

**DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK MODELİ:
TÜRKİYE ÇİMENTO SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

GÖKCE YÜCE

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
ARALIK- 2020**

**DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK MODELİ:
TÜRKİYE ÇİMENTO SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

GÖKCE YÜCE

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME
ANABİLİM DALI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ender GÜRGEN**

**MERSİN
ARALIK – 2020**

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi

beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

16 Aralık 2020/ 16 December 2020

İmza / Signature

Gökçe YÜCE

ÖZET

Günümüzde küresel rekabet ortamının yarattığı baskının en fazla hissedildiği alanlardan birisi üretim alanıdır. Özellikle üçüncü endüstri devrimi sonrası yaşanan gelişmeler sonucu üretim ölçekleri artmış, dolayısıyla arz artmıştır. Arzdaki bu artış, maliyetlerin sürekli azaltılmasını zorunlu kılmıştır.

Maliyet odaklılığın azami seviyeye ulaşması, işgücü maliyetlerinin çok düşük olduğu Uzakdoğu piyasalarını ön plana çıkarmıştır. Küresel piyasalardaki Uzakdoğu hakimiyetine, mevcut maliyetlerle karşı koyamama kaygısı ile yeni bir endüstri devriminin tanımlanması Avrupa ülkeleri tarafından ortak görüş olarak benimsenmiştir. 2011 yılında Almanya’da, Dünya’nın en büyük ticaret fuarlarından biri olan Hannover Messe’de tanıtımı yapılan “Endüstri 4.0” kavramı, bu alanda çok ses getirmiştir.

Bu çalışmanın amacı, çimento sektöründe özelleşmiş bir Endüstri 4.0 olgunluk modeli ortaya koymak ve örnek bir firma üzerinde bu modeli uygulamak, sonuçları irdelemektir. Bu kapsamda, 2019 yılında hisseleri Borsa İstanbul’a kote olan 16 çimento üretim şirketinin çalışanları hedef kitle olarak belirlenmiş ve bir anket gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçlarına göre, dijital olgunluk boyutlarının ağırlıkları ve firmaların bu boyutlarda hangi seviyede oldukları belirlenmiştir. Örnek bir çimento üretim firmasında yapılan uygulama ile, boyutların detaylı içerikleri, mevcut durumları ortaya konmuştur. Firmanın olgunluk seviyeleri Türkiye ortalaması ile karşılaştırılmıştır. Sonraki aşamada, belirlenen stratejiye göre gelişim önceliği ve gelişim planları ortaya konmuştur.

Sonuçta; çimento sektörü özelinde otomasyon varlığı, 100 puan üzerinden 96,25 puan ile en yüksek ağırlığa sahip boyut, 16,02 puan ortalaması ile ürünün kişiselleştirilmesi en düşük ağırlığa sahip boyut olarak belirlenmiştir. Türkiye çimento sektörünün, en yüksek olgunluk seviyesine sahip olduğu boyut 3,13 puan ile “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği”, 1,00 puan ortalaması ile “Ürünlerin Dijital Özellikleri” en düşük olgunluk seviyesine sahip boyut olarak belirlenmiştir. Boyutlara ilişkin olgunluk seviyelerinin, boyut ağırlıkları ile ağırlıklandırılması sonucunda elde edilen endekse İngilizce çimento sektörü olgunluk modeli anlamına gelen “Cement Industry Maturity Model” kelimelerinin baş harfleri ve 4. Sanayi devrimini temsilen 4.0 rakamının bir araya getirilmesi ile elde edilen CIMM 4.0 endeksi adı verilmiştir. Türkiye’de çimento üretimi alanında faaliyet gösteren şirketlerin ortalama CIMM 4.0 endeksi 2,26 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Dijital dönüşüm, Dijital olgunluk, Çimento sektörü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ender GÜRGEN, İşletme Anabilim Dalı, Mersin Üniversitesi, Mersin

ABSTRACT

Today, one of the areas where the pressure created by the global competitive environment is felt most in the production area. As a result of the developments, especially after the third industrial revolution, the production scales increased, so the supply increased. This increase in supply has made it necessary to reduce costs continuously.

The maximum cost focus has brought Far Eastern markets to the fore where labor costs are very low. With the concern of not being able to resist the Far Eastern dominance in global markets with the current costs, the definition of a new industrial revolution has been adopted by European countries as a common view. The concept of "Industry 4.0", which was introduced in Germany in 2011 at Hannover Messe, one of the biggest trade fairs of the world, made a tremendous impact in this area.

The purpose of this study is to present an Industry 4.0 maturity model specialized in the cement sector, to apply this model on a sample company and to examine the results. In this context, employees of 16 cement production companies whose shares are listed on Borsa Istanbul in 2019 were determined as the target audience and a survey was conducted. According to the survey results, the weight of digital maturity dimensions and the level of companies in these dimensions were determined. Detailed contents and current situations of the dimensions were revealed with the application made in a sample cement production company. Firm's maturity levels were compared with the average of Turkey. In the next stage, development priority and development plans were determined according to the determined strategy.

