

Bir İmalat İşletmesi için Endüstri 4.0 (Dijital) Olgunluk Seviyesi Belirleme Uygulaması

Tijen Över Özçelik^{1*}, Alptekin Erkollar¹, Halil İbrahim Cebeci¹

¹ Sakarya University, * Corresponding author, tover@sakarya.edu.tr

Özet

Bilişim ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı değişim sonucunda ortaya çıkan dijitalleşme ve dijital teknolojiler kadar dijitalleşme seviyesinin belirlenmeside işletmeler açısından önemlidir. Dijitalleşme seviyesi ölçüm çalışmaları küresel anlamda kabul görmüş, birçok ülkenin yanı sıra ülkemizde de uygulanmaktadır. Bu çalışmalarda; işletmelerin stratejileri, müşterilerine yönelik hizmetleri ve işletme içi faaliyetlerini ne seviyede dijitalleştirdiklerini ölçümlemek amacıyla geliştirilen çeşitli model ve yöntemler önerilmektedir. Bu çalışmalarda işletmelerin demografik özellikleri, çalışma alanları gibi çok değişik parametreler değerlendirme için kullanılmaktadır. Bu çalışmada pilot bir uygulama olarak Sakarya ilinde makine imalatı gerçekleştiren bir işletmenin dijital olgunluğunun ölçülmesi, bunun yanı sıra işletmenin güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle literatürden hareketle dijitalleşme endeksi ölçümlerinde göz önünde bulundurulmuş dokuz ölçüt ele alınarak bu ölçütlerin etki bileşenlerini yansıtacak şekilde sorular hazırlanmıştır. Ölçütlerin dijitalleşme endeksi bakımından etkililerinin farklı olduğu/olabileceği kabul edilerek her bir ölçüt uzmanlarla Analitik Hiyerarşi Prosesinden faydalanılarak ağırlıklandırılmış ve bu ağırlıklar bağlı olduğu ölçüt için hazırlanan her bir soru ile çarpılarak her bir sorunun ağırlığı belirlenmiştir. İşletmedeki uzmanlara uygulanan anket sonuçları değerlendirilerek işletmenin dijitalleşme endeksi 2,73 olarak hesaplanmış ve endeks değerine göre işletme 5 seviyeli olgunluk modeli kullanılarak yaklaşık olarak 3. seviye olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Industry 4.0, Technology roadmap, Maturity model, Maturity level, Digital maturity.

Citation: Özçelik, T. Ö., Erkollar, A., Cebeci, H. İ. (2018, October) *Bir İmalat İşletmesi için Endüstri 4.0 (Dijital) Olgunluk Seviyesi Belirleme Uygulaması*. Paper presented at the Fifth International Management Information Systems Conference.

Editor: H. Kemal İltis, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

Received: August 19, 2018, **Accepted:** October 18, 2018, **Published:** November 10, 2018

Copyright: © 2018 IMISC Özçelik et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

IMISC 2018 PAPER

Bir İmalat İşletmesi için Endüstri 4.0 (Dijital) Olgunluk Seviyesi Belirleme Uygulaması

Özet

Bilişim ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı değişim sonucunda ortaya çıkan dijitalleşme ve dijital teknolojiler kadar dijitalleşme seviyesinin belirlenmeside işletmeler açısından önemlidir. Dijitalleşme seviyesi ölçüm çalışmaları küresel anlamda kabul görmüş, birçok ülkenin yanı sıra ülkemizde de uygulanmaktadır. Bu çalışmalarda; işletmelerin stratejileri, müşterilerine yönelik hizmetleri ve işletme içi faaliyetlerini ne seviyede dijitalleştirdiklerini ölçümlemek amacıyla geliştirilen çeşitli model ve yöntemler önerilmektedir. Bu çalışmalarda işletmelerin demografik özellikleri, çalışma alanları gibi çok değişik parametreler değerlendirme için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada pilot bir uygulama olarak Sakarya ilinde makine imalatı gerçekleştiren bir işletmenin dijital olgunluğunun ölçülmesi, bunun yanı sıra işletmenin güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle literatürden hareketle dijitalleşme endeksi ölçümlerinde göz önünde bulundurulmuş dokuz ölçüt ele alınarak bu ölçütlerin etki bileşenlerini yansıtacak şekilde sorular hazırlanmıştır. Ölçütlerin dijitalleşme endeksi bakımından etkililerinin farklı olduğu/olabileceği kabul edilerek her bir ölçüt uzmanlarla Analitik Hiyerarşi Prosesinden faydalanılarak ağırlıklandırılmış ve bu ağırlıklar bağlı olduğu ölçüt için hazırlanan her bir soru ile çarpılarak her bir sorunda ağırlığı belirlenmiştir.

