

## DİJİTAL OLGUNLUK İNDEKSİ: ORGANİZASYONLARIN DİJİTAL DÖNÜŞÜM YOLCULUĞUNDA VERİMLİLİĞİ ARTIRMAK İÇİN BİR KANTİTATİF YÖNTEM

Umut ŞENER<sup>1</sup>, Ebru GÖKALP<sup>2</sup>, Pekin Erhan EREN<sup>3</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Literatürde dijital dönüşüm için geliştirilmiş olgunluk modellerinin incelenmesi ve yeni bir indeks yapısının temellerinin oluşturulması hedeflenmektedir. Böylece, işletmelerin mevcut dijital dönüşüm düzeylerini analiz edebilmesi, diğer işletmelerle objektif bir şekilde kıyas yapabilmesi, etkin bir şekilde dijital dönüşümü yönetebilmesi ve verimliliğini artırması beklenmektedir.

**Yöntem:** Sistematik literatür taraması sonucunda tespit edilen 23 Olgunluk Modeli kapsam, amaca uygunluk, boyutların tamlığı gibi bir dizi kritere göre karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Belirlenen eksiklikleri gidermek amacıyla işletmelerin dijital dönüşüm yeteneklerini kantitatif olarak değerlendiren yeni bir dijital olgunluk indeksi önerilmiştir.

**Bulgular:** Analiz edilen olgunluk modellerinden hiçbiri beklenen kriterleri tam olarak karşılamadığından iyileştirilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, 'Strateji, Bilgi Teknolojileri, İnsan, Veri ve Süreçler' boyutlarının değerlendirilmesinden oluşan bütünsel bir yaklaşım sunulmuştur.

**Özgünlük:** İşletmeler dijital dönüşüm yolculuğunda kaynaklarını en verimli şekilde kullanarak, nereden başlanması ve nelerin yapılması gerektiğiyle ilgili bir yol haritası eksikliği yaşamaktadır. Bu çalışma, yatırım geri dönüş oranı en yüksek dijital dönüşüm projelerinin takvimini içeren bir rehberlik sunarak bu alandaki literatüre katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Dijital Dönüşüm, Verimlilik, Sistematik Literatür Taraması.

**JEL Kodları:** D24, M15, O14, O32.

## DIGITAL MATURITY INDEX: A QUANTITATIVE METHOD TO INCREASE EFFICIENCY IN ORGANIZATIONS' DIGITAL TRANSFORMATION JOURNEY

### ABSTRACT

**Purpose:** It is aimed to examine the maturity models developed for digital transformation in the literature and to establish the foundations of a new index structure. Thus, it is expected that businesses will be able to analyze their current digital transformation levels, objectively compare with other businesses, manage digital transformation effectively, and increase their productivity.

**Methodology:** 23 Maturity Models, which are determined as a result of systematic literature review, were analyzed by comparing them according to a set of criteria such as scope, suitability for purpose, and completeness of dimensions. In order to eliminate the identified deficiencies, a new digital maturity index that quantitatively evaluates the digital transformation capabilities of enterprises is proposed.

**Findings:** None of the analyzed maturity models fully meet the expected criteria and need to be improved. This study presents a holistic approach consisting of the evaluation of Strategy, Information Technologies, People, Data, and Processes dimensions.

**Originality:** In the digital transformation journey, businesses lack a roadmap about where to start and what to do by using their resources efficiently. This study will contribute to the literature in this field by providing a guideline that includes the calendar of digital transformation projects with the highest return on investment.

**Keywords:** Industry 4.0, Digital Transformation, Productivity, Systematic Literature Review.

**JEL Codes:** D24, M15, O14, O32.

<sup>1</sup> Arş. Gör., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Enformatik Enstitüsü, Ankara, Türkiye, sumut@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1881-1886 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

<sup>2</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ebrugokalp@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4030-2447.

<sup>3</sup> Doç. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Enformatik Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ereren@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4354-3358.

## 1. GİRİŞ

Dijital dönüşümün temel amacı, kuruluşların yenilikçi bilgi teknolojilerini kullanarak birbirine bağlı, akıllı ve kendi kendini optimize eden bir sisteme sahip olmalarını sağlamaktır (Reiner, 2014). Nesnelerin İnterneti (IoT), endüstriyel kablosuz ağlar, bulut bilişim, veri analitiği, mobil ve yaygın bilişim ve artırılmış gerçeklik gibi bazı yenilikçi teknolojiler, geleneksel üretim ortamından akıllı üretim ortamına geçişi desteklemektedir. Üretim yapan işletmelerin, bu teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli olarak değişime uğraması kaçınılmazdır. 2012 yılında Alman hükümeti tarafından, akıllı üretim sistemlerinin uygulanmasını hedefleyen stratejik bir yol haritası olarak “Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı” (Kagermann ve diğerleri, 2013) adlı raporun yayınlanmasıyla birlikte, üretim sistemlerinde akıllı teknolojiler kullanılarak fiziksel sistemlerden siber-fiziksel sistemlere (SFS) dönüşüm devrimi olan ve “Endüstri 4.0” olarak adlandırılan yeni bir dönem başlamıştır. Bu strateji sadece Almanya’yı kapsamamaktadır, benzer stratejiler diğer ülkeler tarafından da önerilmektedir. Örneğin ABD tarafından “Endüstriyel İnternet”, Japonya tarafından “e-fabrika” ve İsviçre tarafından “Endüstri 2025” olarak adlandırılan stratejiler de yenilikçi teknolojilerin üretim sistemlerinde uygulanmasını kapsamaktadır.

Dijital dönüşüm sayesinde kurum içi süreçlerin akıllı teknolojiler ile birleştirilerek tamamen bütünleşmiş siber-fiziksel yapılar haline dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Böylece, iş süreçleri “dijital ikiz” diğer deyişle “siber ikiz” dijital olarak temsil edilebilir ve yönetilip, koordine edilebilir. Bu dönüşüm tedarik zincirlerinde, iş modellerinde ve süreçlerde önemli değişiklikler getirmekle beraber işletme verimliliğini çeşitli yönlerden önemli derecede artırma potansiyeline sahiptir. İşletmelere esneklik; optimize edilmiş karar verme kabiliyeti, kaynak verimliliği ve üretkenliği; yeni hizmetler aracılığıyla değer fırsatları yaratmak, işyerindeki demografik değişime yanıt vermek; geliştirilmiş iş-yaşam-dengesi, kişiselleştirilmiş müşteri isteklerini karşılama gibi önemli avantajları sunmaktadır. Tarasov (2018), bu yenilikçi teknolojilerin kullanılmasıyla, hem üretim birimlerindeki plansız duruş sayısının hem de reaktif kaza hasar kontrolü için harcanan zamanın önemli ölçüde azaldığını ve koruyucu ve önleyici bakımın sağlandığını göstermiştir. Bu teknolojilerin Almanya’da üretim sektöründeki verimliliğe etkisini inceleyen Rüßmann ve diğerleri (2015) en çok otomotiv sektöründe verimlilik artışı olduğunu ve üretim yapan kuruluşların %20’den %30’a kadar verimliliklerini artırdıklarını göstermiştir. Tüm bu avantajlar nedeniyle, gelecek 5-10 yıl içerisinde bu teknolojilerin daha fazla yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Bu nedenle işletmeler, dijital dönüşüm kapsamında kendi stratejilerini belirleyip bir rehber kılavuzdan faydalanarak pazarda rekabetçi kalmanın ve Endüstri 4.0 uygulamalarının getirilerinden faydalanmanın yollarını aramaya başlamışlardır.

