem taşımaktadır. Türkiye'nin son 5 yılda siber güvenlik harcaması, 340 milyon Dolar civarında olmuş ve bu ihtiyaç büyük ölçüde yabancı tedarikçilerden karşılanmıştır (Özlü, 2018: 7). Bu bakımdan ülkelerin hem kendi güvenliğini sağlaması hem de geleceğin büyük pazarı olan siber güvenlik pazarında yer kapması için kendi uzmanlarını yetiştirmesi gereklidir.

Bulut bilişim ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü NIST tarafından yapılandırılabilir bilgi işlem kaynakları havuzuna (ağlar, sunucular, depolama, uygulamalar ve hizmetler) erişime olanak sağlayan bir model olarak tanımlanır. İsteğe bağlı olan bu erişim her zaman ve her yerden mümkündür. Merkezi olmayan bir yönetim sistemi vardır ve kullanıma göre ödeme yapılır (NIST, 2011: 2). Bulut teknolojisi her an üretilmekte olan büyük verinin sabit disklere değil de internet üzerinden depolama hizmeti sunan platformlara yapılmasını sağlar. Bu teknoloji veri depolama ve saklama maliyetinde azalma ve her yerden çalışabilme fırsatı yaratır. Bulut bilişim kullanıcılara bilişim teknolojileri yatırımlarını istedikleri zaman artırma veya azaltma imkanı sunar (Mirzaoglu, 2011: 8).

Ülkelerin sanayideki dijital dönüşümü gerçekleştirmesi yukarıda bahsedilen dijital dönüşüm teknolojilerine yapacakları yatırımlar ve bu konuda kat edebilecekleri mesafe ile doğru orantılı olacaktır. Sanayinin dijitalleşmesi verimlilik artışı, maliyetlerde azalma, ürünün son kullanıcıya ulaşma süresinde kısalma, kişiselleştirilmiş ürünler sunma gibi pek çok avantajı beraberinde getirmektedir (TÜSİAD-BCG, 2016: 35). Bu bakımdan hem Almanya hem de Türkiye'nin dijitalleşme yolculuğunun henüz başında belirledikleri yol haritaları bu süreci nasıl yöneteceklerine dair önemli ip uçları vermektedir. Ancak, yol haritaları uygulamada karşılaşılabilecek problemleri her zaman tahmin edemez ve şirketler dijitalleşme süreçlerinde öngörülemeyen bazı problemlerle karşılaşabilir.

Makalenin literatüre katkısı şu şekilde açıklanabilir. Bu makalede Almanya'nın 'Endüstri 4.0 için Standartlaşma Yol Haritası' ve Türkiye'nin 'Dijital Türkiye Yol Haritası' içerik bakımından karşılaştırılarak dijital dönüşümün henüz başında olan Türkiye'nin yol haritasında tespit edilen eksiklikler ortaya konulmaktadır. Literatürde Türkiye ve Almanya'nın yol haritalarını içeriksel olarak karşılaştıran bir çalışma henüz yapılmamıştır. Ayrıca son beş yılda sanayide dijital dönüşüm konusunda çok yoğun çalışmalar yapan Almanya'da, şirketlerin bu dönüşümü nasıl yaşadığı ve ne gibi sorunlarla karşılaştığı incelenerek, Türkiye'nin bu tecrübelerden faydalanması için öneriler sunulacaktır. Alman ve Türk şirketlerin tecrübelerinden hareketle sanayide dijital dönüşüm yolculuğunda teknoloji kullanıcısı ve tedarikçisi Türk şirketleri ekosisteminde alınması gereken tedbirler tartışılacaktır.

3. TÜRKİYE VE ALMANYA'NIN SANAYİDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM YOL HARİTALARI

Endüstri 4.0 kavramı ilk kez 2011 yılında Almanya'da Hannover Fuarı'nda telaffuz edilse de, dünyadaki gelişmiş pek çok ülke otomasyonun ardından gelecek olan sürecin dijitalleşme olduğunun bilincinde olarak kendilerini akıllı otomasyona hazırlayacak sürece girmiş ve bu konudaki yatırımlarını hızlandırmışlardır. Spesifik olarak sanayide dijital dönüşüm için Almanya 2013, Hollanda 2014, Japonya 2016 yıllarında yol haritalarını belirlediler (Kagermann vd., 2013; Japonya Hükümeti Kabine Ofisi, 2016, Smart Industry, 2018). Sanayide dijitalleşme sürecini geliştirmiş ülkelere nazaran geriden takip eden Türkiye, yol haritasını sektörel çalıştaylar sonunda 2018 yılı ortasında netleştirebilmiş ve ilan etmiştir. 2016 yılı Şubat ayında başlayan çalışmaların kümülatif bir sonucu olarak ortaya çıkan bu yol haritası sadece sanayinin dijital dönüşümü olarak algılanmamış, toplumun da topyekün dönüşümünü tasarlayan bir program

yapılmıştır. Dijital Türkiye yol haritası hazırlanırken dünyada bu konuda önde gelen ülkelerin yaptıkları çalışmalar incelenmiş, Türkiye'nin mevcut durumu farklı kurumlar tarafından yapılan anketler vasıtasıyla detaylı bir şekilde analiz edilmiş, teknoloji kullanıcısı ve tedarikçisi işletmelerin dijitalleşme konusunda ne derece yeterli oldukları, uygulamada karşılaştıkları sorunlar ve ürettikleri çözümler göz önüne alınarak bir yol haritası belirlenmiştir (BSTB, 2018a).

3.1. Dijital Türkiye Yol Haritası'nın Altı Bileşeni

Dijital Türkiye yol haritası hazırlanırken Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı kapsamında sanayi zirveleri düzenlenmiş, mevcut durum ve gelişme potansiyelleri göz önünde bulundurularak yedi odak sektör belirlenmiştir. Bu sektörler kimya ve ilaç, elektronik ve yarı iletkenler, makine ve teçhizat, gıda ve içecek, motorlu kara taşıtları, bilişim ve yazılım ve çelik sanayidir. Son iki sektör olan bilişim ve yazılım, ve çelik diğer tüm sektörlerle girdisi olan ortak sektörler oldukları için önemli görülmüştür (BSTB, 2018b: 13).

Sanayide yüksek teknolojiye geçiş programı ile hedeflenen, 10 yılda odak sektörlerden 87 milyar dolar ilave katkı ve toplamda 300 milyar dolar sanayi katma değerine ulaşmak, yüksek teknolojlü ürün payını yüzde 3'ten yüzde 15'e çıkarmak ve 8,1 milyon kişiye iş imkânı sağlamaktır. Oldukça yüksek maliyetli bir süreç olan dijitalleşmeyi KOBİ'lerin finansal ve teknik destek almadan gerçekleştirmesi mümkün değildir. Devletin bu süreçte yerine getirmeyi taahhüt ettiği kamuda yerli malı alımına yönelik destekler, araştırma, geliştirme ve tasarım faaliyetlerinin desteklenmesi ve endüstri bölgesi destek ve teşviklerinin Türkiye'nin dijitalleşme sürecini hızlandırması beklenmektedir (BSTB, 2018b: 16).

Önümüzdeki 10 yıllık süreç için hazırlanan Dijital Türkiye Yol Haritası altı bileşenden oluşur. Bu bileşenler insan, teknoloji, altyapı, tedarikçiler, kullanıcılar ve yönetişimdir (BSTB, 2018a).

3.1.1. İnsan: Eğitim Altyapısının Geliştirilmesi ve Nitelikli İşgücünün Yetiştirilmesi

Dijitalleşme yol haritasının ilk bileşeni olan insan dijitalleşen bir toplumda hem süreci yöneten hem de süreçten etkilenen taraf olarak merkezi bir konumdadır. Türkiye’de, dünyadaki pek çok ülkede olduğu gibi, yeni sanayi devrimi için gerekli donanımına sahip insan kaynağı yeterli seviyede değildir. Bu sebeple ihtiyaç duyulan nitelikli işgücünün yetiştirilmesi ve mevcut çalışan yetkinliklerinin bu dönüşüme adapte edilmesine yönelik eğitimler dijital dönüşüm için kilit bir rol oynamaktadır. Sanayide dijital dönüşümle birlikte birçok meslek yok olacak, diğer yandan IT/IoT çözüm mimarı, robot koordinatörü, 3 boyutlu yazıcı mühendisliği gibi yeni meslekler ortaya çıkacaktır (Eğer, 2018). Bu sebeple dijital teknolojiler ve bunların uygulama alanları bilgi ve becerisine sahip işgücünü yetiştirmek ve ilerleyen yıllarda ortaya çıkacak olan farklı nitelik ve beceriye sahip çalışan ihtiyacını karşılamaya yönelik alt yapıyı oluşturmak gereklidir (Kagermann vd., 2013). Dijitalleşme artık tek bir kuşak içinde dahi hızla gerçekleşmektedir. Bu nedenle ihtiyaç duyulan dijital yeteneklerin altyapısının temel eğitim, mesleki eğitim ve yükseköğrenimle birlikte geliştirilmesi, ayrıca dijital yetenekleri sürekli geliştiren bir öğrenme mekanizması kurulması gereklidir.

Dijital teknoloji kullanıcıları ve geliştiricilerine olan ihtiyaç kadar, eğitimcilerine olan ihtiyaç da oldukça yüksek seviyededir. Nitelikli işgücünün yetiştirilmesine yönelik gerekli altyapının oluşturulması için çocuklara küçük yaşlardan itibaren kodlama eğitimi verilmelidir. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı öğretim programlarını bu ihtiyaçları karşılamaya yönelik olarak değiştirmeye hazırlansa da bu değişikliklerin sonucu ancak orta ve uzun vadede görülebilir. Mevcut niteliksiz ve az nitelikli işgücünün işlerini kaybetmemesi için gerekli yetkinlikleri kazanması ve bir eğitim sürecine dahil edilmesi de dijitalleşme

sürecinde istihdam kaybı yaşanmaması için gereklidir. Türkiye’de bu eğitimlerin üniversite bünyelerindeki sürekli eğitim merkezleri, dijitalleştirilmiş teknik kolejler ve meslek yüksekokullarında yapılması planlanmaktadır (BSTB, 2018a: 131).