İşletmedeki uzmanlara uygulanan anket sonuçları değerlendirilerek işletmenin dijitalleşme endeksi 2,73 olarak hesaplanmış ve endeks değerine göre işletme 5 seviyeli olgunluk modeli kullanılarak yaklaşık olarak 3. seviye olarak belirlenmiştir.

Keywords

Industry 4.0; Technology Roadmap; Maturity Model; Maturity Level; Digital Maturity

1. Giriş

Bilişim ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı değişim süreci ve süreç sonunda ortaya çıkan dijital teknolojiler, geçmişte buhar ve elektrik enerjisinin ortaya çıkardığı devrimsel dönüşümle eşdeğer olarak görülmektedir. Dijitalleşme ve dijital teknolojiler bu güne kadar yaşanmamış boyutta hız, fırsat, yenilik ve gelecek vadetmekte, işletmeler ve ekonomiler de bu yeni dijital kaynakları kullanarak verimlilik ve büyümeyi sağlamaktadır. Fırsatların ortaya çıkması da dijitalleşmenin sağladığı yeni kaynak ve teknolojilerden kaynaklanmaktadır.

Dijitalleşme veya dijital teknolojilerle ifade edilmek istenen, işletmeler için yeni iş modelleri geliştirmek; bilgi, şirket kaynakları ve dijital teknolojileri bir potada ergiterek yeni ürün ve hizmet üretiminde kaynakları etkin kullanmak; bu süreç boyunca bu amaca ulaşmada teknolojiyi uyarlamak ve bu amaçlara ulaşmak için digital teknolojilerin kullanılması olarak düşünülebilir. Bu uyarlamanın sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi ve işletmelerin tüm süreçlerine nüfuz etmesi için öncelikle gerek fiziksel ürünlerin gerekse hizmetlerin, müşterilerle ilişkilerinin ve işletme içi faaliyetlerin dijitalleşmesi önemlidir. Çünkü dijital teknolojiler ve dijital dönüşüm, sektörleri, ürünleri, sunulan hizmet ve tüketici beklentilerini değiştirmektedir. Bu nedenle işletmelerin bu dönüşümü yakalamaları ve işletme yapılarını yeni dijital iş modellerinden en yüksek faydayı sağlayacak şekilde yapılandırmaları bir zorunluluk olarak görülmelidir (Erol, 2016). Dijital dönüşüm bir varış noktası değil güncel gelişmelere bağlı olarak, sürekli bir yolculuk olarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada işletmelerin endüstri 4.0 için yol haritası belirlemeleri, yenilik yönetimi, operasyonel ve stratejik yeteneklerini geliştirme ve fırsatları görerek yeteneklerini güncellemek ve yükseltmek amacıyla, yol gösterici ve rehberlik edici pilot bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatürde mevcut kriterler, model ve olgunluk seviyesi ölçüm çalışmalarını sentezleyen ve bir imalat işletmesinde uygulama sürecini adım adım tanımlayan bir model çalıştırılmıştır.