İşletmelerin dijital dönüşüm alanında etkin bir strateji geliştirebilmesi, ülkelerin sürdürülebilir sanayi politikaları ile yakından alakalıdır. İşletmeleri yenilikçi teknolojileri kullanmaya teşvik edecek mekanizmaların oluşturulması, ilgili düzenlemelerin yapılması konusundaki politikalar büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de sürdürülebilir sanayi politikalarının uygulanması konusunda yapılan bir çalışmada (Fidan, 2020) sanayi politikalarının uygulanmasının kaçınılmaz olduğu görülmüştür. Kamu, sivil toplum kuruluşları (STK) ve özel sektör temsilcileriyle yapılan görüşmeler analiz edilmiş ve sonuçlar paylaşılmıştır. Çalışma sonuçları göstermiştir ki; Türkiye’de sürdürülebilir sanayi ile ilgili toplumsal bilinç arttıkça ve kaliteli seçkin örnek uygulamalar çoğaldıkça, sürdürülebilir sanayi politikalarının da uygulanması ve yaygınlaşması kolaylaşacaktır. Böylece, işletmeleri besleyen daha güçlü bir ekosistem oluşacaktır.

Danimarka Endüstri 4.0 Hazırlık İndeksi’ne (Faarup ve Faarup, 2017) göre Türkiye ekonomisi için üretim çok kritik olmasına rağmen, Türkiye’deki üretim işletmeleri bu dijital dönüşüme henüz tam olarak hazır değildir. İşletmeler verimliliklerini artırmak ve daha fazla kazanç elde etmek için Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulama konusunda bir kılavuz tanımlamanın ve strateji oluşturmanın yüksek derecede önemli olduğunu kavramışlardır. Buna rağmen işletmelerin büyük bir kısmı, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler, bu yenilikçi teknolojik gelişmeleri değerlendirip faydalanmakta ve kendi kurumsal stratejilerini geliştirmekte zorluk çekmektedir. Bu işletmeler rekabet edebilmek ve pazarda ayakta kalabilmek için iş süreçlerindeki verimliliklerini artırmaya ve son gelişmelere göre süreçlerini yeniden şekillendirmeye çalışmaktadır. Ancak bu dijital dönüşüm yolculuğunda kaynakları en verimli şekilde kullanarak nereden başlanması ve nelerin yapılması gerektiğiyle ilgili bir yol haritası oluşturmada sorunlar yaşanmaktadır.

Olgunluk modeli (OM), işletmelerin dijital dönüşüm için yol haritası oluşturmasını destekleyen sistematik bir yöntem sunmaktadır. OM yaklaşımları, önceden tanımlanmış, farklı parametrelere göre işletmelerin mevcut performans düzeylerinin değerlendirilmesi ve bir sonraki düzeye ilerlemeleri için yol haritası sağlamak amacıyla geliştirilmiş yapılarıdır. Böylece işletmelerin belirlenen hedeflere yönelik mevcut performanslarını geliştirmelerine yardımcı olup daha yüksek düzeye ulaşmak için yeteneklerini geliştirmelerine rehberlik etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu kapsamda, bu çalışma için aşağıdaki araştırma soruları belirlenmiştir:

- Dijital dönüşüm yolculuğunda kaynakların en verimli şekilde kullanılarak nereden başlanması ve nelerin yapılması gerektiğiyle ilgili işletmeye özel yol haritası nasıl geliştirilebilir?
- İşletmelerin süreç verimliliğini artırmak amacıyla geliştirilmiş literatürdeki dijital dönüşüm/Endüstri 4.0 OM'leri nelerdir?
- Literatürdeki mevcut dijital dönüşüm/Endüstri 4.0 OM'leri gereksinimleri karşılıyor mu?

Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı (1) işletmelerin dijital dönüşüm/Endüstri 4.0 bağlamında mevcut performans ve yeteneklerini değerlendiren, (2) dijital dönüşüm yolculuğunda kaynakların en verimli şekilde kullanılarak nereden başlanması ve nelerin yapılması gerektiğiyle ilgili işletmeye özel yol haritası geliştiren ve (3) diğer işletmeler ile objektif ve standart bir şekilde performans kıyaslaması yapabilecek bir olgunluk indeksi geliştirmek olarak belirlenmiştir. Geliştirilen indeks yapısıyla, işletmelerin mevcut olgunluk düzeyini belirleyip daha iyi bir olgunluk düzeyine ulaşmaları için kuruluşa özel yol haritası sunularak, işletme verimliliğini artırmaya katkı sağlanacaktır. Çalışmanın ana katkıları yapılan sistematik literatür taraması ile literatürdeki dijital olgunluk modellerinin detaylı bir şekilde incelenmesi, literatürdeki eksikliğin tespiti ve bu eksikliği gidermek amacıyla dijital olgunluk indeks yapısı önerilmesidir. Önerilen indeks yapısı ile dijital dönüşüm değerlendirmesinin objektif ve kantitatif bir şekilde yapılması için ortak bir temel oluşturmak, böylece işletmelerin mevcut durumlarını analiz ederek, diğer işletmelerle objektif bir şekilde kıyas yapılmasını sağlamak, verimli bir şekilde dijital dönüşümün sağlanması için yatırım geri dönüş oranı en yüksek projelere öncelik verilerek, ekonomik faydaları en üst düzeye çıkarmak ve gerçekleşen dijital dönüşüm sayesinde iş süreçlerinin verimliliğinin artmasını sağlamak amaçlanmaktadır.

Bu makalede, literatür taraması sonuçları Bölüm 2'de sunulduktan sonra önerilen yaklaşım Bölüm 3'te özetlenip detaylı olarak açıklanmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonucu özetlenmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm

Dördüncü Endüstri Devrimi, IoT teknolojilerinin imalat süreçlerinde kullanılmasıyla beraber SFS'nin ortaya çıktığı bir sanayi devrimi olarak bilinmektedir (Shrouf ve diğerleri, 2014). IoT teknolojilerinin üretim ekosisteminde yoğun olarak kullanılmaya başlanmasıyla beraber SFS'lerin üretim sektöründe köklü değişikliklere yol açması kaçınılmaz olmuştur. Üretim süreçlerinde otomasyon, esneklik ve verimliliğin artışı gibi işletmeye değer katan yenilikçi üretim yapılarına geçiş süreci ile birlikte işletmeler dijital dönüşüm sürecine girmişlerdir. Endüstri 4.0 terimi olarak da bilinen bu devrim, Acatech (Schuh ve diğerleri, 2017) tarafından " ... SFS'nin üretim ve lojistik alanlarına teknik olarak birleştirilmesi ve endüstriyel süreçlerde Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti kullanımıdır. Bu yapının; değer yaratma, yeni iş modelleri yaratma, alt hizmetler ve iş organizasyonu üzerinde etkilerinin olması kaçınılmazdır" şeklinde tanımlanmıştır.

Endüstri 4.0 birbirine bağlı, akıllı ve kendi kendini kontrol eden süreç ve sistem yapılarının uygulanmasını hedefler (Reiner, 2014). Bu nedenle, Endüstri 4.0 kapsamında tanımlanan yenilikçi teknolojileri kullanan işletmeler, daha esnek, güvenilir ve verimli operasyonlar elde ederek işletme kazanımlarını artırmayı başarabilir. Bu yenilikçi teknolojiler aynı zamanda yeni iş fırsatları ve iş modellerinin ortaya çıkmasını da destekleyen yıkıcı bir teknolojik gelişme olarak değerlendirilir (Kagermann ve diğerleri, 2013). Bu devrim hala döneminin ilk aşamasında olmasından dolayı endüstride başarılı bir uygulama için Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulama kılavuzlarına sahip olmak büyük önem arz etmektedir. İşletmeleri dijital dönüşüm kapsamında destekleyecek olan bu kılavuzların yapısını ve uygulama yöntemini tanımlamak esastır. Üretim ve hizmet sektöründe verimliliği artırmak ve daha iyi bir dijital olgunluğa erişebilmek için aşağıdaki bölümde tartışıldığı gibi çeşitli OM'ler geliştirilmiştir. Ancak bu geliştirilen OM'lerin kantitatif bir şekilde değerlendirmesi literatürde mevcut değildir. Bu çalışmanın amacı literatürdeki bu eksikliği gidermek için mevcut dijital OM'leri inceleyerek detaylı analiz etmektir.