Nitelikli işgücü oluşturmanın yanısıra, dijital dönüşüm konusunda toplumdaki farkındalık seviyesini artırmak da yol haritasının insan bileşeni için önemlidir. Genelde işletmelerin dijitalleşme konusundaki bilgi seviyesinin sadece haberdar olmak ile sınırlı kaldığı düşünüldüğünde (TÜSİAD-BCG, 2017: 14), derinlemesine bilgi birikimi için farkındalığın artması ve yaygınlaşması gereklidir. Dijital dönüşüm gibi zorlu ve masraflı bir süreç ancak yüksek farkındalık ve paydaşlar arası işbirliği ile başarıya ulaşabilir.

3.1.2. Teknoloji: Teknoloji ve Yenilik Kapasitesinin Geliştirilmesi

Dijital Türkiye Yol Haritasında Türkiye’nin teknoloji altyapısının teknoloji araştırmalarını destekleyecek seviyede güçlü olması ve her türlü işbirliği için uygun bir seviyede olması planlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için dijitalleşme konusunda Ar-Ge faaliyetlerinin artırılması ve dijital teknoloji uygulamalarının geliştirilmesi bir eylem alanı olarak belirlenmiştir. Bu bileşende öne çıkan husus teknolojinin alanının hem yatay hem dikey olarak çok geniş olduğudur, teknolojinin pek çok alanında belirli bir seviyede yetkinliğe sahip olmak kolay olsa da her alanda lider olmak gerçekleştirilmesi zor bir plandır. Bu sebeple stratejik seçimler yaparak odak sektörler belirlemek ve sonrasında her bir odak sektör için yol haritası oluşturmak gereklidir (BSTB, 2018b).

Dijital teknolojileri geliştirmekle birlikte mevcut teknolojinin değer zinciri içinde kullanılmasını sağlamak da imalat sektörünün dijitalleşmesi için hayati öneme sahiptir. Hâlihazırda üretilen teknolojilerin sanayiye nasıl aktarılacağı tam bir netlik kazanmasa da bu aktarımı yapmaya yönelik

merkezlerin kurulması planlanmaktadır (BSTB, 2018a: 134).

3.1.3. Altyapı: Veri İletişim Altyapısının Geliştirilmesi

Gerçek zamanlı verinin iletimi, depolanması, analiz ve rapor edilebilmesi için veri altyapısının güçlü ve sağlam olması gereklidir. Bu sebeple öncelikle fiziki altyapı ihtiyaçları karşılayacak seviyede olmalıdır (Yıldırım, 2018: 10). Fiziki altyapı ile birlikte iletişim ve veri güvenliği standartlarının geliştirilmesi de dijitalleşmede başarı ve sürdürülebilirlik için önemlidir. Avrupa ülkelerinde sanayide dijitalleşmede veri güvenliği çok önemli bir mesele olarak görülürken ülkemizde özellikle KOBİ'lerde bu konudaki farkındalık çok düşük seviyede kalmış ve önemi henüz anlaşılammıştır. Ülkemizde yapılan araştırmalarda yetersiz altyapıya rağmen KOBİ'ler bu konuda eksiklikleri olduğunu dile getirmemişlerdir (TÜSİAD-BCG, 2017: 54).

Dijitalleşme için hayati öneme sahip diğer bir altyapı bileşeni de veri iletim standartlarının oluşturulmasıdır. Sanayide dijitalleşmenin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için veri iletimi ve diğer tüm altyapı standartlarının belirlenmesi, ve siber fiziksel sistemlerin bu standartlara uygun olarak inşa edilmesi gereklidir. Böylece kullanıcılar sisteme sorunsuzca entegre olup dijitalleşme sürecine dahil olabilirler. Altyapı bileşeninin son halkası ise endüstriyel yazılımların bulut teknolojileri ile buluşup endüstriyel bulutun oluşturulmasıdır. Böylelikle, özellikle KOBİ'ler yüksek miktarlarda bilgi depolama yatırımları yapmadan dijital teknolojilere erişim imkanı elde etmiş olacaklardır (BSTB, 2018a: 143).

3.1.4. Tedarikçiler: Ulusal Teknoloji Tedarikçilerinin Desteklenmesi

Türkiye'de dijital dönüşüm sürecinin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için dijital teknoloji üreten firmaların desteklenmesi, hem sayılarının artması hem de kalite olarak iyileşmelerine imkân tanınması gereklidir. Böylece Türkiye'de

dijital dönüşümle ortaya çıkacak olan ürün ve hizmet ihtiyacı karşılanmış olacak, aynı zamanda da küresel ölçekte söz sahibi olan firma sayısı artacaktır. Bu hedef doğrultusunda yerli teknoloji üreten firmaların envanteri çıkarılacak, teknoloji edinim ve geliştirme olanakları zenginleştirilecektir (BSTB, 2018a: 147). Dijital teknoloji ürün ve hizmetlerinin Türkiye'de üretilmesi dışa bağımlılığı azaltıp imalat sanayindeki dijital dönüşümün sürdürülebilirliğini sağlayacak, cari açığın azalmasına ve ülkemizin küresel dijital dönüşüm pazarlarından daha çok pay almasına yol açacaktır.

3.1.5. Kullanıcılar: Kullanıcıların Dijital Dönüşümünün Desteklenmesi

İmalat sanayinde dijital dönüşümün gerçekleşmesi için sanayicilerin desteklenmesi gerekmektedir. Bu destek, finansal ve teknik danışmanlık verilerek dijital dönüşüm yatırımlarının teşvik edilmesi anlamına gelir. Türkiye'nin teknoloji tedarikçisi şirketleri dijital dönüşüm konusunda karşılaştıkları ikinci büyük engel olarak finansmana erişimi belirtir (TÜSİAD-BCG, 2017: 51). Türkiye'de dijitalleşme sürecinde yatırımların yapılabilmesi için finansal kaynaklara erişimin kolaylaştırılması gereklidir. Ayrıca imalat sanayi işletmelerinin dijital dönüşüm konusundaki bilgi eksikliklerini gidermek amacıyla dijital dönüşüm merkezleri kurulması planlanmaktadır. KOBİ'ler için dijital dönüşüm pilot destek programı geliştirilecek, bu pilot programlardan elde edilen geri dönütlere göre nihai dijital dönüşüm programları uygulamaya konulacaktır. Pilot uygulamalara başlanacak ilk il Gaziantep olarak belirlenmiştir (Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, 2018).

3.1.6. Yönetişim: Kurumsal Yönetişimin Güçlendirilmesi

Bu bileşen ile Türkiye imalat sanayinin dijital dönüşüm sürecini yönlendirecek ve paydaşlar arasında koordinasyonu sağlayacak etkin bir yönetim yapısının kurulması hedeflenmektedir (BSTB, 2018a:

156). Yukarıda belirtilen beş bileşen kapsamında hayata geçirilecek projelerin kurumsal bir çatı altında organize edilmesi gereklidir. Bu amaç doğrultusunda ülkemizde kurulmuş olan Dijital Dönüşüm Platformu, kamu sektörü, özel sektör ve sivil kuruluşların birlikte aynı hedef için çalıştığı güzel bir örnektir. Kısa vadede bu platformun kurumsallaştırılması planlanmaktadır. İmalat sanayi dijital dönüşümü birçok bakanlık, kamu kurum ve kuruluşları ile STK'ları ilgilendirdiği için sürecin her aşamasında tüm kurumların katılımı sürecin verimliliği ve başarısı için çok önemlidir (BSTB, 2018a: 157).

Dijital dönüşüm yol haritasının 4. ve 5. bileşenleri olan tedarikçiler ve kullanıcıların ayrı ayrı desteklenmesi şüphesiz onları bu sürece hazırlamayı hedeflemektedir. Ancak bu iki grubun birlikte çalışmasını sağlamak, birlikte iş yapma kültürünü geliştirmek Türkiye'de teknoloji ekosisteminin gelişmesi ve sürdürülebilirliği için çok önemlidir. Bu sebeple, yönetim bileşeninin eylem alanı Dijital Türkiye Yol Haritası'nda belirtildiği gibi sadece sanayide dijital dönüşüm platformunun kurumsallaşması olmamalı, tüm ekosistemin başarılı bir şekilde yönetilmesi ve bunun için alınması gereken tedbirleri de içermelidir.

3.2. Almanya'nın Endüstri 4.0 Yolculuğunda Sekiz Anahtar Alanı

Dünyanın en ileri sanayi ülkelerinden biri olan ve Endüstri 4.0 kavramının fikir babası olan Almanya, 2013 yılında yayınladığı yol haritasına 'Alman Standartlaşma Yol Haritası' ismini vermiş (Kagermann vd., 2013) ve Almanya'nın Endüstri 4.0 çalışma grubu sekiz anahtar alana yoğunlaşarak bu dijital dönüşümü gerçekleştirmeyi planlamıştır. Bu sekiz anahtar alan standardizasyon ve referans mimari, karmaşık sistemlerin yönetilmesi, kapsamlı geniş bantlı alt yapı, güvenlik ve emniyet, iş organizasyonu ve tasarımı, eğitim ve sürekli mesleki gelişim, düzenleyici çerçeve ve kaynak verimliliğidir (Kagermann vd. 2013: 39, Nuroğlu ve Nuroğlu 2018a: 531).