2. Literatür

Küresel anlamda olduğu gibi Türkiye’de de endüstride dijital dönüşümün başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla gerek özel sektör, gerekse kamu kurum ve kuruluşları ve diğer paydaşlara belli bir takım görev ve sorumluluklar düşmektedir. Bu anlamda endüstride dijital dönüşümün gerçekleştirilebilmesi amacıyla ülke genelinde teknoloji kullanan işletmelerin dijital dönüşüm farkındalıklarının artırılması, izleyecekleri yol haritalarının belirlenmesi, dijitalleşme konusundaki yetkinliklerinin belirlenerek kendilerini hangi konularda iyileştirmeleri gerektiğinin tespit edilmesi gerekmektedir (Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği, Türkiye’nin 4. Sanayi Devrimi, Aralık, 2017). Son yıllarda hem akademisyenler hem de endüstri çalışanları/uzmanlar üretim süreçlerinin dijital dönüşümü ve bütünleşmesi yoluyla önemli verimlilik artışları sağlanacağını öngörmekte, bütünleşmenin de yatay (değer zincirindeki tüm katılımcılar arasında) ve dikey (tüm otomasyon katmanları arasında) düzeyde gerçekleşmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu sayede de tamamen bütünleşik (dijitalleşme seviyesi yüksek) ağa bağlı makineler ve ürünler kısmen özerk bir şekilde hareket edebileceklerdir (Carolis, 2017).

Birçok KOBİ, teknoloji ve süreçlerini geleceğe hazırlayabilmek, işletmelerinin sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için bilgi, teknik/teknoloji ve araç gereksinimi duyar. Bu süreçte de endüstri 4.0'ı anlama ve sunduğu fırsatları değerlendirmede bazen sahip oldukları farklı algı yeteneği, bazen de endüstri 4.0'ın geniş ve karmaşık doğasından dolayı problem yaşamaktadırlar. Bu nedenle işletmelerin süreçlerini geleceğe yönelik hazırlayabilmek veya endüstri 4.0 için dönüşüm sürecini sağlıklı bir şekilde yönetebilmek için öncelikle hangi seviyede olduklarını belirlemeleri gerekir (Erol, 2016).

Literatürde endüstri 4.0 kavramı, bileşenleri, dijitalleşme/olgunluk seviyesi ölçüm modelleri ve işletmelerin bu sürece hazırlıklı olmasının önemine ilişkin çok sayıda çalışma vardır. Bazı çalışmalarda küçük ve orta büyüklükteki (KOBİ) işletmelerin endüstri 4.0'la ilgili farkındalık, hazır olma, yetenekler ve onları bekleyen fırsat, güçlükler ele alınırken (Sommer, 2015), (Digital Transformation of Industries: In collaboration with Accenture, Digital Enterprise, 2016) bazılarında dijital olgunluk ölçümü ve önemi (Geissbauer, 2018), (Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği, Türkiye'nin 4. Sanayi Devrimi, Aralık, 2017), (Accenture Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları, Türkiye'nin En Dijital Şirketleri, 2015), (2017) işletmelerin olgunluk seviyelerini ölçmede kullandıkları modeller (Schumacher, 2016), (Schuh, 2017), (Carolis, 2017), (Gill, 2016) değerlendirilmiştir. Çalışmalarda dijitalleşme seviyelerini ölçmek amacıyla yaygın olarak kullanılan yöntem mülakat, anket yöntemi iken (Sommer, 2015), (Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği, Türkiye'nin 4. Sanayi Devrimi, Aralık, 2017), (Accenture Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları, Türkiye'nin En Dijital Şirketleri, 2015), (2017), (Schumacher, 2016), (Schuh, 2017) olgunlaşma seviyelerini ifade etmede kullanılan modeller üç (Erol, 2016) dört (Geissbauer, 2018), (Accenture Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları, Türkiye'nin En Dijital Şirketleri, 2015) veya beş (Schumacher, 2016), (Carolis, 2017), (Lichtblau K, 2015) seviyeliştir.