## 3. YÖNTEM

Bu bölümde yapılan sistematik literatür taraması kapsamında izlenen yöntem anlatılmıştır.

Kitchenham (2004) tarafından ortaya konulmuş sistematik literatür taraması yöntemi izlenerek dijital dönüşüm kapsamında işletmelerin verimliliğini artırmak için kullanılan Dijital Dönüşüm/Endüstri 4.0 OM'leri belirlenmiştir. Bu yöntemin seçilme nedeni yazılım yönetimi ve bilişim sistemleri alanında genel kabul görmüş bir yöntem olmasıdır. Literatür taraması sonucunda tespit edilen modeller, Tablo 1'de detaylı bir şekilde analiz edilerek sunulmuştur.

Sistematik literatür taraması ilgili adımlar takip edilerek yapılmıştır. Dijital dönüşüm kapsamında geliştirilen dijital dönüşüm başarı modelleri, teknolojik olarak dijital dönüşüme hazırlık modelleri ve OM'lerin incelenmesi çalışmanın başlangıç noktası olarak belirlenmiştir. Araştırma dili İngilizce ve Türkçe olarak seçilmiştir. Anahtar kelimeler "Industry 4.0", "Industrial Internet of Things", "Industry Internet", "Industrial

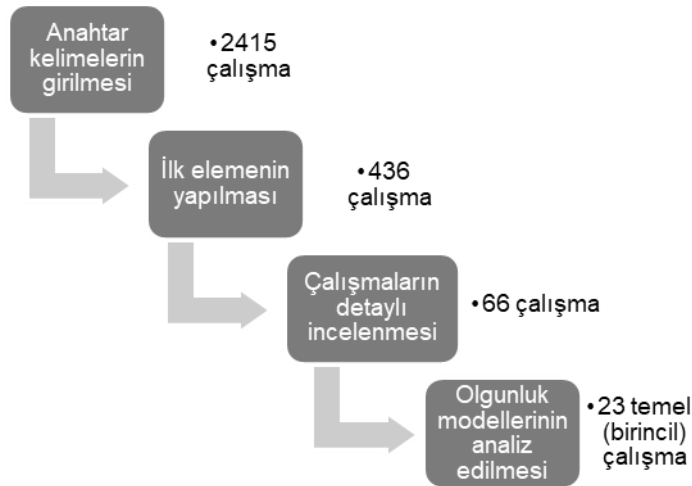
Internet", "Cloud-based Manufacturing", "Digitization", "Smart Manufacturing", "Cyber-physical systems", "Smart Factory", "Ubiquitous Manufacturing", "Maturity" ve "readiness" olarak belirlenmiştir. Scopus ([www.scopus.com/search/form.url](http://www.scopus.com/search/form.url)), Aisel ([www.aisel.aisnet.org](http://www.aisel.aisnet.org)) ve Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>) veri tabanları kullanılmıştır. Scopus'ta 309, Aisel'de 1682 ve Web of Science'da 424 makale bulunmuştur. Ek olarak, makalelerin referans çalışmaları da incelenmiştir. SSCI, SCI ve AIS indeksli makaleler araştırma sonuçları arasından seçilmiştir. Seriler, toplantı notları ve eleştiri çalışmaları incelenecek kaynak listesine dâhil edilmemiştir. Elde edilen makaleler ve araştırma sonuçları MS Excel'de kaydedilmiştir.

Temel çalışmalar başlangıç elemesi, atıf arama ve basım tarihi kontrolü olmak üzere üç aşamalı eleme gerçekleştirilerek belirlenmiştir. Başlangıç elemesi aşamasında çalışmayı tamamen okumadan önce, başlık, anahtar kelimeler ve özet okunarak çalışmaların araştırma konusu kapsamına uygun olup olmadığı belirlenmiştir. Atıf arama aşamasında ise makalelerin indeksleri kontrol edilip SSCI, SCI ve AIS indeksli olmayan çalışmalar filtrelenmiştir. Son olarak, basım tarihi 2010 öncesi olan makalelerin araştırma sonuçlarından filtrelenmesine karar verilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen tüm çalışmalar 2014 ve sonrasında yayınlandığı için bu aşamada eleme yapılamamıştır.

Belirlenen bu kriterler doğrultusunda eleme yapıldıktan sonra Scopus'ta 94, Aisel'de 199 ve Web of Science'da 143 çalışma kalmıştır. Toplamda 436 makale incelenmiştir. Çalışmaların başlık ve özetleri değerlendirilerek alâka düzeyi incelenmesinin ardından gerçekleştirilen ikinci elemeyen sonra ise geriye 66 çalışma kalmıştır.

Çalışmaların kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla, belirlenen 66 çalışma incelenmiş olup bunlardan 23'ünün Endüstri 4.0 kapsamında dijital dönüşümün işletmelerdeki "olgunluk" veya "teknolojik hazırlık" konularını araştırdığı görülmüştür. 3 makalede olgunluk indeksi kapsamında boyut tanımlanmamıştır. Özetle, çalışmanın temel (birincil) çalışmaları belirlenmiştir. Sonrasında, temel çalışmalar ve onlara ait referans çalışmalar detaylı olarak incelenerek, literatürdeki mevcut OM'ler analiz edilmiştir.

Değerlendirme sonuçları ışığında, işletmelerin Endüstri 4.0 bağlamında dijital olgunluğunu araştıran temel çalışmalar belirlenmiştir. Şekil 1'de gösterilen literatür taraması aşamaları uygulanarak yapılan detaylı bir analiz sonucunda sadece 23 çalışmanın dijital dönüşüm-Endüstri 4.0 olgunluğu araştırdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 1. Sistemik literatür taraması aşamaları

#### 4. BULGULAR

Sistemik literatür taraması sonucunda elde edilen birincil çalışmaların içerdiği OM'ler Tablo 1'de detaylı olarak analiz edilmiştir. Tablo 2'de açıklandığı gibi bir takım değerlendirme kriterleri belirlenerek, temel çalışmalardan elde edilen OM'ler incelenmiştir. Sonuç olarak, literatürde mevcut her bir OM'nin güçlü ve zayıf yönleri sistemik bir şekilde belirlenmiştir. Bu bulgular ışığında, birçok yönden daha kapsamlı yeni bir OM önerilmesi hedeflenmiştir. Tablo 1'de analiz edilen temel çalışmalar ile ilgili değerlendirme notları aşağıda listelenmiştir.