3.2.1. Standardizasyon ve Referans Mimari

Kagermann vd. (2013: 39) standartların teknik olarak tanımlanması ve uygulanmasını 'referans mimari' olarak adlandırır. Sistemler sistemi olarak tarif edilen Endüstri 4.0'ın hayata geçirilmesi için ürün, hizmet ve süreçlerin tamamının standartlarının belirlenmesi gerekmektedir. Üretim süreçlerinde tüm paydaşlara ortak bir çerçeve sunan referans mimari ve Endüstri 4.0 terminolojisinin belirlenmesi ve kavramların herkes tarafından kabul gören ortak tanımlarının yapılması dijital dönüşümün gerçekleşmesi için çok önemlidir. Ayrıca, ülke içinde kabul gören standartlar, referans mimari ve ortak terminoloji belirlendikten sonra bunların küresel düzlemde birbiri ile denkleştirilmesi gerekecektir (BMWİ, 2017: 5). Bu denkleştirme hâlihazırda globalleşmiş olan üretim ve tüketim zincirlerinin bir gerekliliğidir. Alman şirketlerine göre Endüstri 4.0 devrimi hayata geçirilirken karşılaşılabilecek en büyük problem standartlaşma olacaktır (VDMA, 2013: 6).

Almanya Endüstri 4.0 Platformunun bir alt birimi standartlaşma ve referans mimari konusundaki çalışmalara yoğunluk vermiştir. Bu grup yakın zamanda bir Endüstri 4.0 terimler sözlüğü çıkarmayı planlamaktadır. Almanya'da farklı kurumların hazırladıkları Endüstri 4.0 terimler sözlükleri internet sayfalarında yayınlanmaya başlanmıştır.²

3.2.2. Karmaşık Sistemlerin Yönetilmesi

Sanayide dijital dönüşüm ile birlikte ürün ve hizmetler kişiye özel olarak üretilecek, üretim ve lojistik süreçleri daha dinamik olacaktır. Bu durum süreç yönetiminde karmaşıklığın artması anlamına gelmektedir. Kagermann vd. (2013: 6) bu karmaşıklığın iyi bir modelleme ile

² Bkz. Almanya Endüstri 4.0 Platformu web sayfası: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/Glossar/glossar.html>
Münih ve Yukarı Bayern Ticaret Odası: <https://ihk-industrie40.de/glossar/>
Fraunhofer Enstitüsü: <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/49000/>

aşılabileceğini savunur. Modelleme, süreçlerin planlanmasını ve anlaşılmasını kolaylaştıracak, aynı zamanda manuel faaliyetlerin otomasyonunu mümkün hale getirerek fiziksel dünyada yapılması gereken işlerin dijital ortamda da yapılmasına olanak sağlayacaktır. Ancak, modelleme yüksek uzmanlık gerektiren bir alandır. KOBİ'lerin bu konuya kaynak ayırması zor olacağı için modelleme konusunda şirketlere devlet tarafından teknik ve finansal destek verilmesi gerekir.

3.2.3. Kapsamlı Geniş Bantlı Alt Yapı

Her tür nesne, insan ve sistemden sensörler aracılığıyla toplanan verinin anında işleneceği ve üretim süreçlerinin bu gerçek zamanlı veriyi kullanacağı yeni dönemin can damarı geniş kapsamlı, güvenli ve yüksek kalite bir internet ağıdır. Önceleri nesnelerin (internet of things) ve her şeyin (internet of everything) interneti olarak tanımlanan bu kavram daha sonra 'endüstriyel internet' olarak kullanılmaya başlanmış (Industrial Internet Consortium, 2018) ve öncelikle firmaların, daha sonra da evlerin ve tüm ülkenin kesintisiz internet alt yapısının kurulması dördüncü sanayi devriminin en birincil şartı olmuştur. Ayrıca, üretim ağlarının sadece ülke sınırları içinde kalmadığını düşünürsek, beraber iş yapılan ülkelerde de kesintisiz ve yüksek kalite internet ağı olması gereklidir (Kagermann vd., 2013: 6).

3.2.4. Emniyet ve Güvenlik

Alman Standartlaşma Yol Haritası (German Standardisation Roadmap for Industrie 4.0, 2016: 6) ürün ve üretim tesislerinin çevre ve insanlar için herhangi bir tehlike arz etmemesini emniyet (safety), şirketlerin sahip oldukları veri ve işletmeye özel bilginin izinsiz erişim ve kötüye kullanma durumuna karşı korunmasını ise güvenlik (security) olarak tanımlamaktadır. Günümüzde fabrikalar ve üretimden kaynaklı zararlardan çevre ve insanları korumaya yönelik pek çok kanun ve yönetmelik vardır. Ancak, sanayide dijitalleşme sonucunda gittikçe daha çok önem kazanacak olan veri güvenliği meselesi üzerinde henüz çok çalışılmamış

ve kurallar, kanunlar tanımlanmamıştır. Sanayide dijital dönüşüm süreci hızlandıkça şirket ve kişiler yepyeni güvenlik sorunları ile karşılaşacaktır (TÜSİAD-BCG, 2016: 28). Almanya bu konuda henüz sistem baştan tasarlanırken hukuki alt yapının da oluşturulması gerektiğini düşünmekte ve bu konuda çalışmalar yapmaktadır (BMW, 2018a).

3.2.5. İş Organizasyonu ve Tasarımı

Sanayide dijital dönüşümle birlikte hayatımıza giren akıllı fabrikalarda çalışan rolleri önemli ölçüde değişecektir. Gerçek-zamanlı veri akışından kaynaklı değişiklikler çalışanlar üzerindeki kontrolü artıracak, iş içeriği, süreçler ve iş ortamı büyük bir dönüşüm geçirecektir. Bu nedenle Alman Standartlaşma Yol Haritası işletme içindeki organizasyona sosyo-teknik bir yaklaşım getirilmesini, çalışanların iş dizaynına katılımını artıracak ve hayat boyu öğrenmeyi sistematik hale getirecek projeler geliştirilmesini önerir (German Standardisation Roadmap for Industrie 4.0, 2016: 6).

4. Sanayi devrimine kadar çalışanlar kendi işlerini kendileri yönetirken, dijital devrimle birlikte robotlarla birlikte çalışmaya başlayacaklar, zaman zaman kişisel tecrübeleri ile sanal dünyanın kendilerinden beklentileri arasında tereddüt yaşayacaklardır (Kagermann vd., 2013: 53). Bunun sonucunda çalışanların makine ve robotlar karşısında kontrol kaybı hissine kapılmaları, işe ve iş yerine karşı yabancılaşmaları beklenebilir (Nuroğlu ve Nuroğlu, 2018b). Diğer yandan, sanayide dijitalleşme ile birlikte az nitelikli iş gücüne olan talep azalacak ve çalışanların yeni beceriler edinmesi zorunlu hale gelecektir (Gür vd., 2017). İş yaşamı ve çalışanların hayatında yaşanacak bu değişikliklerin göz önüne alınarak gerekli önlemlerin bir an önce hayata geçirilmesi dijital dönüşümün toplumun tüm kesimlerinde kabul görmesini kolaylaştıracaktır.

3.2.6. Eğitim ve Sürekli Mesleki Gelişim

Sanayide dijital dönüşüm ile birlikte işyerleri ve üretim süreçleri günümüzde

olduğu gibi sadece fiziksel dünya ile sınırlı kalmayıp, gerçek dünya ve sanal dünyanın bir birleşimi olacaktır. Ayrıca, bu ortamda insan-insan etkileşimi kadar insan-robot etkileşimi de söz konusu olacaktır. Çalışanların bu yeni ortama uyum sağlaması ancak bu dönüşüme inanmaları ve onun gereklilikleri doğrultusunda kendilerini geliştirmeleri ile mümkün olabilir (Kagermann vd., 2013: 53). Almanya bu gereksinimi karşılamak için, eğitimciler ve imalat sektörünü bir araya getiren, işletme ve yüksek öğretim kurumları arasında ortaklıklar kuran, üniversite ve mesleki eğitime ek olarak, işe yerleştirme ve ileri aşama çalışma kurslarını uygulamaya koyan bir yaklaşım izlemektedir (German Standardisation Roadmap for Industrie 4.0, 2016).

3.2.7. Düzenleyici Çerçeve

Büyük veri, sensörler ve robotların üretim süreçlerinde ve hayatımızda büyük bir yer kaplayacağı düşünüldüğünde mevcut düzenleyici çerçevenin karşılaşılabilecek yeni sorunları çözmekte yetersiz kalacağı çok açıktır. BCG (Boston Consulting Group)'nin 2016 yılında Amerikan ve Alman şirketlerle yaptığı anket sonuçlarına göre veri güvenliği dijitalleşen dünyanın ikinci en büyük sorunu olacaktır (TÜSİAD-BCG, 2017: 53). Bu konuda gerekli olan kanuni düzenlemeler dijital sistemler henüz tasarlama aşamasındayken yapılmalıdır. Böylelikle hem ilerleyen zamanlarda karşılaşılabilecek problemler azaltılabilir hem de mevcut kanunların yaşanan sorunları çözemeyerek yaptırım eksikliği sorunu yaşamasının önüne geçilebilir (Nuroğlu ve Nuroğlu, 2018b: 1402).

Almanya, sadece kendi içinde veri güvenliği standartlarının iyileştirilmesini yeterli bulmaz, aynı zamanda birlikte iş yaptığı ülkelerdeki standartların da aynı seviyeye getirilmesini gerekli görür (BMW, 2018a: 12), çünkü AB normlarına göre veri koruma standartları düşük ülkelerle veri paylaşımı sınırlı tutulmaktadır (Kagermann vd., 2013: 60). Bu noktada, AB ülkeleri ile çok yoğun iş yapan Türkiye gibi ülkelerin şimdiden bu konuda gerekli

önlemleri almaları ve sıkı veri güvenliği tedbirleri uygulamaları gelecekte iş ve pazar kaybı yaşamamaları için gereklidir. Ayrıca hukuki düzenlemelerin sadece sorun çözüme odaklı değil inovasyonu destekler nitelikte olması, bir yandan şirketlerin sır denilebilecek bilgilerini korurken diğer yandan da yatay ve dikey entegrasyonun gerektirdiği ölçüde veri aktarımını mümkün kılması önemlidir (Kagermann vd., 2013: 58).