Bu bağlamda, çalışmada işletmelerin endüstri 4.0'a ne denli hazır oldukları, yatay ve dikey düzeyde tüm süreçlerini kapsayıcı, dijitalleşme seviyelerini belirlemeye yardımcı pilot bir çalışma süt ve gıda sektörü için makine ve ekipman imalatı yapan bir işletmede gerçekleştirilmiş, literatürde tanımlı kriterler ve olgunluk seviyesi ölçüm çalışmaları temel alınarak uygulanmıştır.

3. Metodoloji ve Uygulama

Çalışmada endüstri 4.0 ölçütlerini dokuz başlık altıda ele alan ve aynı zamanda bu ölçütlerin alt bileşenlerini de tanımlayan bir yapı kullanılmış, bu ölçütler ve bunlara ait tanımlar Tablo 1' de verilmiştir. Tablo 1'de tanımlı ölçüt bileşenlerinin kapsayacak şekilde toplamda 47 adet

sorudan oluşan bir anket geliştirilmiş, anketteki her bir sorunun cevabı 5 seviyeli Likert ölçeği kullanılarak tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan dokuz ölçüt, endüstri 4.0 konusunda çalışma yapan uzmanlarca Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. AHP de Saaty tarafından belirtilen 1-9 ölçek sistemi kullanılmıştır (R.W., 1987).

Tablo 1 buraya

Metodoloji kapsamında öncelikle aşağıda Şekil 1’ de çalışmanın uygulama adımları verilmiş, sonra sırası ile AHP yöntemi sonuçları; anketlerin değerlendirme süreci ve olgunluk seviyesi hesaplanması ve temel alınan modele göre işletmenin olgunluk seviyesinin belirlenmesi açıklanmıştır.

Şekil 1 buraya

Tablo 1’de tanımlı ölçütler ve bileşenler kullanılarak 47 adet kapalı uçlu sorudan oluşan bir anket geliştirilmiş ve her bir sorunun cevabı 5 seviyeli Likert ölçeği kullanılarak tasarlanmıştır. AHP kullanılarak 6 uzman tarafından ağırlıklandırılan dokuz ölçüte ait değerler Tablo 2’de görülmektedir. Yapılan AHP analizi sonuçları incelendiğinde tutarlılık endeksi değerinin $CI=0,11$ ve tutarlılık oranının $CR=0,077$ çıktığı ve bu değer %10 altında olduğundan (R.W., 1987) AHP anketlerinin tutarlı olduğu söylenebilir.

Tablo 2 buraya

Tasarlanan anketler işletmede AR-GE, iş geliştirme, tasarım ve IT departmanlarında çalışan uzmanlara uygulanmış, her bir uzmanına uygulanan anketlerin soru bazında ortalamaları hesaplanmıştır. Her bir soru için elde edilen sonuçlar, Tablo 2’de görülen ağırlıklarla çarpılarak dokuz kriter için olgunluk değerleri hesaplanarak işletme için bir bütünü oluşturan olgunluk değeri elde edilmiştir. Bu işlem için aşağıda verilen notasyonlar ve 3.1. numaralı eşitlik kullanılmıştır.

n: Ölçüt sayısı

$\bar{M}$: Ölçüt ortalama değeri

W_i : Ölçüt AHP ağırlığı

W_{OD} : Olgunluk değeri

$$W_{OD} = \sum_{i=1}^n \bar{M}_i \cdot w_i \quad 3.1.$$

Örneğin 1. Ölçüt (strateji) için elde edilen $\bar{M}$ değeri 4,0 ve ölçüt AHP ağırlığı 0,112 ise w_1 değeri 0,448’dir ve tüm ölçütler için elde edilen W_i değerleri toplanarak işletme için W_{OD} değeri hesaplanır. Bu pilot çalışmada işletme için hesaplanan $W_{OD} = 2,73$ ’dir.