Tablo 1. Endüstri 4.0-Dijital dönüşüm olgunluk modelleri

Model No	Model/ Çalışma Adı	Araştırma Alanı	Olgunluk Seviyeleri	Boyutlar	Akademik Çalışma / Ticari Ürün	Modele Erişim
OM <sub>1</sub> (Rockwellautomation, 2014)	The Connected Enterprise Maturity Model	Bilgi teknolojileri hazırlık modeli	5 olgunluk seviyesi	Teknolojik hazırlık ile ilgili 4 boyut	Ticari Ürün	Hayır
OM <sub>2</sub> (Lichtblau ve diğerleri, 2015)	IMPULS – Industrie 4.0 Readiness	Endüstri 4.0 hazırlık	6 olgunluk seviyesi	6 boyut (Strateji ve Organizasyon, Akıllı Fabrika, Akıllı Operasyonlar, Akıllı Ürünler, Veriye Dayalı Hizmetler ve Çalışanlar)	Ticari Ürün	Hayır
OM <sub>3</sub> (Lanza ve diğerleri, 2016)	Empowered and Implementation Strategy for Industry 4.0	Endüstri 4.0 uygulama stratejileri	-	-	Akademik Çalışma	-
OM <sub>4</sub> (PricewaterhouseCoopers, 2016)	Industry 4.0 / Digital Operations Self-Assessment	Endüstri 4.0 dijital hazırlık	3 olgunluk seviyesi	6 boyut (İş Modelleri; Ürün ve Hizmet; Portföy Pazarı ve Müşteri Erişimi; Değer Zincirleri ve Süreçler; BT Mimarisi; Uyumluluk, Hukuk, Risk, Güvenlik ve Vergi; Organizasyon ve Kültür)	Ticari Ürün	Hayır
OM <sub>5</sub> (Schumacher ve diğerleri, 2016)	A Maturity Model For Industry 4.0 Readiness	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	1-4 ölçeği	8 boyut (Strateji, Liderlik, Müşteri, Ürünler, Operasyonlar, Kültür, İnsanlar, Yönetişim, Teknoloji)	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>6</sub> (Menon ve diğerleri, 2016)	Towards a Maturity Model for Industrial Internet	Endüstriyel İnternet olgunluğu	-	-	Akademik Çalışma	-
OM <sub>7</sub> (Leyh ve diğerleri, 2016), (Leyh ve diğerleri, 2017)	SIMMI 4.0	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	5 olgunluk seviyesi	3 boyut (Dikey Entegrasyon, Yatay Entegrasyon, Enlemesine Teknoloji Kriterleri)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>8</sub> (Ganzarain ve Errasti, 2016)	Three-Stage Maturity Model in SME's Towards Industry 4.0	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	3 boyut (Tasarım, Etkinleştir, Gerçekleştir)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>9</sub> (Gökalp ve diğerleri, 2017)	Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	5 boyut (Varlık Yönetimi, Veri Yönetimi, Uygulama Yönetimi, Süreç Dönüşümü ve Örgütsel Uyum)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>10</sub> (Sternad, 2018)	Maturity Levels for Logistics 4.0 Based on NRW's Industry 4.0 Maturity Model	Lojistik 4.0 olgunluk modeli	5 olgunluk seviyesi	4 boyut (Satın alma, kurum içi, dağıtım ve satış sonrası lojistik)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>11</sub> (Colli ve diğerleri, 2018)	Contextualizing the Outcome of a Maturity Assessment for Industry 4.0	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	5 boyut (Yönetişim, teknoloji, bağlana-bilirlik, değer yaratma, yetkinlik)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>12</sub> (Akdil ve diğerleri, 2018)	Maturity and Readiness for Industry 4.0 strategy	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	4 olgunluk seviyesi	3 boyut (Akıllı ürünler ve hizmetler, Akıllı iş süreçleri, Strateji ve Organizasyon)	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>13</sub> (Schuh ve diğerleri, 2017)	Acatech Industry 4.0 Maturity Index	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	6 boyut (Kaynaklar, bilgi sistemleri, organizasyon yapısı, kültür)	Ticari Ürün	Hayır

Tablo 1. (Devamı)

Model No	Model/ Çalışma Adı	Araştırma Alanı	Olgunluk Seviyeleri	Boyutlar	Akademik Çalışma / Ticari Ürün	Modele Erişim
OM <sub>14</sub> (Asdecker ve Felch, 2018)	Delivery Process Maturity Model (DPMM 4.0)	Endüstri 4.0 tedarik zinciri olgunluk modeli	5 olgunluk seviyesi	3 süreç (Sipariş işleme, depolama, nakliye)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>15</sub> (Bibby ve Dehe, 2018)	The Management of Operations Defining and Assessing Industry 4.0 Maturity Levels – Case of the Defense Sector	Savunma sanayii için Endüstri 4.0 olgunluk modeli	4 olgunluk seviyesi	3 boyut (Geleceğin fabrikası, insan ve kültür, strateji)	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>16</sub> (Sjödın ve diğerleri, 2018)	Smart Factory Implementation and Process Innovation- A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing	Akıllı fabrika olgunluk modeli	4 olgunluk seviyesi	3 boyut (insanlar, süreç, teknoloji)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>17</sub> (Santos ve Martinho, 2019)	An Industry 4.0 Maturity Model Proposal	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	6 boyut (kuruluş stratejisi, yapısı ve kültürü; işgücü; akıllı fabrikalar, akıllı süreçler; akıllı ürünler ve hizmetler)	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>18</sub> (Rafael ve diğerleri, 2020)	A Maturity Model for Machine Tool Companies	Makine aracı firmaları için Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	5 boyut (Strateji ve organizasyon; akıllı fabrika; akıllı operasyonlar; akıllı ürünler; veriye dayalı hizmetler)	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>19</sub> (Lin ve diğerleri, 2020)	To Assess Smart Manufacturing Readiness by Maturity Model : A Case Study on Taiwan Enterprises	Akıllı üretim hazırlık modeli	5 olgunluk seviyesi	3 boyut (süreç, teknoloji, organizasyon)	Akademik Çalışma	Hayır
OM <sub>20</sub> (Facchini ve diğerleri, 2020)	A Maturity Model for Logistics 4.0 : An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research	Lojistik 4.0 olgunluk modeli	5 olgunluk seviyesi	4 boyut (satın alma, üretim, dağıtım ve satış sonrası lojistik)	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>21</sub> (Glogovac ve diğerleri, 2020)	Total Quality Management & Business Excellence ISO 9004 Maturity Model for Quality in Industry 4.0	Endüstri 4.0 kalitesi için olgunluk modeli	Yok	Yok	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>22</sub> (Rauch ve diğerleri, 2020)	A Maturity Level-Based Assessment Tool to Enhance the Implementation of Industry 4.0 in SMEs	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	5 olgunluk seviyesi	4 boyut (Operasyonlar; organizasyon; sosyo-kültür; teknoloji) ve 21 alt boyut	Akademik Çalışma	Evet
OM <sub>23</sub> (Caiado ve diğerleri, 2021)	A Fuzzy Rule-Based Industry 4.0 Maturity Model for Operations and Supply Chain Management	Endüstri 4.0 olgunluk modeli	6 olgunluk seviyesi	3 boyut (Tedarik zinciri yönetimi; COMMON; POM)	Akademik Çalışma	Evet

*OM<sub>1</sub>*: Boyutlar ve bunların oluşturulması ile ilgili detaylı bilgi verilmemiştir (Schumacher ve diğerleri, 2016). Model sadece işletmelerin teknolojik hazırlığı konusunu incelemektedir.

*OM<sub>2</sub>, OM<sub>4</sub>, OM<sub>13</sub>*: Değerlendirme yöntemi hakkında detaylı olarak bilgi verilmemiştir.

*OM<sub>3</sub>*: Olgunluk modeli hakkında bilgi paylaşılmamıştır.

*OM<sub>5</sub>, OM<sub>12</sub>, OM<sub>17</sub>*: Olgunluk seviyelerini belirlemek için nesnel olarak ölçülebilir ölçümler yoktur. Sübjektif yargıya dayalı olarak, olgunluk indeksi hesaplanmaktadır.