3.2.8. Kaynak Verimliliği

Üretim ve tüketim süreçlerinde kaynakların verimli kullanılması üretim maliyetleri ve etkinlik açısından önemlidir. En büyük hammadde ve enerji tüketicisi olan imalat sanayi bir yandan çevreyi korumak, diğer yandan da üretimde ihtiyaç duyulan hammadde ve enerjinin arz güvenliğini sürdürülebilir kılmak zorundadır. Bu noktada daha etkin ve verimli üretim sözü veren dijital dönüşümle birlikte gelen karanlık akıllı fabrikalar, daha az insan ve daha az maliyet anlamına gelen yeni iş tasarımları enerji tüketimini asgari seviyeye indirecektir (Kagermann vd., 2013: 62).

3.3. Türkiye ve Almanya Yol Haritalarının İçerik Bakımından Karşılaştırılması

Tablo 1 Türkiye ve Almanya yol haritalarının yoğunlaştığı temel noktaları gösterir. Her iki ülkenin yol haritası incelendiğinde bazı bileşenlere farklı isimler verilse de temelde büyük benzerlikler olduğu görülür. Örneğin, Türkiye'de 'insan' bileşeni adı altında bahsedilen konu dijital dönüşüme hazır olacak ve onu yönlendirecek insan kaynağının yetiştirilmesidir, yani Almanya yol haritasının 'eğitim ve sürekli mesleki gelişim' ve 'iş organizasyonu ve tasarımı' başlıkları altında çalıştığı konudur. Her iki ülkenin de 3. madde olarak ele aldığı 'altyapı' ile kastedilen, teknoloji konusunda sağlam bir altyapının tüm ülkeyi donatmasıdır. Türkiye'de 'yönetişim' başlığı altında çalışılan konu Almanya'da 'karmaşık sistemlerin yönetilmesi' alanı ile çok benzer. Ancak, Almanya'da modelleme konusuna bu başlık altında çokça vurgu

yapılmış, bu vurgu Türkiye'nin yol haritasında eksik kalmıştır. Dijital dönüşümde çok kilit bir rol oynayacak olan modelleme konusu Türkiye'de henüz gündeme bile gelmemiştir. Buna karşılık

Türkiye'nin yol haritasında 'insan' bileşeni çatısı altında kodlama eğitiminin öneminden bahsedilmiş ve bu konuda bazı hedefler belirlenmiştir.

Tablo 1: Türkiye ve Almanya'nın Dijital Dönüşüm Yol Haritalarının Temel Bileşenleri

Dijital Türkiye Yol Haritasının 6 Temel Bileşeni	Alman Standartlaşma Yol Haritasının 8 Anahtar Alanı
1- İnsan	1- Standardizasyon ve Referans Mimari
2- Teknoloji	2- Karmaşık Sistemlerin Yönetilmesi
3- Altyapı	3- Kapsamlı Geniş Bantlı Altyapı
4- Tedarikçiler	4- Güvenlik ve Emniyet
5- Kullanıcılar	5- İş Organizasyonu ve Tasarımı
6- Yönetişim	6- Eğitim ve Sürekli Mesleki Gelişim
	7- Düzenleyici Çerçeve
	8- Kaynak Verimliliği

Kaynak: BSTB (2018a: 120); German Standardisation Roadmap for Industrie 4.0 (2016).

Almanya yol haritasının birinci maddesi olan standardizasyon ve referans mimari, Türkiye'de 'altyapı' ve 'yönetişim' başlıkları altında kendisine yer bulmuştur. Türkiye'nin yol haritasında 'standardizasyon' konusu daha çok veri iletişim standartları olarak algılanmıştır. Ürün, hizmet ve süreçlerin standartlarının belirlenmesinden Dijital Türkiye Yol Haritasında hiç bahsedilmemiştir. Endüstri 4.0 konusu alt başlıkları içinde uluslararası akademik camiada en çok çalışılan konulardan birisi olan standardizasyon konusunda araştırmacılar en çok birlikte çalışabilirlik ve ağ iletişim standartlarına yoğunlaşmışlardır (Liao vd., 2017: 3616). Ancak Kagermann vd. (2016: 7-8)'ne göre standartlaşma sadece veri iletişimi ile sınırlı olmamalıdır; referans mimari, veri değişimi, semantik, kelime dağarcığı, taksonomi, ontoloji ve arayüzlerin de sanayide dijital dönüşüm gibi pek çok farklı alanı birbirine entegre etmek isteyen bir sistem için standardize olması gereklidir.

Türkiye'nin dijitalleşme yol haritasında doğrudan görünür olmayan 'veri güvenliği' konusu 'altyapı' başlığı altında konumlandırılmıştır. Dijitalleşen dünyanın

en mühim gereksinimlerinden biri olan düzenleyici çerçeve ve hukuki altyapının dijital dönüşüme uygun olarak yeniden tanzim edilmesi Türkiye'nin dijitalleşme yol haritasında yer almış, ancak bu konuda herhangi bir eylem planı yapılmamıştır.

Özetle, Türkiye'nin dijitalleşme yol haritasında zamanla geliştirilmesi gereken kısımlar vardır. Örneğin, standartlaşma sadece veri iletişim standartları olarak ele alınmış, çok daha genel anlamda çalışılması gereken yönleri dikkate alınmamıştır. Dijitalleşme ile ortaya çıkacak yeni iş organizasyonu ve iş/işyeri tasarımı ve modelleme Türkiye'nin yol haritasında hiç bahsedilmeyen, ancak zamanla önemi anlaşılacak olan konulardır. Hukuki altyapının dijital dünyanın gerekliliklerine cevap verecek şekilde düzenlenmesi konusunda ise gecikmeden, tüm süreçler henüz tasarlanma aşamasında iken çalışma yapılması gereklidir.

4. TÜRK VE ALMAN ŞİRKETLERİN DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ

4.1. Alman Şirketlerin Dijital Dönüşüm Yolculuğu

Almanya'nın Endüstri 4.0 yol haritasını yeni hazırladığı 2013 yılında, Almanya Endüstri 4.0 Platformu'nun önde gelen kurumları Bitkom, VDMA ve ZVEI aracılığı ile çoğunlukla makine ve tesis üretiminde aktif olan 284 Alman şirketi ile yapılan ve Endüstri 4.0 konusunda firmaların eğilimini ölçen anket sonuçlarına göre, Alman şirketleri dijital dönüşümde karşılaşılabilecekleri en büyük sorun olarak standartlaşmayı belirtmişlerdir. Standartlaşmayı takip eden diğer sorunlar ise süreç ve iş organizasyonu, mevcut ürünler, yeni iş modelleri, güvenlik ve veri koruma sorunları, Endüstri 4.0 konusunda bilgilendirme ve devamlı kendini yenileme ve hukuki çerçeve olarak belirtilmiştir. Ankete katılan firmalar dijital dönüşümü başaran şirketlerin tecrübelerinden istifade etmek istemektedirler. Ayrıca, Alman şirketleri Endüstri 4.0 konusunda düzenli bilgilendirilme, çalışma gruplarında yer alma, eğitim ve seminerler düzenlenmesi, sosyal ortaklıklar, akademi ve şirketlerin birlikte çalışması gibi konularda profesyonel destek istemektedirler (VDMA, 2013: 6).

Almanya'da 2013 yılından 2018 yılına dek dijitalleşme konusunda çok hızlı ilerleme kaydedilmiştir. Bu süreçte kamu, eğitim ve araştırma kurumları ile büyük şirketler uyum içinde çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu bakımdan yukarıda bahsedilen 2013 yılına ait anket sonuçları, Almanya'nın dijital dönüşüme başlangıç safhasını temsil eder.

Industry of Things (2018) tarafından düzenli olarak her yıl 323 firma³ ile yapılan

³ Ankete katılan şirketlerin yüzde 29,4'ü küçük (en fazla 99 çalışan), yüzde 24,8'i orta (100-999 çalışan arası) ve yüzde 43,1'i büyük (1000 ve daha fazla çalışan) ölçekli şirketler olarak sınıflandırılmıştır. Bu şirketler makine ve tesis mühendisliği, hizmet, elektrik ve otomasyon teknolojisi, otomobil ve yedek parçaları, lojistik, ticaret, kamu, kimya ve eczacılık, bilişim

anket sonuçları Almanya'da nesnelerin interneti (Internet of Things) ve Endüstri 4.0 konusuna olan ilginin artarak devam ettiğini göstermektedir. Katılımcıların dijitalleşmeden sadece bu teknolojilerden para kazananların değil de tüm toplumun faydalanacağını belirtmesi, bu dönüşümün toplumun tüm kesimlerinde kabul gördüğünün bir göstergesidir. 2017 yılında Endüstri 4.0 teknolojilerini planlama ve uygulama aşamasının henüz başında olduğunu belirten şirketler 2018 yılında projelerini hayata geçirmeye başlamışlardır. Ankete katılan şirketlerin yüzde 32,8'inin Endüstri 4.0 projelerini hayata geçirdiği, yüzde 44,9'unun proje uygulama aşamasında olduğu, yüzde 43,7'sinin henüz planlama yaptığı, yüzde 8'inin ise dijitalleşme konusunda herhangi bir proje planlamadığı belirtilmiştir. Bir önceki yıla göre gerçekleştirilen proje sayısında yüzde 9, uygulama aşamasındaki projelerde ise yüzde 2,5 oranında bir artış söz konusu iken, herhangi bir proje planlamayan şirketlerin oranı yüzde 8 azalmıştır. Anket sonuçlarına göre şirketlerin büyüklüğü Endüstri 4.0 proje uygulamalarını olumlu ölçüde etkilemekte, küçük ve orta ölçekli firmalarda uygulamalar daha sınırlı olmaktadır. Almanya'nın dijital dönüşüm yolculuğunda karşılaşılan problemler ve yanlış yönlendirilmiş proje oranı bir önceki yıla göre yüzde 12,2 artmıştır. Bu da göstermektedir ki, dijital dönüşüm yolculuğuna başlayıp bu konuda ilerledikçe, başlangıçta öngörülemeyen sorunlarla karşılaşmaktadır.