Çalışmanın üçüncü ve son adımı olgunluk seviyesinin belirlenmesi ile ilgilidir. Bu amaçla kullanılan olgunluk seviyeleri aşağıda Tablo 3’de görülmektedir. Çalışmanın amacı, bir imalat

işletmesinin dijitalleşme bakımından hazır oluşunu olgunluk seviyeleri ölçeğinde tanımlanmaya dayalı olduğundan, yukarıda hesaplanan olgunluk değeri bu beş düzeyli ölçekle değerlendirildiğinde işletmenin üçüncü seviyede olduğu söylenebilir. Endüstri 4.0 geçişinde sürecin planlanması, uygulanması ve bilgi alışverişinde bazı eksiklikler olduğu özelliklerde bütünleşme ve birlikte çalışabilirlik anlamında yetersizlikler olduğu söylenebilir.

Tablo 3 buraya

Çalışmada ele alınan işletmenin dijitalleşme endeksi ile ilgili incelenen dokuz boyuta ait ampirik değerler aşağıdaki Şekil 2 radar grafiğinde verilmiştir.

Şekil 2 buraya

Radar grafikleri, iki veya daha fazla öğeyi (ölçütü/kriteri) veya grubu çeşitli boyutlarda karşılaştırmaya izin verdiği ve görsel olarak da bu durumu desteklediği için tercih edilmiştir.

Radar grafiği incelendiğinde firmanın dijitalleşme yönündeki en önemli desteğinin strateji boyut olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte AHP sonuçlarında en yüksek ağırlık değerine sahip müşteriler ($\sim 0,25$) ölçütünün ortalaması oldukça işletme olgunluk seviyesini yansıtırken, ürünler ile ilgili puanın (1,5) AHP ağırlığı ile ($\sim 0,16$) ile örtüşmediği görünmektedir. Bu bağlamda firmanın özellikle ürünler ve düşük puanlı liderlik faktörleri açısından kendini geliştirmesinin kaçınılmaz olduğu anlaşılmaktadır. Yasal düzenlemeler ile ilgili faktör puanın oldukça düşük çıkması, faktörün temelde işletme dışı bir faktör olmasına bağlanabilir.

4. Sonuç

Son yıllarda bilişim alanındaki hızlı gelişmelerle beraber firmaların bu değişime ne ölçüde ayak uydurabildikleri çok önemli bir çalışma alanı olarak ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda şekillenmiş olan çalışmada Sakarya ilinde makine imalatı gerçekleştiren bir firmanın dijitalleşme seviyesi literatürden adapte edilmiş 9 boyutlu bir modelle değerlendirilmiş ve değerlendirme sonucu firmanın dijitalleşme seviyesi tartışılmıştır. Ölçüt modelindeki boyutların ağırlıkları için AHP yöntemi kullanılırken, ölçüm için firmanın araştırma-geliştirme ve tasarım departmanlarındaki çalışanlarına uygulanan anket formları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda firma için olgunluk seviyesi üç olarak belirlenmiş olup, firmanın geliştirmesi gereken alanlar anket sonuçları ve AHP ağırlıkları ile birlikte değerlendirilmiştir.

Yapılan pilot çalışmadan elde edilen sonuçlar anlamlı ve tatmin edici seviyede olsa da, kullanılan modelin geliştirilmesi öngörülebilir. Değişik sektörlerdeki ve farklı demografik yapıya sahip işletmeler için, farklı parametreler ve değişik modellerin kullanılması, değerlendirilmenin yapılabilmesi açısından uygun olacaktır. Ayrıca model olarak farklı firmalarda kullanılarak karşılaştırmalı analizler ile pratik uygulamalar için yön gösterici olacağı düşünülmektedir. Uygulama açısından anket yönteminin kullanılması, kişisel ve uygulama sapmalarına imkan vereceğinden bunun geliştirilmesi ve elde edilecek sonuçların güvenilirliğinin artırılması için çalışmalar devam etmektedir. Bunlar dışında Planlanan bir

diğer çalışmada, işletmelerin dijitalleşme seviyelerinin belirlenmesinin yanısıra, işletmelerin, belli bir dijitalleşme düzeyine gelebilmesi için uygulanması gereken süreçlere ilişkin, bir yol haritasının belirlenmesi şeklindedir.