*OM<sub>6</sub>*: Araştırma henüz tamamlanmadığı için olgunluk modeline ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

*OM<sub>7</sub>*: Araştırma henüz tamamlanmadığı için olgunluk modeline ilişkin detay seviyede çok az bilgi bulunmaktadır.

*OM<sub>8</sub>*: KOBİ'ler, Endüstri 4.0 hedeflerini geliştirmek amacıyla mevcut kapasitelerini ve kaynaklarını analiz edebilmek için gereken deneyim ve uzmanlığa sahip olamayabilirler. Net talimatların yokluğunda, KOBİ'lerin öz değerlendirme yapması kolay bir iş olmayacaktır. Bu amaç için bir danışman kiralamak, KOBİ'lerin finansal kısıtlamaları göz önüne alındığında uygun bir seçenek olmayabilir. Bu çalışma KOBİ'leri desteklemek için geliştirilse de uygulanabilmesi için iyileştirilmesi gerekmektedir. (Mittal ve diğerleri, 2018).

*OM<sub>9</sub>*: Olgunluk modelinin boyutları ve her boyuta ait olgunluk seviyeleri detaylı olarak tanımlanmasına rağmen, ölçüm göstergeleri ve değerlendirme yönteminin uygulanmasını kapsayan bir keşif vaka çalışmasını içermemektedir.

*OM<sub>10</sub>, OM<sub>14</sub>, OM<sub>20</sub>*: Modeller sadece tedarik zinciri ya da lojistik faaliyetlerinin dijital olgunluk düzeylerini değerlendirmektedir. Önerilen modeller işletmenin diğer birimleri için uygulanabilir değildir.

*OM<sub>11</sub>*: Model detayları açıklanmakla birlikte anket soruları, görüşme bulguları ve değerlendirmelerin detaylarına yer verilmemiştir. Yalnızca seçilen şirket için dijital dönüşüm bağlamında genel performans ve olgunluk indeksi paylaşılmıştır.

*OM<sub>15</sub>*: Model, savunma sektörü dışındaki diğer sektörler için geçerli değildir. Ayrıca, boyutlar ve ilgili ölçüm özellikleri kapsamlı bir şekilde tanımlanmamıştır.

*OM<sub>16</sub>*: Model birkaç firmada uygulanmasına rağmen, boyutların olgunluk seviyelerinin belirlenme süreci hakkında detaylı bilgi paylaşılmamıştır. Mülakat tekniği kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.

*OM<sub>18</sub>*: Model, çoğunlukla KOBİ'ler olmak üzere yalnızca takım tezgâhı şirketlerinin üretim olgunluğunun değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

*OM<sub>19</sub>*: Akıllı üretim olgunluk indeksi kümeleme analizi ile hesaplanmıştır. Mevcut olgunluk indeksi hesaplamalarından farklı bir yöntem kullanılmıştır.

*OM<sub>21</sub>*: ISO 9004:2008'e dayalı kavramsal bir model, kalite yönetiminin olgunluk değerlendirmesi için geliştirilmiştir. Model yalnızca kalite faktörlerinden oluşmakta ve olgunluk boyutlarını ve bunlara karşılık gelen olgunluk düzeylerini içermemektedir.

*OM<sub>22</sub>*: KOBİ'lerin Endüstri 4.0 uygulamalarına yönelik faaliyetlerinin değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Olgunluk düzeyleri, KOBİ'ler için yaklaşımı kolaylaştıran dilsel açıklamaya dönüştürülerek açıklanmış olsa da sübjektif yargıya dayalı olarak hesaplanmaktadır.

*OM<sub>23</sub>*: Öz değerlendirme aracı, bulanık mantık ve Monte Carlo benzetimi ile birleştirilmiştir. Kullanılan yöntem istatistik ve benzetim modelleme alanında uzmanlaşmış yüksek vasıflı personel gerektirmektedir. Oysa ki bu her işletme için her zaman mümkün değildir. Özellikle KOBİ'ler için kolay uygulanabilir yapıda değildir.

**Tablo 2. Mevcut OM'lerin analizi için belirlenen değerlendirme kriterleri**

Kriter No	Kriter Adı	Açıklama
K <sub>1</sub>	Amaç için Uygunluk	İlgili OM'nin Endüstri 4.0 kapsamında dijital olgunluğuna yönelik çalışma olma durumu
K <sub>2</sub>	Boyutların Tamlığı	İlgili OM'nin Endüstri 4.0 kapsamında olan tüm temel boyutları içerip/içermeme durumu
K <sub>3</sub>	Boyutların Detay Seviyesi	İlgili OM boyutlarına karşılık gelen niteliklerin açıklamalarının ayrıntı düzeyi
K <sub>4</sub>	Ölçüm Özelliklerinin Tanımı	İlgili çalışmada ölçüm özelliklerinin ve yönteminin anlaşılır detayda açıklamasının olma durumu
K <sub>5</sub>	Değerlendirme Yönteminin Açıklaması	Çalışmanın değerlendirme yönteminin açıklamasının verilmesi durumu
K <sub>6</sub>	Değerlendirme Yönteminin Objektifliği	Çalışmanın olgunluk değerlendirme yönteminin nesnellik düzeyi. Niteliklerin ve olgunluğun her bir seviyesinin tanımları açık bir şekilde tanımlanmalıdır. Ve genel olgunluk düzeyi, olumlu yanıtlanan soruların sayısını doğru bir şekilde yansıtmalıdır.

Tablo 2'de daha önceden belirlenmiş kriterler (Şener ve diğerleri, 2019, 291-303) ışığında, mevcut OM'ler analiz edilmiştir. Değerlendirme yapılırken beş seviyeli bir ölçek kullanılarak kriterlerin başarı derecesini temsil eden derecelendirme kullanılmıştır. 5: çok yüksek oranda karşılanması, 4: yüksek oranda karşılanması, 3: orta seviyede karşılanması, 2: az derecede karşılanması, 1: ilgili kriterin model tarafından karşılanmaması ve 0: ilgili bilginin bulunmaması anlamına gelmektedir. Mevcut çalışmaları belirlenmiş bu kriterler doğrultusunda değerlendirmek için, dijital dönüşüm konusunda uzman olan üç kişi seçilmiştir. Uzmanlar, ilk aşamada mevcut çalışmaları bağımsız olarak değerlendirip değerlendirme notlarını kaydetmişlerdir. Sonrasında yapılan bir dizi toplantı sonrasında, her olgunluk modelinin değerlendirmesi fikir birliğine varılarak puanlanmıştır. Örneğin, OM<sub>1</sub>, Amaç için Uygunluk kriteri olan K<sub>1</sub>'i orta seviyede karşılamaktadır. Çünkü Model, Bilgi Teknolojileri hazırlık modeli olup, dijital dönüşüm-endüstri 4.0 kapsamında kurumun mevcut durumunun değerlendirilmesi amacına tam olarak hizmet edememektedir. Bu nedenle değerlendirme sonucu 3 olarak tespit edilmiştir. Bütün OM'ler bu şekilde tüm kriterlere göre değerlendirilmiş ve değerlendirme özeti Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Mevcut OM'lerin kriterler doğrultusunda analiz sonucu**