Tablo 2 Alman şirketlerin 2017 yılında sanayide dijital dönüşüm uygulamalarında en çok karşılaştıkları sorunları, Alman Standartlaşma Yol haritasının sekiz anahtar alanı ile ilişkilendirerek göstermektedir. Alman şirketlerin uygulamada sıklıkla karşılaştıkları problemler dijital dönüşümün çalışanlar, bölüm şefleri ve müşteriler tarafından kabul görmemesi, veri sorunları (veri kaynağı, aidiyet, güvenlik), firma

teknolojileri ve telekomünikasyon alanlarında faaliyet göstermektedirler. Detaylı bilgi için bkz. <https://www.bigdata-insider.de/umfrage-zum-trendthema-industrie-40-v-39222-12529/>

içinde koordinasyon sorunları, mevcut yapının Endüstri 4.0 uygulamalarını zorlaştırması, tanımlanmamış standartlar, aynı işin farklı katmanlarda yapılmasından kaynaklı arayüz problemleri ve yetersiz kapasite olarak belirtilmiştir (Industry of Things, 2018). 2017 yılında Almanya'da şirketlerin Endüstri 4.0 uygulamalarında karşılaştıkları sorunların Alman Standartlaştırma Yol Haritası'nda belirtilen 8

anahtar alandan en çok iş organizasyonu ve tasarımı ve karmaşık sistemlerin yönetilmesi ile bağlantılı olduğu görülür. Ayrıca bu sorunlar eğitim ve mesleki gelişimin, veri güvenliğinin, ağ altyapısının, standartlaşma ve düzenleyici çerçevenin de dijital dönüşüm uygulamalarında ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: Alman Şirketlerin Endüstri 4.0'ı Hayata Geçirme Aşamasında Sıklıkla Karşılaştıkları Problemler ve Bu Sorunların Alman Standartlaştırma Yol Haritası ile İlişkilendirilmesi

Endüstri 4.0 Uygulamalarında Karşılaşılan Problemler	Problemin Anahtar Alan ile İlişkisi
Dijital dönüşümün çalışanlar, bölüm şefleri ve müşteriler tarafından kabul görmemesi	- İş Organizasyonu ve Tasarımı - Eğitim ve Sürekli Mesleki Gelişim
Veri sorunları	- Kapsamlı Geniş Bantlı Alt Yapı - Emniyet ve Güvenlik
Firma içinde koordinasyon sorunları	- İş Organizasyonu ve Tasarımı - Karmaşık Sistemlerin Yönetilmesi
Mevcut yapının Endüstri 4.0 uygulamalarını zorlaştırması	- Karmaşık Sistemlerin Yönetilmesi - İş Organizasyonu ve Tasarımı - Düzenleyici Çerçeve
Tanımlanmamış standartlar	- Standardizasyon ve Referans Mimari
Aynı işin farklı katmanlarda yapılmasından kaynaklı ara yüz problemleri	- Karmaşık Sistemlerin Yönetilmesi - İş Organizasyonu ve Tasarımı
Yetersiz kapasite	- Kapsamlı Geniş Bantlı Alt Yapı - Düzenleyici Çerçeve - Eğitim ve Sürekli Mesleki Gelişim

Kaynak: Industry of Things (2018) ve Kagermann vd. (2013) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Industry of Things (2018) anketine katılan şirketlerin yüzde 40'ı Endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti konusunda Almanya'nın önceki yıllara göre daha iyi olmadığını düşünmektedir. Bu oranın bir önceki yıla göre yüzde 11 artması da dikkat çekicidir. Alman şirketler, Almanya'nın Endüstri 4.0 konusunda en başta gösterdiği kararlılık ve heyecanı son zamanlarda görmediklerini ifade etmektedirler. Ayrıca, küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijitalleşmesi sınırlı finansman ve kaynak nedeniyle büyük firmalara göre daha zor olmaktadır. Bu bağlamda, katılımcıların yüzde 35'inin Endüstri 4.0 konusunun orta ölçekli firmalara ulaşmadığı kanaatinde

olması ve bu oranın bir önceki yıla göre neredeyse hiç değişmemesi Almanya'nın üzerinde düşünmesi gereken bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

Küçük, orta ve büyük ölçekli şirketlerin dijitalleşme konusuna yaklaşımları ve dijitalleşmeyi algılama seviyeleri farklıdır. Ayrıca, küçük ve orta ölçekli şirketler dijitalleşmeye karar verseler dahi kaynak bulmada sıkıntı yaşamaktadırlar. Bu farklılıkların göz önüne alınması ve ekonominin can damarı olan küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital dönüşümü için özel bir program geliştirilmesi zorunludur (Industry of Things, 2018: 10).

4.2. Türk Şirketlerin Sanayide Dijital Dönüşüm Yolculuğu

4.2.1. Türkiye'de Teknoloji Kullanıcısı Şirketler Dijital Dönüşüme Ne Kadar Hazır?

Türkiye'de sanayide dijital dönüşüm konusunda yapılan çalışmalar resmi anlamda 2016 yılı Şubat ayında Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) toplantısında alınan 'Akıllı üretim sistemlerine yönelik çalışmaların yapılması' kararı ile başlar. Aynı yılın Aralık ayında Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu kurulur ve bu platform bünyesinde altı çalışma grubu oluşturulur. Bu çalışmalar çerçevesinde 2016 yılından itibaren Türkiye'de şirketlerin dijital olgunluk seviyesini ölçen anketler yapılmaya başlanır.

TÜSİAD ve Boston Consulting Group (BCG)'un Türkiye'de imalat sanayinde aktif olan 108 şirket üzerinde yaptığı araştırma sonuçlarına göre, 2016 yılında şirketlerin yüzde 77'si sanayide dijital dönüşüm hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtirken 2017 yılında bu oranın yüzde 90'a yükseldiği görülür. Ancak sanayide dijital dönüşüm konusunda farkındalık seviyesi artmasına rağmen, katılımcıların sadece yüzde 61'i bu dönüşüme hazır olduğunu düşünmektedir. Bu oranın sanayide dijital dönüşüm hakkında sahip olunan bilgi seviyesi arttıkça daha da düşeceği beklenmektedir. Diğer yandan, araştırmada sorulan bazı sorulara verilen cevaplar şirketlerin dijital dönüşüm meselesini yeterince anlamadıklarını göstermektedir. Örneğin, şirketler sanayide dijital dönüşümden elde edilecek faydaları daha çok üretim ve kaynak verimliliğine indirgemekte, ciro artışı, ürünün pazara gelme süresinde kısalma, inovasyon kabiliyetinde iyileşme ve çalışan memnuniyeti gibi konulardaki potansiyel katkıları çok önemsemediklerini ifade etmektedirler (TÜSİAD-BCG, 2018: 38).

Araştırmaya katılan şirketlerin çoğunluğunun kurumsal kaynak planlama yazılımları ve üretim yönetim sistemlerini kullandıkları tespit edilmiştir. Endüstri 4.0

teknolojilerinden büyük veri analizi, yatay ve dikey entegrasyon ve bulut bilişim gibi uygulamaların kullanılabilmesi için şirketlerin otomasyon sistemini kurmuş olması gerektiği göz önüne alınır, şirketlerin dijital dönüşüm alt yapısının belli ölçüde hazır olduğu sonucuna varılabilir. Ancak, tam ve yarı otomasyon sistemine sahip olma oranı büyük şirketlerde yüzde 41 iken, küçük şirketlerde sadece yüzde 18'dir. Araştırmaya katılan şirketlerin yarısı siber güvenlik ve sensör teknolojilerini yaygın olarak kullanırken, eklemeli imalat, yapay zeka ve artırılmış gerçeklik gibi uygulamalarda çok düşük bir kullanım oranı dikkat çeker. Bu araştırma sonuçlarına göre Türkiye'deki sanayi şirketleri dijital dönüşüm yolculuğunda henüz pilot projeleri uygulama aşamasındadır. Ayrıca şirketlerin yönetim ve strateji geliştirme noktasında profesyonel desteğe ihtiyaçları olduğu görülür. Şirketlerin altyapı ve farkındalık seviyeleri bu sanayide dijital dönüşüm uygulamalarında bir noktaya kadar uyum sıkıntısı çekilmeyeceği anlamına gelmektedir (TÜSİAD-BCG, 2017: 39). Ancak, Almanya örneğinde de görüldüğü üzere (Industry of Things, 2018: 7), Endüstri 4.0 uygulamalarına başlanıldığında daha önce öngörülemeyen sorunlar ortaya çıkmakta, bağlantı standartları, ağ altyapısının yetersiz ve standartların henüz belirlenmemiş olması uygulamada pek çok problem yaşanmasına ve güven kaybına neden olmaktadır.

TÜSİAD-BCG (2017: 54) araştırmasına katılan şirketler bu dönüşümde karşılaşılabilecekleri en büyük iki engel olarak yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve yatırım geri dönüşünün belirsizliğini sıralamaktadır. Kalifiye eleman ve alt yapı yetersizliği, ve dijital teknolojiler konusunda bilgi eksikliği üçüncü ve dördüncü büyük engel olarak karşımıza çıkar. Bu durum Türkiye'nin teknoloji kullanıcıları şirketlerinin henüz yatırım maliyetlerini düşünmekten, sanayideki dijital dönüşümün temel teknolojilerine odaklanmadığını gösterir.