Referanslar

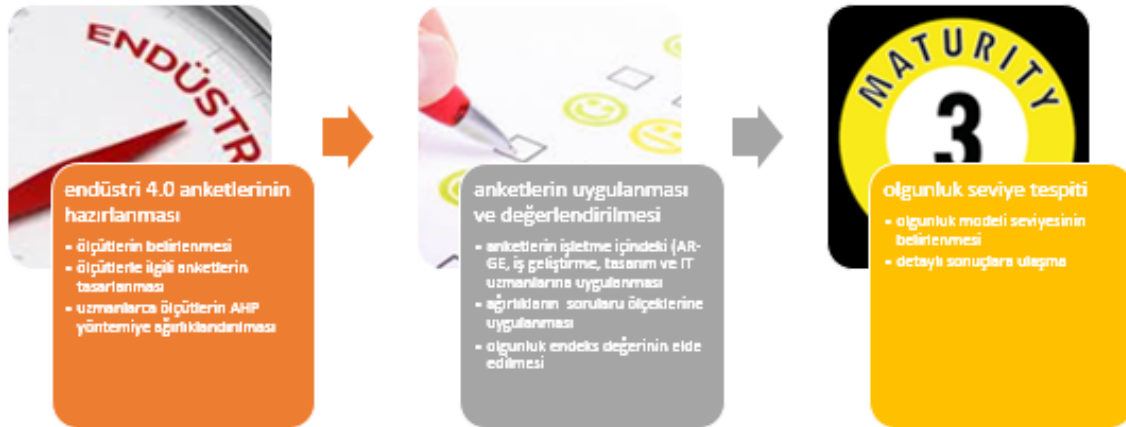
- (2017). Technological Trends for industry 4.0, Degree of maturity and economic importance for companies. A Study Report Cooperation with; Deutsch Messe, EBS Universitat, Horvath & Partners Management Consultants. Retrieved from <https://en.bcsa.it/wp-content/uploads/sit>
- (2015). *Accenture Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları, Türkiye'nin En Dijital Şirketleri*. Retrieved from http://www.tbv.org.tr/core/uploads/page/document/1100_18031611540.pdf
- Carolus, A. D. (2017). A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. In I. F. Processing (Ed.), *Published by Springer International Publishing AG 2017*, (pp. 13–20).
- (2016). *Digital Transformation of Industries: In collaboration with Accenture, Digital Enterprise*. World Economic Forum White Paper. Retrieved from <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/digital-enterprise-narrative>
- Erol, S. S. (2016). Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model. *International Conference on Competitive Manufacturing*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/286937652>
- Geissbauer, R. L. (2018). *Global Digital Operations Study 2018 Digital Champions*. PwC's Strategy & Global Digital Operations Study . www.strategyand.pwc.com.
- Gill, M. a. (2016). *The Digital Maturity Model 4.0, Benchmarks: Digital Business Transformation Playbook*. For EBusiness & Channel Strategy Professionals. Retrieved from <https://forrester.nitro-digital.com/pdf/Forrester-s%20Digital%20Maturity>
- Lichtblau K, S. V. (2015). *IMPULS-Industrie 4.0-Readiness*. Aachen-Köln: Impuls-Stiftung des VDMA. Retrieved from https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_Readiness_Study_1529498007918
- R.W., S. (1987). The Analytic Hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176.
- Schuh, G. A. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index, Managing the Digital Transformation of Companies*. Acatech STUDY, Munich: Herbert Utz Verlag.
- Schumacher, A. E. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161 – 166. doi:10.1016/j.procir.2016.07.040
- Sommer, L. (2015). Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 1512-1532. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1470>
- (Aralık, 2017). *Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği, Türkiye'nin 4. Sanayi Devrimi*. TUSIAD ve BCG. TÜSİAD-T/2017,12 – 589.