After all; In the cement sector, the presence of automation has been determined as the dimension with the highest weight with 96.25 points out of 100 points, and personalization of the product with an average of 16.02 points. Turkey's cement industry, the highest maturity level with that size with 3,13 points, "IT (Information Technology) and data security", with 1.00 average score of "Digital Properties of the product" is defined as size with the lowest maturity level. The index obtained as a result of weighting the maturity levels of the dimensions with the size weights is called the CIMM 4.0 index, which is obtained by combining the initials of the words "Cement Industry Maturity Model", which means the English cement industry maturity model, and the number 4.0 representing the 4th industrial revolution. CIMM 4.0 average index of companies operating in the cement production in Turkey was determined to be 2.26.

Keywords: Industry 4.0, Digital transformation, Digital maturity, Cement industry

Advisor: Asts. Prof. Ender GÜRGEN, Department of Business Administration, Mersin University, Mersin

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmalarım boyunca tüm süreçlerde beni destekleyen Dr. Öğr. Üyesi Ender GÜRGEN'e, akademik çalışmalarına ve tez sürecine katkılarından dolayı Prof. Dr. Tevfik AYTEMİZ ve Doç. Dr. İzzettin TEMİZ'e, bu tezin olgunlaşmasında önemli katkıları olan Dr. Öğr. Üyesi Ayhan DEMİRCİ'ye ve Prof. Dr. Erman COŞKUN'a teşekkürlerimi sunarım. Akademik yolculuğum boyunca yakın desteğini ve samimiyetini her fırsatta gösteren, mentorluk yapan Doç. Dr. Kalender Özcan ATILGAN'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Teşekkürlerin en büyüğü; kendimi bildim bileli desteklerini her an yanımda hissettiğim annem, babam ve ablama, motivasyon kaynağım olan eşime, varlıklarıyla hayatı anlamlı kılan kızım Bade ve oğlum Uzun'a.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR ve SİMGELER	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÜRETİM SİSTEMLERİNİN DEĞİŞİMİ VE ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ	3
2.1. Endüstri 1.0 (1. Sanayi Devrimi) (1765)	3
2.1.1. Üretim Sistemi Teknolojisi	3
2.2. Endüstri 2.0 (2. Sanayi Devrimi) (1870)	6
2.2.1. Diğer Yönetimsel Felsefeler	7
2.2.1.1. Taylor'un Bilimsel Yönetim İlkeleri	7
2.2.1.2. Toplam Kalite Yönetimi	7
2.3. Endüstri 3.0 (3. Sanayi Devrimi) (1969)	8
2.3.1. Üretim Sistemi Teknolojileri	8
2.3.1.1. Otomatik Üretim Sistemi	8
2.3.1.2. Esnek Üretim Sistemi	9
2.3.1.3. Bilgisayarla Bütünleşik İmalat (CIM)	11
2.3.1.4. Akıllı Üretim Sistemi (IMS)	12
2.3.1.5. Holonik Üretim Sistemi	13
2.3.2. Üretim Sistemi Yönetimi	15
2.3.2.1. Tam Zamanında Üretim (TZÜ)	15
2.3.2.2. Yalın Üretim	16
2.3.2.3. Çevik Üretim	17
2.3.2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi	20
2.3.2.5. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi	21
2.3.3. Diğer Yönetimsel Felsefeler	22
2.3.3.1. Altı Sigma	22
2.3.3.2. Performans Yönetimi	23
2.3.3.3. Yalın Altı Sigma	24
2.3.3.4. Kalite Yönetimi Alanı	25
2.4. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm	27
2.4.1. Endüstri 4.0 Yapı Taşları	29
2.4.1.1. Nesnelerin İnterneti	29
2.4.1.2. Büyük Veri	30
2.4.1.3. Bulut Bilişim	31
2.4.1.4. Arttırılmış Gerçeklik	32
2.4.1.5. Otonom Robotlar	33
2.4.1.6. Simülasyon	33
2.4.1.7. Sistem Entegrasyonu	34
2.4.1.8. Siber Güvenlik	34
2.4.1.9. Eklemeli Üretim	34
2.4.2. Üretim Sistemi Teknolojisi	35
2.4.2.1. Otonom Üretim Sistemi	35
2.4.2.2. Doğrudan Dijital Üretim	36