2017 yılında T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından imalat sanayinde dijital dönüşüme öncü olma potansiyeli taşıyan ve kendine özel Ar-Ge merkezine sahip olan işletmeler arasında 144'ü teknoloji kullanıcısı (yüzde 61'i büyük şirket), 106'sı teknoloji tedarikçisi (yüzde 85'i KOBİ) olan 250 işletmenin katıldığı bir anket çalışması yapılmıştır (BSTB, 2018a: 71). Bu anket sonuçlarına göre işletmelerin ürünlerin pazara ulaşım hızını artıracak uygulamalara önem verdiği, ancak müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini anlamayı sağlayacak büyük veri ve ileri analitik gibi dijital teknolojilere olan ilgisinin çok az (yüzde 4-7) olduğu görülür. Ankete katılan firmaların üretim faktörlerinin (makine ve işgücü) takibine çok önem verdiği (5 üzerinden 3,6 ve 3,5 puan), ancak endüstriyel robotlardan faydalanma oranının çok düşük olduğu (yüzde 4,8) dikkat çeker. Ayrıca, imalat sanayi işletmelerinin yüzde 42'sinin dijital pazarlama yapmadığı veya çok temel düzeyde dijital pazarlama yetkinliğine sahip olduğu görülür. 144 imalat sanayi işletmesinin yüzde 60'ı satış sonrası hizmetlerinin olmadığını belirtir. Bu bulgular, ankete katılan ve Türkiye'nin ortalama firmalarına göre görece daha iyi durumda olan şirketlerin bile dijital dönüşüm konusunda sıkıntı çekeceği anlamına gelmektedir (BSTB, 2018a: 91).

4.2.2 Türkiye'de Teknoloji Tedarikçisi Şirketlerin Dijital Dönüşümü

Türkiye'nin teknoloji kullanıcısı şirketleri yapay zeka ve akıllı sistemler, simülasyon, artırılmış gerçeklik, robot, otomasyon, sensörler ve eklemeli imalat gibi donanım odaklı teknolojilerde yabancı üreticileri tercih ettiklerini belirtirler. Endüstriyel internet, yatay ve dikey entegrasyon ve siber güvenlik gibi yazılım yoğunluklu teknolojilerde yerli tedarikçiler tercih edilmektedir (BSTB, 2018a: 101). Bu durum Türkiye'deki tedarikçilerin yazılım konusunda daha yeterli olduğunu, donanım alanında ise kullanıcılara bu güveni veremediklerini gösterir.

Ayrıca, Türkiye'de teknoloji üreticisi şirketlerin sadece yüzde 30'u ihracat yaptığını belirtmekte, bunların yüzde 7'si yaptıkları ihracattan yüzde 81-100 bandında bir gelir elde etmektedir (BSTB, 2018a). Yerli teknoloji tedarikçilerinin ihracat yapma oranının ve ihracat gelirlerinin düşük olması, uluslararası alanda rekabetçi olamadıklarını ve büyük ölçüde yerel pazara mahkum olduklarını gösterir. BSTB (2018a)'nin ortaya çıkardığı sorunlara çözüm olarak, yerli teknoloji tedarikçisi şirketlerle teknoloji kullanıcısı firmalar arasında daha iyi bir iletişim kurulması, donanım alanında çalışan tedarikçi şirketlerin kullanıcı şirketlerin ihtiyacını karşılayabilecek seviyeye getirilmesi, yazılım alanında çalışan ve donanıma göre görece iyi olan tedarikçi şirketlerin de kullanıcıların ihtiyacını karşılama oranının yüzde 50-70 bandından daha yukarılara çekilmesi önerilmektedir. Bu konularda yapılacak iyileştirmeler, Türkiye'nin dijital dönüşüm teknolojilerinde kendi kendine yeten bir konuma gelmesine zemin hazırlayacaktır.

Türkiye'nin teknoloji üreticisi ve tedarikçisi olan firmalarını dünya ülkeleriyle kıyaslayan TÜSİAD -BCG (2017: 54), Türk şirketlerinin gelişmiş ülkelere nazaran halen yatırım öncesi ve planlama aşamasında olduğunu, ayrıca ülke içinde kullanıcı ve tedarikçi firmalar arasında büyük bir kopukluk görüldüğünü belirtir. Kalifiye eleman eksikliği Alman ve ABD'li şirketlere göre dijitalleşme yolunda en büyük problem iken, Türk şirketleri için üçüncü büyük problemdir, Türkiye'de yatırım maliyeti ve yatırım geri dönüşünün belirsizliği daha ciddi bir sorun olarak algılanmaktadır. Alman ve ABD'li şirketler için veri güvenliği ikinci büyük engel olarak görülürken, Türk şirketlerine göre en büyük ilk beş engel arasında bile değildir. Bu sonuçlar Türkiye'deki teknoloji şirketlerinin dijital dönüşümün henüz başında olduğunu gösterir, bu şirketlerin uygulamaya geçtikçe dijital dönüşüm konusunda daha farklı problemlerle yüzleşmeleri beklenmektedir.

Türkiye’de teknoloji kullanıcıları şirketler yerli tedarikçiler yerine yabancı tedarikçileri tercih etmektedir (TÜSİAD-BCG, 2017: 55). Bu noktada yapılması gereken, yerli tedarikçilerin yetkinlik seviyesini ve üretim kalitesini artıracak önlemler almak, daha ulaşılabilir olmalarını sağlayacak platformlar kurmak, yerli kullanıcı ve tedarikçileri sık sık bir araya getiren mekanizmalar inşa etmektir. Ayrıca yerli teknoloji tedarikçileri çoğunlukla büyük şirketler değil, start-up yapısındaki firmalar olduğu için yatırım, girişimcilik ve yönetim anlamında ihtiyaçları olan profesyonel desteğin kendilerine devlet tarafından sağlanması gereklidir. Almanya KOBİ’lerinin bu ihtiyacını karşılamak için ‘Dijital Ol’ programını geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur (BMWİ, 2018b). Benzer şekilde Dijital Türkiye Yol Haritası’nda ve eylem planlarında da KOBİ’lere oldukça geniş yer ayrılmış ve topyekün dijitalleşmenin KOBİ’ler dijitalleşmeden olmayacağı vurgulanmıştır (BSTB, 2018a).

4.2.3. Türkiye’deki Teknoloji Tedarikçisi ve Kullanıcısı Şirketlerin İletişimsizlik Problemi

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından kendi Ar-Ge merkezi olan 106 teknoloji tedarikçisi şirket ile yapılan araştırma sonuçlarına göre Türkiye’nin teknoloji kullanıcıları büyük işletmeleri Türk tedarikçiler yerine kendini ispatlamış yabancı tedarikçilerin hazır çözümlerini tercih etmektedirler. Türkiye’deki tedarikçilere göre ise müşterileri dijital teknolojilerin fayda maliyet analizini doğru yapamamakta, dijital teknolojileri yeterince tanımamakta ve dijitalleşmeye öncelik

vermemektedir. Tedarikçi şirketler buldukları ekosistemde öncelikli olarak geliştirilmesi gereken öncelikli alanların dijitalleşme konusunda bilinçli ve işbirliğine açık bir müşteri kitlesi, ve finansman imkanları olduğunu belirtmektedir. Diğer yandan Türkiye’deki teknoloji kullanıcıları şirketler teknoloji tedarikçisi şirketlerin fiyatlarını hiç uygun bulmadıklarını belirtirken, tedarikçileri en çok yazılım ve bilgi işlem konusunda yeterli görmektedir. Ancak, genel toplamda Türkiye’deki imalat sanayi işletmelerinin teknoloji tedarikçilerini yeterli bulmadığı ortaya çıkmaktadır (BSTB, 2018a: 100).

Türkiye’de dijital teknoloji kullanıcıları ve tedarikçisi şirketlerin buldukları ekosistemde geliştirilmesi gereken ilk dört alan, kullanıcı ve tedarikçilerin birlikte iş yapma kültürü, teknoloji ve yönetim konularında danışmanlık alma imkânları, kullanıcıların finansman imkânları ve kullanıcıların değer zincirindeki diğer oyuncularla iş birliği yapabilme kültürü olarak belirtilmiştir (BSTB, 2018a: 108). Her beş teknoloji tedarikçisinden dördü ve kullanıcıların yarısından fazlası ‘birlikte iş yapabilme kültürünü’ en büyük öncelik olarak değerlendirmiştir. Türkiye’nin teknoloji şirketleri ekosisteminde geliştirilmesi gereken alanların Dijital Türkiye Yol Haritasında belirtilen altı bileşenden kullanıcılar, tedarikçiler ve yönetim alanları ile doğrudan ilgili olduğunu görürüz (Tablo 3). Bu bulgular ışığında, Türkiye’nin sanayide dijital dönüşüm yol haritasında belirlediği üç alana yoğunlaşarak teknoloji şirketlerinin dijital dönüşümünü hızlandırabileceği sonucuna varılabilir.

Tablo 3: Türkiye’deki Teknoloji Şirketleri Ekosisteminde Geliştirilmesi Gereken Alanlar

Teknoloji Ekosisteminde Geliştirilmesi Gereken Alan	Sorunun Dijital Türkiye Yol Haritasında İlişkili Olduğu Bileşen
1- Kullanıcı ve tedarikçilerin birlikte iş yapma kültürü	- Kullanıcılar - Tedarikçiler - Yönetişim
2- Teknoloji ve yönetim konularında danışmanlık imkânları	- Teknoloji - Yönetişim - İnsan
3- Kullanıcıların finansmana erişim imkanları	- Kullanıcılar - Altyapı - Teknoloji
4- Kullanıcıların değer zincirindeki diğer oyuncularla iş birliği yapabilme kültürü	- Kullanıcılar - Yönetişim - Tedarikçiler - İnsan

Kaynak: BSTB (2018a) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Türkiye’nin teknoloji ekosisteminde görülen eksiklikleri gidermek için TÜSİAD önderliğinde Sanayide Dijital Dönüşüm Hızlandırıcı Programı (SD²) 2018 yılı ortalarında başlatılmıştır.⁴ Bu programa göre teknoloji kullanıcıları şirketler çözüm aradıkları bir sorun veya ürün hakkında ilana çıkacak, bu sorunu çözmek isteyen mikro, küçük veya orta ölçekli yerli tedarikçiler de kendi çözüm önerilerini sunacaklardır. Kullanıcının ihtiyacını karşılama potansiyeli olan tedarikçiler seçilerek her iki şirketin birlikte çalışması Sanayi-Teknoloji İleri Entegrasyon Programı (STEP) çerçevesinde devam edecek ve bu noktada konunun uzmanlarından profesyonel yardım alınacaktır. Bu program dahilinde Türkiye’nin teknoloji tedarikçisi firmalarının teknoloji ekosisteminde görünürlüğünün artması ve rekabetçiliğinin güçlendirilmesi hedeflenmektedir (TÜSİAD, 2018).