Şekiller ve Tablolar

Tablo 1

Endüstri 4.0 Modelinin ölçütleri ve etki bileşenleri (Schumacher, 2016)

Ölçütler	Olgunluk bileşeninin örneklenmesi
<i>Strateji</i>	Endüstri 4.0 uygulamaları yol haritası; Endüstri 4.0 teknolojileri, Bilişim ve İletişim teknolojilerinin iş modellerine uyarlaması (mevcut olan bu teknolojilerin iş modellerine uyarlanması için gerekli işletme hedeflerinin oluşturulması ve gerçekleştirilmesi), ...
<i>Liderlik</i>	Liderlerin bu yol haritasını uygulamadaki istekliliği, yönetim yetene ve yöntemleri, Endüstri 4.0 teknolojileri için merkezi bir koordinasyon biriminin mevcudiyeti, ...
<i>Müşteriler</i>	Müşteri verilerinin kullanımıyla ilgilidir; satışların / müşterilere sunulan hizmetlerin sayısallaştırılması, müşterinin dijitalleşme yeteneği, ...
<i>Ürünler</i>	Ürünlerin mevcut bilişim ve iletişim teknolojileri ile donatılarak diğer sistemlerle iletişimde bulunma yeteneği, ...
<i>Süreçler</i>	Süreçlerin özerkleşmesi, modelleme ve benzetim, disiplinler arası ve bölümler arası işbirliği yeteneği, ...
<i>Kültür</i>	Bilgi paylaşımına açıklık, yeniliğe ve işletmeler arası işbirliğine açıklık, işletmenin bilişim ve iletişim teknolojileri yetkinliği, ...
<i>Çalışanlar</i>	İşletme çalışanlarının bilişim ve iletişim teknolojileri konusundaki yetkinliği, çalışanların yeni teknolojileri kullanmaya açıklığı ve özerk çalışabilme yetenekleri, ...
<i>Yasal düzenlemeler</i>	Endüstri 4.0 ile ilgili iş mevzuatları, teknolojik standartların ve alt yapının uygunluğu, fikri mülkiyet haklarının korunmasına yönelik düzenlemeler, ...
<i>Teknoloji</i>	Güncel bilişim ve iletişim teknolojilerinin mevcudiyeti, mobil cihazların kullanımı, makineler arasındaki etkileşimin sağlanması, ...



Şekil 1 Gerçekleştirilen uygulamanın adımları

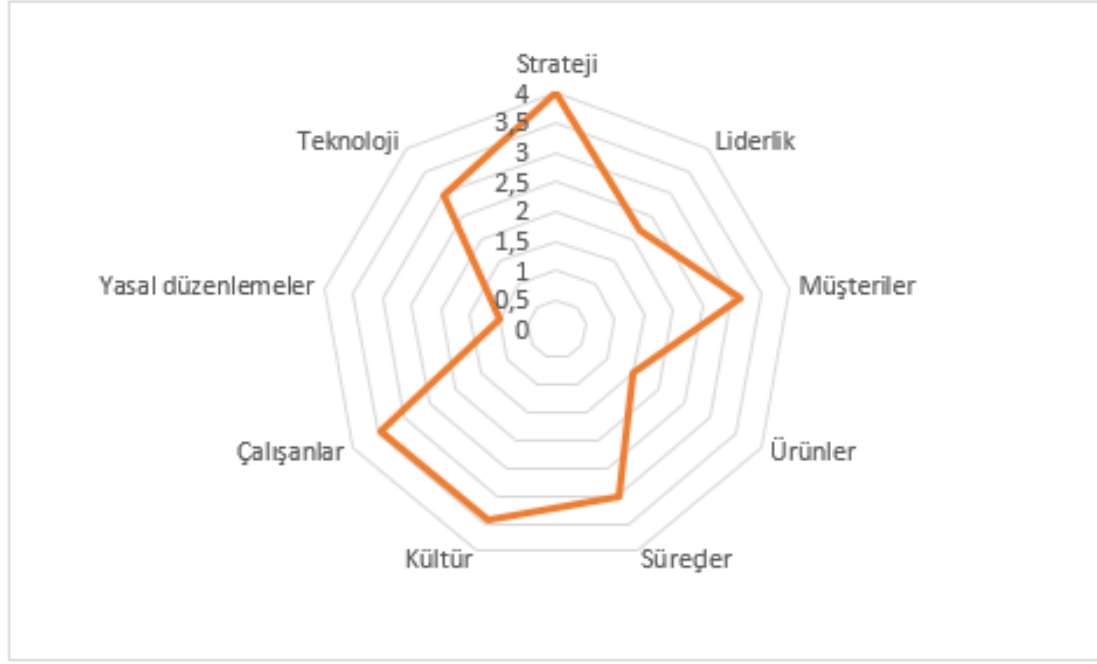
Tablo 2. Ölçütlere ait ağırlık değerleri