2.4.2.3. Siber Fiziksel Sistemler	37
2.4.3. Üretim Sistemi Yönetimi	37
2.4.4. İmalat Yöntemleri	38
2.4.4.1. Eklemeli Üretim	38
2.4.4.2. Hibrit Üretim	39
2.4.5. Diğer Yönetimsel Felsefeler	41
2.4.6. Dijital Dönüşüm ve Endüstri 4.0 Beklentileri	41
2.4.7. Endüstri 4.0 Sonrası Dönem İçin Öngörüler	42
2.5. Dijitalleştirme, Dijitalleşme Ve Dijital Dönüşüm Kavramları	43
2.6. Üçüncü Platform (Third Platform)	45
2.7. COVID-19'un Dijital Dönüşüme Etkileri	46
2.8. Endüstri 4.0 Ve Dijital Olgunluk Modeli Literatürü	47
3. METODOLOJİ	55
3.1. Veri Toplama Süreci	55
3.1.1. Anket	55
3.2. Ana Kütle ve Örneklem	56
3.2.1. Çimento Üretim Tesisleri	56
3.2.2. Sektör Uzmanları	57
3.2.3. Uygulama Yapılan Firma (Çimsa) Hakkında Bilgiler	62
3.2.4. Güvenilirlik Testi	63
3.2.5. Verilen Cevaplara Göre Çimsa ve Türkiye Ortalamasının İstatistiksel Analizi	64
3.2.6. Örneklem Hacminin Genel Değerlendirmesi	65
3.3. Sınırlılıklar	66
4. ANALİZ VE BULGULAR	67
4.1. Analizlere İlişkin Bulgular	67
4.1.1. Boyutların Ağırlıklarının Belirlenmesi	68
4.1.2. Sektörel Dijital Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi	70
4.1.3. CIMM 4.0 Endeksinin Belirlenmesi	73
4.2. Çimsa Uygulaması	77
4.2.1. Çimsa'nın Mevcut Durumu ve CIMM 4.0 Endeksi	77
4.2.1.1. Çimsa'nın Mevcut Durumu	77
4.2.1.2. Çimsa'nın CIMM 4.0 Endeksi	83
4.2.2. Çimsa'nın Türkiye Geneli İle Karşılaştırılması	85
4.2.3. Yol Haritası	90
4.3. Elde Edilen Bulguların Genel Değerlendirilmesi	105
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	119
EKLER	128
ÖZGEÇMİŞ	141