Olgunluk Modeli	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>
OM <sub>1</sub>	3	3	2	2	4	3
OM <sub>2</sub>	4	5	4	3	3	3
OM <sub>3</sub>	5	0	0	0	0	0
OM <sub>4</sub>	4	4	5	3	2	2
OM <sub>5</sub>	5	4	3	4	5	2
OM <sub>6</sub>	5	0	0	0	0	0
OM <sub>7</sub>	5	3	3	3	1	1
OM <sub>8</sub>	5	3	3	2	2	2
OM <sub>9</sub>	5	5	5	2	1	0
OM <sub>10</sub>	3	1	3	2	2	2
OM <sub>11</sub>	5	3	3	2	3	1
OM <sub>12</sub>	5	3	5	5	5	1
OM <sub>13</sub>	5	5	5	5	4	2
OM <sub>14</sub>	3	1	3	2	1	5
OM <sub>15</sub>	3	1	3	2	2	2
OM <sub>16</sub>	4	3	3	2	2	1
OM <sub>17</sub>	5	5	4	2	3	1
OM <sub>18</sub>	3	5	5	3	3	1
OM <sub>19</sub>	2	2	3	3	5	5
OM <sub>20</sub>	3	1	3	3	5	3
OM <sub>21</sub>	2	0	0	0	5	1
OM <sub>22</sub>	5	4	4	4	5	3
OM <sub>23</sub>	5	3	3	4	5	5

Sistemik literatür taraması, son yıllarda Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm konusunda artan bir araştırma akışı olduğu, ancak bu kapsamda geliştirilen OM'lerin kullanımında sınırlı araştırma sayısı olması



nedeniyle bir araştırma boşluğu olduğunu göstermiştir. Mevcut OM'lerin en bariz eksikliği, işletmelerin kurumsal mimarisini bütünsel olarak desteklememeleridir. Ayrıca bu modellerin büyük bir kısmının, değerlendirme ve iyileştirme için bazı değerlendirme kriterleri ölçütlerini tam olarak karşılamadığı görülmüştür. Özellikle mevcut modellerin uygulanış yönteminin açık bir şekilde anlatılması, girdiler, çıktılar ve bunların ilişkilerinin eksiksiz olarak tanımlanması yönünden zayıf kaldığı görülmüştür. Bu çalışmalar arasında standart kabul görmüş bir yapıyı temel alarak geliştirilen ve tüm kriterleri yüksek oranda karşılayan bir model olmadığı gözlenmiştir. Örneğin OM<sub>12</sub> tüm kriterleri çok yüksek oranda karşılamasına rağmen, olgunluk değerlendirme yönteminin açık ve tam bir şekilde verilmesi konusunda eksiklikler olduğu, ayrıca değerlendirme niteliklerinin ve olgunluğun her bir seviyesinin tanımlarının tam ve açık bir şekilde verilmediği gözlenmiştir. Bu yüzden, yeni ve tüm bu ihtiyaçlara cevap veren bir Endüstri 4.0 değerlendirme/OM ihtiyacı geçerliliğini korumaktadır. Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşüm için yeni bir OM önererek bu ihtiyacı karşılamaktır. Önerilen modelin geliştirilmesi bir sonraki bölümde verilmektedir.

## 5. DİJİTAL DÖNÜŞÜM OLGUNLUK İNDEKSİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, Endüstri 4.0 bağlamında dijital dönüşüm için yeni bir olgunluk indeksinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Geliştirilen bu olgunluk indeksi, Endüstri 4.0 kapsamında tanımlanan yenilikçi teknolojilerin, işletme süreçleri ile bütünleştirilerek kullanılması, işletme verimliliğini artırması ve katma değeri yüksek iş süreçlerine sahip olabilmeyi hedeflemektedir. Bu model ayrıca, dijital dönüşüm süreci için çeşitli boyutlarda bir yol haritası sunarak, işletmelerin sorunlu alanlarını ve zayıflıklarını gözlemlenmelerine ve dijital dönüşümü tutarlı bir şekilde uygulamalarına yönelik eksiksiz ve kapsamlı bir rehber sunmayı amaçlamaktadır. Yapılan detaylı sistematik literatür taramasının ardından, mevcut OM'lerin boyutları incelenerek, modelin içermesi gereken değerlendirme alanları listelenmiştir. Sektör deneyimine sahip dijital dönüşüm konusunda uzman olan üç kişi ile yapılan bir dizi toplantısı sonrası, modelde olması gereken boyutlar delphi yöntemi uygulanıp fikir birliğine varılarak belirlenmiştir. Önerilen olgunluk indeksi, olgunluk seviyeleri, boyutlar ve ilgili kantitatif indikatörlerden oluşmaktadır. Model bütüncül bir bakış açısına sahip olup; *Strateji, Bilgi Teknolojileri, İnsan, Veri ve Süreçler* olmak üzere 5 ana boyuttan oluşmaktadır. Her bir boyut aşağıdaki gibi tanımlanır ve kategorilere ayrılır:

*Strateji:* COBIT'e (2018) göre, bir yönetim sistemi oluşturmak ve sürdürülebilmek için gerekli temel bileşenler: süreçler, örgütsel yapılar, politikalar ve uygulama yöntemleri, bilgi akışları, kültür ve davranışlar, beceriler ile altyapı olarak tanımlanır. Belirlenen bu bileşenler, strateji boyutu altında ele alınıp incelenecektir. Strateji boyutu aşağıdaki alt boyutlarından oluşmaktadır:

- Organizasyonun dijital stratejisinin açık ve net olarak ifade edilmesi
- Dijital dönüşümle ilgili üst düzey yönetici faaliyetleri (Şener ve diğerleri, 2016; (Şener ve diğerleri, 2017) (Örneğin, dijital dönüşümün avantajları hakkında bilgi, bilgi teknolojileri (BT) yatırımı ve uygulama kararının alınması gibi stratejik önem içeren aktiviteler )
- Teknoloji yol haritasının çıkarılması
- Yönetim becerileri
- Organizasyondaki iletişim yapısı ve kalitesi
- Çalışanların dijital dönüşüm sürecine desteği
- Dijital kültürün işletmede yaygınlaştırılması

*Bilgi Teknolojileri:* Dijital dönüşüm, işletme süreçlerini iyileştirme için birçok son teknolojiyi kapsadığından, kurum içi altyapı ve BT kaynakları (örneğin: ağ teçhizatları, temel donanımlar ve diğer ikincil uygulamalar) değerlendirilmelidir. Endüstri 4.0 ile birlikte, otomasyon teknolojileriyle üretimin birleştirilmesi sonucunda devrim niteliğinde uygulamaların ortaya çıkması beklenmektedir (Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, 2013). Bu kapsamda, işletmeler ve kullanıcılar için en iyi şekilde çalışan bilgi sistemlerinin en uygun ve güvenli bir şekilde tasarlanması ve kurulması amaçlanmaktadır. Uygulama yetenekleri, işi desteklemek için gereken işlevsel davranışa soyut bir bakış açısı sağlar. Uygulamaların ara yüzleri ve bilgi akışı yapılandırılmış, bağlantılı, standartlaştırılmış, kontrollü ve birlikte çalışabilir olmalıdır. Bu nedenle, işletmelerin mevcut BT altyapısı önem arz etmektedir. Bilgi Teknolojileri boyutu, işletmelerin BT sistemlerini ve dijital dönüşüm için teknolojik hazırlığı durumunu, gelişmiş en yeni iş teknolojilerinin kullanımını (örneğin, tedarik zinciri için blok zinciri kullanılması gibi) ve akıllı teknolojilerin güvenlik konularını değerlendirir. Endüstri 4.0'ın teknolojik temelleri birçok araştırmacı tarafından, kategorilere ayrıştırılarak vurgulanmaktadır (Gökalp ve diğerleri, 2017). Dijital dönüşüm süreci birçok teknolojiyi kapsadığı için bazıları sundukları işlevler ve yetenekler açısından örtüşse de, kullanılan temel teknolojiler şu şekilde listelenmiştir: Servis Odaklı Mimari; Bulut Bilişim (Xiong ve diğerleri, 2015; Schmidt ve diğerleri, 2015); Büyük Veri (Xiong ve diğerleri, 2015; Schmidt ve diğerleri, 2015); Nesnelerin İnterneti (IoT) (Xiong ve diğerleri, 2015); Endüstriyel Kablosuz Ağlar (Wan ve diğerleri, 2016); Siber-Fiziksel Sistemler (Hermann ve diğerleri, 2016); Arttırılmış Gerçeklik (Paelke, 2014); Makine Öğrenimi (Shin ve diğerleri, 2014); Siber Güvenlik (Hermann ve diğerleri, 2016).