Dijitalleşme konusunda şirketlerin devletten beklediği en önemli dört adım kullanıcıların dijitalleşmesi yolunda gereken yatırımların desteklenmesi, devletin dijitalleşme uygulama ve yatırımlarını artırarak bizzat talep oluşturması, şirket ve insanlarda farkındalığı artırması ve eğitim sistemi

aracılığıyla dijitalleşme yetkinliklerini artırarak adaptasyonu sağlaması olarak sıralanmıştır (Tablo 4).

⁴ Programla ilgili detaylı bilgi için bkz. <https://tusiads2.org/>

Tablo 4: Türkiye’de Teknoloji Ekosisteminde Dijitalleşme Konusunda Devletten Beklenen Adımlar

Devletten Beklenen Adım	Dijital Türkiye Yol Haritasındaki Temel Bileşenlerle İlişki
1- Kullanıcıların dijitalleşmesi yolunda gereken yatırımların desteklenmesi	- Kullanıcılar - Teknoloji - Altyapı
2- Devletin dijitalleşme uygulama ve yatırımlarını artırarak bizzat talep oluşturması	- Teknoloji - Altyapı - Tedarikçiler
3- Devletin şirket ve insanlarda farkındalığı artırması	- İnsan - Kullanıcılar - Tedarikçiler
4- Eğitim sistemi aracılığıyla dijitalleşme yetkinliklerini artırarak adaptasyonu sağlaması	- İnsan

Kaynak: BSTB (2018a) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Sonuç olarak, Türkiye’de dijital dönüşüm konusunda devletten beklentiler de büyük ölçüde yatırım ve finansman konusuna indirgenmiş, şirketler dijitalleşmenin en büyük sorunlarından olan teknik ve hukuki altyapı ve siber güvenlik konularına olan ihtiyacın henüz farkına varamamıştır. Teknoloji üreten veya kullanan şirketlerin devletten beklediği adımları Dijital Türkiye Yol Haritası ile ilişkilendirdiğimizde, beklentilerin daha çok kullanıcılar, tedarikçiler, altyapı, insan kaynağı ve teknoloji konularında yoğunlaştığı görülür.

4.3. Türk ve Alman Şirketlerin Sanayide Dijital Dönüşümde Yaşadığı Problemler

Türk ve Alman şirketleri ile yapılan anket çalışmalarını ikincil veri olarak kullanarak yaptığımız değerlendirmeler ışığında edinilen bulgulara göre her iki ülkede sanayide dijital dönüşüm çok farklı evrelerde. Türkiye’nin dijital dönüşüm yolculuğundaki şirketleri en çok yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve yatırım geri dönüşünün belirsizliğinden şikayet etmektedir. Kalifiye eleman ve alt yapı yetersizliği ve dijital teknolojiler konusunda bilgi eksikliği dijital dönüşümde üçüncü ve dördüncü büyük engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bulgular Türkiye’nin teknoloji kullanıcıları şirketlerinin henüz yatırım maliyetlerini düşünmekten,

sanayideki dijital dönüşümün temel teknolojilerine odaklanmadığını gösterir. Türk şirketleri uygulamada karşılaşılabilecekleri siber güvenlik, yetersiz standartlar, dijitalleşme ile ortaya çıkacak olan yeni iş ve iş yeri tasarımı, yetersiz hukuki ve teknik altyapı gibi sorunların henüz farkına varamamışlardır.

Alman şirketleri 2013 yılında, yani dijitalleşme yolculuğunun başında en çok standartlaşma, süreç ve iş organizasyonunu dijital devrime uygun hale getirme, mevcut ürünlerin dijitalleşmesi, yeni iş modelleri, güvenlik ve bilgi koruma sorunları ile baş etmek zorunda kalacaklarını düşünmüşlerdir. Almanya son beş yılda sanayisini önemli ölçüde dijitalleştirmeye çalışmıştır. Alman şirketler 2018 yılına gelince dijital dönüşümün çalışanlar tarafından kabul görmemesi, veri sorunları, firma içinde koordinasyon sorunları, mevcut yapının Endüstri 4.0 uygulamalarını zorlaştırması, tanımlanmamış standartlar ve aynı işin farklı katmanlarda yapılmasından kaynaklı sorunlar ile karşı karşıya kalmıştır. Alman şirketlerle 2013 ve 2018 yılında yapılan anket sonuçları karşılaştırıldığında, standartlaşma ve karmaşık sistemlerin yönetilmesi, iş organizasyonu ve tasarımı konularının hala en büyük sorunlar olarak kaldığı görülür.

Sanayileşmede henüz Almanya'dan çok gerilerde olan Türkiye gelecek yıllarda Almanya'ya benzer problemleri kaçınılmaz olarak yaşayacaktır. Ancak, Almanya örneğinden dersler alınarak Türkiye'nin özellikle bu konularda eksikliklerini şimdiden tamamlamaya çalışması kendi yararına olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye ve Almanya'nın sanayide dijital dönüşüm sürecinde yaptıkları çalışmaları ve şirketlerin bu dönüşüme hazırlık durumlarını inceleyen ve karşılaştıran bu çalışmanın iki amacı vardır. Çalışmada ilk olarak, Almanya'nın 2013 yılında ilan ettiği Alman Standartlaşma Yol Haritası ile Türkiye'nin 2018 yılında yayınladığı Dijital Türkiye Yol Haritası içerik bakımından karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre, Türkiye'nin dijital dönüşüm yol haritasında standartlaşma sadece veri iletişim standartları olarak ele alınmış, ürün, süreç ve hizmet standartlarının belirlenmesi anlamında kullanılmamıştır. Ayrıca, karmaşık sistemlerin yönetilmesini kolaylaştıracak bir araç olan modelleme Türkiye'nin yol haritasında hiç bahsedilmeyen bir öğedir. Dijitalleşme ile ortaya çıkacak olan yeni iş organizasyonu, iş modelleri ve iş/işyeri tasarımı Türkiye'nin yol haritasında bahsedilmeyen, ancak zamanla önemi anlaşılacak olan konulardır. Türkiye'nin dijital dönüşüm yol haritasında hukuki altyapının dijital dünyanın gerekliliklerine cevap verecek şekilde düzenlenmesi konusuna değinilmiş, ancak bu konuda eylem planı hazırlanmamıştır.

Makalede ikinci olarak Türk ve Alman şirketlerin dijitalleşme konusunda yaşadıkları zorluk ve problemler karşılaştırılmıştır. Türk ve Alman şirketleri ile yapılan detaylı anket çalışmaları ışığında edinilen bulgulara göre, her iki ülkede sanayide dijital dönüşüm çok farklı evrelerde. Almanya'nın tam otomasyona zaten geçmiş olan şirketleri standartlaşma, siber güvenlik, iş organizasyonu, yeni iş

modelleri ve alt yapı gibi konular hakkında konuşurken, Türkiye'nin henüz 2. ve 3. Sanayi devrimi arasında sıkışıp kalmış ve otomasyona tam olarak geçememiş olan şirketleri 4. Sanayi devrimi konusunda yaşayacakları tüm zorlukları yatırım maliyetlerine indirgemişlerdir. Türk şirketleri uygulamada karşılaşacakları veri güvenliği, belirlenmemiş standartlar, dijitalleşme ile ortaya çıkan yeni iş ve iş yeri tasarımı, yetersiz hukuki ve teknik altyapı gibi sorunların henüz farkına varamamışlardır. Bu durum, Türkiye'de teknolojik olarak ortalamaya oranla görece iyi durumda olan firmaların bile sanayide dijitalleşmeye çok yüzeysel baktığını gösterir. Henüz yatırım planlama ve pilot proje seviyesinden uygulamaya geçememiş olan Türk şirketleri, Alman şirketlerinin uygulamada karşılaştığı dönüşüme olan inanç kaybı, çalışanların bu dönüşüme inanmaması, başarısız uygulamalar ve boşa giden yatırımlar gibi sonuçlara yakın gelecekte hazır olmalıdır. Alman şirketlerle 2013 ve 2018 yılında yapılan anket sonuçları standartlaşma, karmaşık sistemlerin yönetilmesi, iş organizasyonu ve tasarımı konularının sadece beş yılda çözülmesi mümkün olmayan büyük sorunlar olarak kaldığını göstermektedir.

Türkiye'deki şirketler ile yapılan araştırma sonuçlarına göre, Türkiye'nin teknoloji tedarikçisi ve kullanıcısı şirketleri birbirleri ile düzenli ve sağlıklı bir iletişim kuramamakta, bunun sonucunda da teknoloji arz ve talebinde ülke içinde bir denge sağlanamamaktadır. Tedarikçi ve kullanıcı şirketlerin birbiri ile düzenli bir iletişim kuramaması bu şirketlerin daha çok yabancı şirketlerin çözümlerini satın alarak ülkenin cari açığını artırması ile sonuçlanmaktadır. Bu noktada Dijital Türkiye yol Haritasında belirlenen kullanıcılar, tedarikçiler ve yönetim bileşenlerine yoğunlaşarak Türkiye şirketlerinin rekabetçiliğinin artırılması gereklidir. TÜSİAD'ın yakın zamanda öncülüğünü yaptığı Sanayide Dijital Dönüşüm Hızlandırıcı Program (SD²) gibi projelerin teknoloji tedarikçilerini destekleyerek Türkiye'nin teknoloji üreten

bir merkez olma hedefine ulaşmasını kolaylaştırması beklenmektedir.