Kriter	Ağırlık
Strateji	0,112798
Liderlik	0,125259
Müşteriler	0,241751
Ürünler	0,157246
Süreçler	0,072638
Kültür	0,057963
Çalışanlar	0,081046
Yasal düzenlemeler	0,070638
Teknoloji	0,080661

Tablo 3

Endüstri 4.0 için olgunluk seviyeleri (Carolis, 2017)

Olgunluk seviyesi	Tanımlama
<i>Seviye 1</i> Başlangıç seviyesi	Süreç çok zayıf şekilde kontrol edilmekte ya da hiç kontrol edilmemektedir. Süreç yönetimi tepkisel ve altyapının inşası için kullanılan tekrarlanabilirlik / kullanılabilirlik / genişletilebilirliğe izin veren uygun organizasyonel ve teknolojik araçlardan yoksundur.
<i>Seviye 2</i> Yönetilen	Süreç kısmen planlanmış ve uygulanmıştır. Süreç yönetimi, işletmede etkin (kolaylaştırıcı) teknolojilerin yokluğu nedeniyle zayıftır. Seçimler, tek tek entegrasyon projelerinin özel hedefleri ve / veya planlayıcının deneyimi ile yönlendirilir ve bu da altyapı geliştirmenin yönetilmesinde kısmi olgunluğa işaret eder.
<i>Seviye 3</i> Tanımlı	Süreç, iyi uygulamaların ve yönetim prosedürlerinin planlanması ve uygulanması sayesinde tanımlanmaktadır. Sürecin yönetimi, organizasyonel sorumluluklar ve / veya etkinlik sağlayan teknolojiler üzerindeki bazı kısıtlar tarafından sınırlanır. Bu nedenle, sürecin planlanması, uygulanması, uygulamalarda ve bilgi alışverişinde bazı eksiklikleri / bütünleşme ve birlikte çalışabilirlik eksikliklerini vurgular.
<i>Seviye 4</i> Bütünleşik ve Birlikte Çalışabilen	Entegrasyon, bazı uygulamaların birlikte çalışabilirliği ve bilgi alışverişi üzerine inşa edilen bir süreç olarak tamamen planlanmış ve uygulanmıştır. Bütünleşme ve birlikte çalışabilirlik, hem kurum içi yaygın ve paylaşılan standartları hem de kendi içindeki ve çapraz endüstrilerdeki en iyi uygulamalarla ilgili olarak, fiili standartları temel alır.
<i>Seviye 5</i> Dijital Odaklı	Süreç dijital yönelimlidir ve sağlam bir teknoloji altyapısına, yüksek bir entegrasyon ve birlikte çalışabilirlik sayesinde; bilgi alışverişinde hız, sağlamlık ve güvenlik, şirket işlevleri arasında iş birliği ve karar vermeyi destekler.



Şekil 2. Dokuz ölçüt için Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi radar grafiği