BT yönetimi, aşağıdaki gibi birkaç alt alan aracılığıyla incelenir:

- Kurum içi teknolojiler
- BT stratejik yönetimi (örneğin; yeni bir sunucu satın alma kararı, IoT cihazları kullanma durumu, buluta geçiş, felaket sorunları için yedekleme planı vb.)
- Kurumsal Mimarinin dijital dönüşüm stratejisine göre analizi ve yapılandırılması
- Rakiplerin analizi ve Dijital Çözüm Satın alma

*İnsan:* Dijital dönüşüm için BT personeli beceri seti ve diğer temel insan kaynakları gereksinimlerinin önemli olması nedeniyle, insan boyutu, dijital dönüşüm için uygunluk modelinin ana yapılarından biri olarak önerilmektedir. Türkiye’de dijital dönüşüm konusunda: mevcut insan kaynağının dijital dönüşüme hazır hale getirilmesi, organizasyonların ele alması gereken en temel konular arasında görülmektedir (Gökalp ve diğerleri, 2019). İşletmelerdeki dijital dönüşümün istihdama olan etkisi kurum içi istihdam politikasını oluştururken dikkate alınmalıdır. İnsan boyutu aşağıdaki alt boyutları değerlendirmelidir:

- Roller ve teknik beceriler
- Değişime ve örgütsel değişime direnç
- Örgütsel yapı
- Örgüt kültürü (örneğin; öğrenen organizasyon)
- Yenilikçi fikirler
- Dijital teknolojilere/sistemlere duyulan güven
- Eğitim
- Rakipler
- Ekosistem Etkisi

*Veri:* Analitik ve Yönetişim alanındaki yeni teknolojiler, işletmelerin mevcut veya gelecekteki operasyonlarla ilgili gerçek zamanlı kararlar almalarını sağlar (Rüßmann ve diğerleri, 2015). Bu nedenle, bütünleşmiş ve otomatikleştirilmiş bir veri akışı hem işletme içinde hem de işletme dışında kritik öneme sahiptir. Veri boyutunun değerlendirilmesi için veri yönetimi adımları dikkate alınmalıdır. Bu boyut aşağıdaki gibi birkaç alt boyuta ayrılmıştır:

- Kurum içi kritik operasyonlar için veri toplama
- Bilgi yönetim sistemleri
- Veriye dayalı karar verme yapıları: toplanan verilerden değerli bilgilerin çıkarılması, karar verme süreçlerinin verimliliği, toplanan verilerin kullanım şekilleri
- Veri Analitiği yetenekleri

*Süreçler:* İşletmenin iş yapısına göre Endüstri 4.0'a dönüşüm başladıktan sonra kurumsal sistemin her bir süreci dijital dünya ile eşlenmelidir. Farklı katma değerli süreçler, kurumsal mimariye standart bir şekilde bütünleştirilmelidir. Bu nedenle bir organizasyonun süreçleri aşağıdaki gibi farklı alt alanlar üzerinden değerlendirilmelidir:

- Karar verme süreçleri (gerçek zamanlı, veriye dayalı karar verme, kendi kendine optimize edilmiş süreçler)
- Süreçlerde dijitalleşme ve süreç dönüşümü
- Veri toplama süreçleri
- Katma değerli süreçlerin yatay ve dikey bütünleştirilmesi

## 6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Sistemik literatür taraması sonucunda 23 OM belirlenmiş ve bu modeller kapsam, amaca uygunluk, boyutların tamlığı, açık ve anlaşılır şekilde ifade edilmesi, değerlendirme yöntemlerinin nesnelliği gibi bir dizi kritere dayalı olarak karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırma sonucunda, mevcut OM'lerden hiçbirinin beklenen kriterleri tam olarak karşılamadığı ve iyileştirilmeleri gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada yeni bir yapı önerilmiştir. Önerilen yapı, Strateji, Bilgi Teknolojileri, İnsan, Veri ve Süreçler boyutlarının değerlendirilmesinden oluşan bütünsel bir yaklaşıma sahiptir. Böylece, organizasyonların mevcut dijital dönüşüm düzeyini değerlendiren ve bu dönüşüm yolculuğunda onlara bir yol haritası sunacak değerlendirme aracının temel çatısı oluşturulmuştur.

Önerilen indeks yapısı ile işletmeler dijital dönüşümlerini objektif ve kantitatif bir şekilde değerlendirebileceklerdir. Dijital dönüşüm yolculuğunda kaynakları en verimli şekilde kullanarak nereden başlanması ve nelerin yapılması gerektiğiyle ilgili bir yol haritasına sahip olacaklardır. Değerlendirmeler ışığında, dijital dönüşümlerini daha etkin gerçekleştirmek üzere yatırım geri dönüş oranı en yüksek projelere öncelik vererek ekonomik faydaları en üst düzeye çıkarabileceklerdir. Sağlanan rehberlik sayesinde, Nesnelerin İnterneti (IoT), bulut bilişim ve veri analitiği gibi Endüstri 4.0 kapsamında uygulanabilen çeşitli

teknolojileri iş süreçlerinde entegre bir şekilde kullanabilecekler, akıllı ve kendi kendini kontrol eden daha verimli iş yapılarına sahip olma imkânı elde edeceklerdir. Süreç verimliliğinin artması ile beraber, pazarda rekabet üstünlüğü elde edebileceklerdir.

Çalışmanın kısıtları, ticari ürün olarak kullanılan olgunluk modellerinin detaylarına erişim sağlanamaması, kısıtlı sayıda uzman ekibi ile delphi yönteminin uygulanması ve akademik veri tabanlarında taranan makalelerde referans verilmeyen ticari OM'lerin incelenmemesi olarak sıralanabilir.

Gelecekteki çalışmaların bir parçası olarak, anket yöntemiyle dijital dönüşüm alanında uzmanlara erişerek önerilen indeks yapısının iyileştirilmesi, her bir ana boyutun olgunluk düzeyinin ayrıntılı olarak tanımlanması ve kantitatif bir ölçme yöntemi geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca önerilen yapının kullanılabilirliğini ve uygulanabilirliğini doğrulamak için bir keşif vaka çalışması yapılması planlanmaktadır.