Almanya'nın Endüstri 4.0 yol haritası ve Alman şirketlerin son beş yılda edindiği tecrübelerle göre dijital dönüşüm teknolojilerini kullanabilmek için firmaların süreçleri modellenmelidir olmalı, standartların ülke genelinde ortak tanımları yapılmalı ve uluslararası normlara ayak uydurması sağlanmalıdır. Ayrıca, çalışanların dijital dönüşüme inanması ve dijitalleşme ile gelen yeni işyeri ve iş tanımına alışması gereklidir. Türkiye'nin teknoloji ekosistemi dijitalleşme sürecinin henüz başında tespit edilen sorunlar çözüldüğü ve önde giden ülkelerin

tecrübelerinden faydalandığı takdirde gelişme fırsatı yakalayacaktır. Bununla birlikte, sanayide dijital dönüşümü gerçekleştirmek için yükseköğrenim kurumlarının bölgesel eğitimlere katılımı artırılmalı, Türkiye'de en büyük problemlerden biri olarak zikredilen farkındalığı artırma konusunda çeşitli kampanyalar ve eğitim programları düzenlenmelidir. Makalemizin bulgularına göre, sanayide dijitalleşme sürecinin henüz başında, hukuki alt yapı da dijital dünyanın gerekliliklerine uygun hale getirilmelidir. Aksi halde, bazı sorunları yaşadıkten sonra yapılacak düzenlemeler mevcut hukuki düzenin yaptırım sorunu yaşamasına yol açabilir.

KAYNAKÇA

1. BMWi (2017) 10-Punkte Plan für Industrie 4.0. Handlungsempfehlungen der Plattform Industrie 4.0. https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/handlungsempfehlungen-10-punkteplan.pdf;jsessionid=D659EA1E137152FD3CD39F9E7CCFAA40?__blob=publicationFile&v=4, 26.09.2018
2. BMWi (2018a) Forschungsbericht Industrie 4.0 Anwenden. https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/hm-2018-fortschrittsbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=5, 01.10.2018.
3. BMWi (2018b) Go-digital: Den Mittelstand auf dem Weg in die digitale Zukunft begleiten. <https://www.innovation-beratung-foerderung.de/INNO/Navigation/DE/go-digital/go-digital.html>, 15.09.2018.
4. BOYES H., HALLAQ B., CUNNINGHAM J.ve WATSON T. (2018) 'The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework', Computers in Industry: 101-112.
5. BSTB (2018a). Türkiye'nin Sanayi Devrimi Dijital Türkiye Yol Haritası, <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>, 29.07.2018.
6. BSTB (2018b). Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı.
7. BTK (2018) Siber Güvenlik. <https://www.btk.gov.tr/siber-guvenlik-genel-bilgi>, 8.11.2018.
8. BULUT E., AKÇACI T. (2017). "Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi", ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD) ASSAM International Refereed Journal Sayı: 7: 50-72.
9. ÇELİK, K., ÖZKAN, A., (2017) Eklemeli İmalat Yöntemleri İle Üretim ve Onarım Uygulamaları. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5: 107-121.
10. EBSO (2015). Sanayi 4.0 Uyum Sağlamayan Kaybedecek!. Ege Bölgesi Sanayi Odası, İzmir.
11. EĞER, E. (2018). Endüstri 4.0 ile Birlikte Gelecek 10 Yeni Meslek. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu. Erişim: 10.11.2018 <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-birlikte-gelecek-10-yeni-meslek/>

12. FIRAT, S. Ü. ve FIRAT O. Z. (2017). Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, 114: 10-23.
13. FRAUNHOFER IOSB (2018) Einheitliches Glossar für Begriffe der Industrie 4.0, <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/49000/>, 10.10.2018.
14. GERMAN STANDARDISATION ROADMAP INDUSTRIE 4.0 (2016), Version 3. <https://www.din.de/blob/65354/572187/67bd6da1927b181b9f2a0d5b39/roadmap-i4-0-e-data.pdf>, 15.09.2018.
15. GÜR, N., ÜNAY, S. ve DİLEK Ş. (2017). Sanayiye Yeniden Düşünmek. Küresel Teknolojik Dönüşümün Dünya ve Türkiye Ekonomisine Yansımaları. İstanbul: SETA Kitapları.
16. HERMANN M., PENTEK T. ve OTTO B. (2015). “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A literature review”, Working Paper No. 01/2015, Technical University of Dortmund and Audi.
17. IIoT (2018) “What Is the Industrial Internet?”, <https://www.iiconsortium.org/about-industrial-internet.html>, 20.09.2018
18. IHK MÜNCHEN UND OBERBAYERN (2018) Glossar, <https://ihk-industrie40.de/glossar/>
19. INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM (2018). Industrial Internet Consortium. <http://www.iiconsortium.org/>, 05.09.2018.
20. INDUSTRY OF THINGS (2018). Umfrage zum Thema Industrie 4.0. <https://www.bigdata-insider.de/umfrage-zum-trendthema-industrie-40-v-39222-12529/?checkout>, 10.08.2018.
21. JAPONYA HÜKÜMETİ KABİNE OFİSİ (2016). Society 5.0. http://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html, 29.07.2018.
22. KAGERMANN, H., W. LUKAS ve W. WAHLSTER (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI nachrichten*, 13.
23. KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. ve HELBIG, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. <http://alvarestech.com/temp/tcn/CyberPhysicalSystems-Industrial4-0.pdf>, 18.08.2018.
24. KESAYAK, B. (2018). “Endüstri 4.0’da Sensörlerin Önemi”, Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, <http://www.endustri40.com/endustri-4-0da-sensorlerin-onemi/>, 05.07.2018
25. KAGERMANN, H., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., SCHUH, G., WAHLSTER, W., (2016). Industrie 4.0 im Globalen Kontext, *Acatech Studie*. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_de_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf, 10.09.2018.
26. LEE, J., KAO H. A. ve YANG S. (2014) Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP* 16 (2014): 3 – 8.
27. LIAO YONGXIN, FERNANDO DESCHAMPS, EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES & LUÍZ FELÍPE PIERIN RAMOS (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55:12, 3609-3629, DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576.
28. MCAFEE, A., ve BRYNJOLFSSON, E. (2012). Big data: the management revolution. *Harvard business review*, 90(10): 60-68.

29. MİRZAOĞLU, A. G. (2011) Bulut Bilişimin Teknik, Uygulama ve Düzenleme Boyutuyla Değerlendirilmesi, Dünya Örnekleri ve Ülkemize İlişkin Öneriler. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Bilişim Uzmanlığı Tezi. <https://www.btk.gov.tr/uploads/thesis/bulut-bilisinin-teknik-uygulama-ve-duzenleme-boyutuyla-degerlendirilmesi-dunya-ornekleri-ve-ulkemize-iliskin-oneriler.PDF>, 16.10.2018
30. NIST (2011) The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf>, 15.10.2018
31. NUROĞLU, E., ve NUROĞLU, H. H., (2018a). Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşümü: Almanya Yol Haritasından Alınacak Dersler. 14th International Conference On Knowledge, Economy & Management Proceedings, İstanbul.
32. NUROĞLU H. H., ve NUROĞLU E., (2018b). Türkiye'nin Yeni Sanayi Devrimine Yaklaşımı Nasıl Olmalı?. Uluslararası Uygulamalı İktisat ve Sosyal Bilimler Konferansı Tam Metin Kitabı (ICEESS'18), Bandırma.
33. NUROĞLU E., NUROĞLU H. H. (2018c). "Endüstri 4.0'ı Türkiye'nin Dış Ticareti İçin Bir Fırsat Penceresine Dönüştürmek", Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 16, Özel Sayı Eylül 2018, 329-346. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/556717>, 20.10.2018
34. ÖZLÜ, F. (2018) Kalkınmada Anahtar Verimlilik, T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Aylık Yayın Organı, 30(352): 6-7.
35. ÖZSOY, K., DUMAN B., (2017). "Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği", International Journal of 3d Printing Technologies and Digital Industry 1:1: 36-48.
36. ÖZTÜRK S. (2018) İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü. Kalkınmada Anahtar Verimlilik, T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Aylık Yayın Organı, 30(352): 19-25.
37. PLATFORM INDUSTRIE 4.0 (2018). Glossar. <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/Glossar/glossar.html>, 09.09.2018.
38. PORTER, M. E., ve MİLLAR, V. E. (1985). How Information Gives You Competitive Advantage: The Information Revolution Is Transforming the Nature of Competition. Harvard Business Review, 85-103.
39. SMART INDUSTRY (2018) Smartindustry.nl, 30.07.2018.
40. TÜBİTAK (2016). Yeni Sanayi Devrimi Akıllı üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası.
41. TÜRKİYE'NİN ENDÜSTRİ 4.0 PLATFORMU (2018) 7 Adet Dijital Dönüşüm Merkezi Açılıyor. <http://www.endustri40.com/7-adet-dijital-donusum-merkezi-aciliyor/>, 01.08.2018
42. TÜSİAD ve BCG (2016). Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi. İstanbul: TÜSİAD. <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>, 03.02.2018.
43. TÜSİAD ve BCG (2017). Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği. Yayın No: TÜSİAD-T/2017,12 – 589, İstanbul.
44. TÜSİAD (2018) Sanayide Dijital Dönüşüm Hızlandırıcı Programı. <https://tusiadsd2.org/>, 25.07.2018.
45. VDMA (2013). Tendenzumfrage der Plattform Industrie 4.0. <https://www.vdma.org/documents/105628/900795/Tendenzumfrage%20der%20>

0Plattform%20Industrie%204.0.pdf/85
57c502-a5c3-489c-8b1a-
db14c3514a14, 31.07.2018.

46. WANG SHİYONG, JĪAFU WAN, DĪ LĪ, VE CHUNHUA ZHANG (2016). “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”. International Journal of Distributed Sensor Networks, Volume 2016.
47. YILDIRIM, F. (2018) Dijital Dönüşüm. Kalkınmada Anahtar Verimlilik, T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Aylık Yayın Organı, 30(352): 9-13.