**KAYNAKÇA**

- Akdil, K.Y., Ustundag, A. ve Cevikcan, E. (2018). "Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy", *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, Editör: Pham, D.T., 61-94, DOI: 10.1007/978-3-319-57870-5\_4.
- Asdecker, B. ve Felch, V. (2018). "Development of an Industry 4.0 Maturity Model for the Delivery Process in Supply Chains", *Journal of Modelling in Management*, 13(4), 840-883.
- Bibby, L. ve Dehe, B. (2018). "The Management of Operations Defining and Assessing Industry 4.0 Maturity Levels- Case of the Defence Sector", *Production Planning and Control*, 29(12), 1030-1043.
- Caiado, R.G.G., Scavarda, L.F., Gavião, L.O., Ivson, P., De Mattos Nascimento, D.L. ve Garza-Reyes, J.A. (2021). "A Fuzzy Rule-Based Industry 4.0 Maturity Model for Operations and Supply Chain Management", *International Journal of Production Economics*, 231.
- Colli, M., Madsen, O., Berger, U., Møller, C., Wæhrens, B.V. ve Bockholt, M. (2018). "Contextualizing the Outcome of a Maturity Assessment for Industry 4.0", *IFAC-Papers OnLine*, 51(11), 1347-1352.
- Faarup, J. ve Faarup, A. (2017). "Global Industry 4.0 Readiness Report 2016", Danish Institute of Industry 4.0 (DII 4.0).
- Facchini, F., Oleśków-Szlapka, J., Ranieri, L. ve Urbinati, A. (2020). "A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research", *Sustainability*, 12(1), 86.
- Fidan, E. T. (2020). "Türkiye'de Sürdürülebilir Sanayi Politikalarının Uygulanması ve Kamu, Sivil Toplum Kuruluşları ve Özel Sektörün Sürdürülebilir Sanayi Politikalarına İlişkin Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi", *Verimlilik Dergisi*, 2, 73-100.
- Ganzarain, J. ve Errasti, N. (2016). "Three Stage Maturity Model in SME's Toward Industry 4.0", *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5), 1119.
- Glogovac, M., Ruso, J. ve Maricic, M. (2020). "ISO 9004 Maturity Model for Quality in Industry 4.0", *Total Quality Management & Business Excellence*, DOI:10.1080/14783363.2020.1865793.
- Gökalp, E., Gökalp, M.O., Çoban, S. ve Eren, P.E. (2019). "Dijital Dönüşümün Etkisinde Verimli İstihdam Yönetimi: Yol Haritası Önerisi", *Verimlilik Dergisi*, 3, 201-222.
- Gökalp, E., Şener, U. ve Eren, P.E. (2017). "Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM", *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*, 128-142. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.03.004>.
- Kagermann, H., Wahlster, W. ve Helbig, J. (2013). "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry"; Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Forschungsunion, [https://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham\\_BA\\_MA.pdf](https://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham_BA_MA.pdf), (Erişim tarihi 15.08.2021).
- Kitchenham, B. (2004). "Procedures for Performing Systematic Reviews", Keele, UK, Keele University, 33(TR/SE-0401),28. [http://www.elizabete.com.br/rs/Tutorial\\_IHC\\_2012\\_files/Conceitos\\_RevisaoSistematica\\_kitchenham\\_2004.pdf](http://www.elizabete.com.br/rs/Tutorial_IHC_2012_files/Conceitos_RevisaoSistematica_kitchenham_2004.pdf), <https://doi.org/10.1.1.122.3308>, (Erişim tarihi 15.08.2021).
- Lanza, G., Nyhuis, P., Ansari, S. M., Kuprat, T. ve Liebrecht, C. (2016). "Befähigungs-und Einführungsstrategien für Industrie 4.0", *Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111(1-2), 76-79.
- Leyh, C., Sch, T., Bley, K. ve Forstenh, S. (2017). "Assessing the IT and Software Landscapes of Industry 4.0-Enterprises: The Maturity Model SIMMI 4.0", *Information Technology for Management: New Ideas and Real Solutions*, 277, 103-119.
- Leyh, C., Schäffer, T., Bley, K. ve Forstenhäusler, S. (2016). "SIMMI 4.0-A Maturity Model for Classifying the Enterprise-Wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0", *2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FEDCSIS)*, 8, 1297-1302.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E. ve Schröter, M. (2015). "IMPULS - Industrie 4.0- Readiness", <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>, (Erişim tarihi 15.08.2021).
- Lin, T., Wang, K.J. ve Sheng, M.L. (2020). "To Assess Smart Manufacturing Readiness by Maturity Model: A Case Study on Taiwan Enterprises", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 102-115.
- Menon, K., Kärkkäinen, H. ve Lasrado, L. (2016). "Towards a Maturity Modeling Approach for the Implementation of Industrial Internet", *Proceeding of the 20<sup>th</sup> Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS 2016)*, Chaiyi, Tayvan, 27 Haziran-1 Temmuz 2016.
- Mittal, S., Khan, M.A., Romero, D. ve Wuest, T. (2018). "A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)", *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214.
- PricewaterhouseCoopers (2016). "The Industry 4.0/Digital Operations Self-Assessment", <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise->

april-2016.pdf, (Erişim Tarihi: 15.08.2021).

- Rafael, L.D., Jaione, G.E., Cristina, L. ve Ibon, S.L. (2020). "An Industry 4.0 Maturity Model for Machine Tool Companies", *Technological Forecasting & Social Change*, 159, 120203.
- Rauch, E., Unterhofer, M., Rojas, R.A., Gualtieri, L., Woschank, M. ve Matt, D.T. (2020). "A Maturity Level-Based Assessment Tool to Enhance the Implementation of Industry 4.0 in Small and Medium-Sized Enterprises", *Sustainability*, 12(9), 3559.
- Reiner, A. (2014). "Industrie 4.0-Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production", *19<sup>th</sup> International Seminar on High Technology*, Santa Barbara d'Oeste, Brezilya, 9 Ekim 2014.
- Rockwell Automation (2014). "The Connected Enterprise Maturity Model", <http://www.rockwellautomation.com>, (Erişim Tarihi: 15.08.2021).
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. ve Harnisch, M. (2015). "Industry 4.0, The Future of Productivity and Growth in Manufacturing", *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Santos, R.C. ve Martinho, J.L. (2019). "An Industry 4.0 Maturity Model Proposal", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1023-1043.
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M. ve Wahlster, W. (2017). "Industry 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies", *Acatech-National Academy of Science and Engineering*, 61(12), 32-35.
- Schumacher, A., Erol, S. ve Sihm, W. (2016). "A Maturity Model for Assessing and Maturity of Manufacturing Enterprises", *Procedia CIRP*, 52, 161-166.
- Şener, U., Gökalp, E. ve Eren, P.E. (2016). "Cloud-Based Enterprise Information Systems: Determinants of Adoption in the Context of Organizations", *International Conference on Information and Software Technologies*, 53-66, DOI: 10.1007/978-3-319-46254-7\_5.
- Şener, U., Gökalp, E. ve Eren, P.E. (2017). "CloudDSS: A Decision Support System for Cloud Service Selection", *International Conference on the Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services*, 10537 LNCS(November), 249-261, DOI: 10.1007/978-3-319-68066-8\_19.
- Şener, U., Gökalp, E. ve Eren, P.E. (2019). "Towards a Maturity Model for Industry 4.0: A Systematic Literature Review and a Model Proposal", *Industry 4.0 from the Management Information Systems Perspectives*, Editörler: Gülseçen, S., Reis, Z. A., Gezer, M., ve Erol, Ç., Berlin, Germany: Peter Lang Verlag, 291-303, DOI: 10.3726/b15120.
- Shrouf, F., Ordieres, J. ve Miragliotta, G. (2014). "Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm", *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2015-Janua, 697-701, DOI: 10.1109/IEEM.2014.7058728.
- Sjödin, D.R., Parida, V., Leksell, M. ve Petrovic, A. (2018). "Smart Factory Implementation and Process Innovation A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing", *Research-Technology Management*, 61(5), 22-31.
- Sternad, M. (2018). "Maturity Levels for Logistics 4.0 Based on NrW'S Industry 4.0 Maturity Model", *Business Logistics in Modern Management*, 18, 695-708.
- Tasarov, I.V. (2018). "Technologies of 4.0 Industry: Impact on the Performance Improvement of Industrial Companies", *Strategic Decision and Risk Management*, 2, 107.