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2. 1. Klasik Üretim ve Yalın Üretim	17
Tablo 2. 2. Çevikliğin Temel Kavramları	19
Tablo 2. 3. Tedarik Zinciri Yönetimi Yönetim Farklılıkları	21
Tablo 2. 4. Kalite Yönetimi Alanında Deming, Juran, Crosby, Freigenbaum, Taguchi karşılaştırması	27
Tablo 2. 5. Dördüncü Endüstri Devrimi Ve Önceki Üç Endüstri Devriminin Temel Paramet.	35
Tablo 2. 6. Eklemeli Üretim - Eksiltmeli Üretim Karşılaştırması	39
Tablo 2. 7. Dijital Olgunluk Modellerine İlişkin Kıyaslama Tablosu	51
Tablo 3. 1. Birinci Bölümün Güvenilirlik Testi Sonuçları	64
Tablo 3. 2. İkinci Bölümün Güvenilirlik Testi Sonuçları	64
Tablo 3. 3. Çimsa ve Türkiye Ortalamasının İstatistiksel Analiz Sonuçları	65
Tablo 4. 1. Dijital Olgunluk Boyutlarının Ağırlıkları (Önem Katsayısı)	68
Tablo 4. 2. Sektörel Dijital Olgunluk Seviyeleri	71
Tablo 4. 3. Boyut Bazında CİMM 4.0 Endeksi	74
Tablo 4. 4. Firmanın Ağırlıklandırılmış Puan Tablosu	83
Tablo 4. 5. Orjinal Çalışmadaki Ana ve Alt Boyutlar	85
Tablo 4. 6. Türkiye Ortalaması/Çimsa Puan Farkı	91
Tablo 4. 7. Stratejiye Göre Belirlenmiş Boyut Öncelik Tablosu	93
Tablo 4. 8. Sektör Geneli ve Çimsa Olgunluk Seviyelerinin Karşılaştırması	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Richard Arkwright'ın 1768'de Patent Başvurusu İle Sunduğu Eğirme Makinesi	4
Şekil 2. 2. Örnek Bir Esnek Üretim Sistemi	10
Şekil 2. 3. FMS'nin Uygulama Karakteristikleri	11
Şekil 2. 4. Bilgisayarla Bütünleşik İmalat Alt Sistemleri	12
Şekil 2. 5. Akıllı Üretimin İçeriği	13
Şekil 2. 6. Holonik Bir Üretim Sistemi	14
Şekil 2. 7. Holonik, Hiyerarşik Ve Heterarşik Sistemlerin Karşılaştırılması	15
Şekil 2. 8. TZÜ Gerçekleştirebilmek İçin Örnek Süreç Şeması	16
Şekil 2. 9. Çevikliğin Temel Kavramları	18
Şekil 2. 10. Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi	20
Şekil 2. 11. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi	22
Şekil 2. 12. Altı Sigma Metod Ve Araçları	23
Şekil 2. 13. Performans Yönetim Sistemi	24
Şekil 2. 14. Yalın Altı Sigma Bileşenleri	25
Şekil 2. 15. Endüstri'nin Tarihsel Gelişimi	28
Şekil 2. 16. Endüstri 4.0'ın yapısı	29
Şekil 2. 17. IoT Sistem Mimarisi	30
Şekil 2. 18. Büyük Veri İşleme Şeması	31
Şekil 2. 19. Bulut Bilişim Şeması ve Konsepti	32
Şekil 2. 20. Gerçeklik-Sanallık Sıralaması	33
Şekil 2. 21. Geleneksel Üretim ve Doğrudan Dijital Üretim İle Optimize Edilmiş Parça Karşılaştırılması	36
Şekil 2. 22. Siber-Fiziksel Sistemin Uygulanması İçin 5c Mimarisi	37
Şekil 2. 23. Hibrit Üretim İle Bir Pervanenin Ana Üretim Aşamaları	40
Şekil 2. 24. Farklı Üretim Tiplerinde Çarklar İçin Üretim Sürelerinin Karşılaştırılması	40
Şekil 2. 25. Endüstri 4.0 Öncesi ve Sonrası	42
Şekil 2. 26. Geleneksel Doğrusal Tedarik Zincirine ve Dijital Tedarik Ekosistemi	43
Şekil 2. 27. Dijitalleştirme, Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm Kavramları	44
Şekil 2. 28. Birinci, İkinci ve Üçüncü Platform Süreçleri	45
Şekil 2. 29. Dördüncü Platform Süreçleri	46
Şekil 3. 1. Örneklem Yaş Dağılımı Grafiği	58
Şekil 3. 2. Örneklem Pozisyon Seviyesi Dağılımı	58
Şekil 3. 3. Örneklem Eğitim Seviyesi Dağılımı	59
Şekil 3. 4. Şirketteki İş Tecrübesi Dağılımı	60
Şekil 3. 5. Toplam İş Tecrübesi Dağılımı	60
Şekil 3. 6. Görev Yaptıkları Fabrikalara Göre Katılımcı Sayıları	61
Şekil 3. 7. Görev Yaptıkları Holding/Grup Bazında Katılımcı Sayıları	61
Şekil 3. 8. Çimsa Fabrikaları ve Üretim Kapasiteleri	62
Şekil 3. 9. Çimsa Firmasının Kuruluşundan İtibaren yaşadığı Önemli Değişimler	63
Şekil 4. 1. Faktör Analizinin Temel Sonuçları	67
Şekil 4. 2. Dijital Olgunluk Önem Katsayılarının Sıralaması	70

Şekil 4. 3. Sektörel Dijital Olgunluk Seviyelerinin Sıralaması	72
Şekil 4. 4. Boyut Bazında CİMM 4.0 (q) Değerlerinin Sıralaması	75
Şekil 4. 5. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Ürünler Ve Servisler)	86
Şekil 4. 6. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Üretim Ve Operasyonlar)	87
Şekil 4. 7. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Strateji Ve Organizasyon)	88
Şekil 4. 8. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Tedarik Zinciri)	88
Şekil 4. 9. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (İş Modeli)	89
Şekil 4. 10. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Yasal Konular)	90
Şekil 4. 11. Puan Farkı (y eksen) ve Boyut Ağırlıkları (x eksen)	92
Şekil 4. 12. Uzmanların Görüş Farkı Düzeyi	106



KISALTMALAR VE SİMGELER

Kısaltma/Simgesi	Tanım
AM	Additive Manufacturing (Eklemeli Üretim)
AMS	Autonomous Manufacturing System (Otonom Üretim Sistemi)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikan Malzeme ve Test Kurumu)
B2B	Business To Business (İşletmeden İşletmeye)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)
CAPP	Computer Aided Process Planning (Bilgisayar Destekli Süreç Planlama)
CAT	Computer Aided Test (Bilgisayar Destekli Test)
CIM	Computer Integrated Manufacturing (Bilgisayarla Bütünleşik İmalat)
CIMM	Cement Industry Maturity Model (Çimento Sektörü Olgunluk Modeli)
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayar Sayımlı Yönetim)
COBOT	Cooperational Robot (İşbirlikçi Robot)
CRM	Customer Relationship Management (Müşteri İlişkileri Yönetimi)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improvement, Control (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol)
EDM	Electrical Discharge Machining (Elektrik Deşarjı İle İşleme)
EMPA	Swiss Federal Laboratories For Materials Science and Technology (İsviçre Malzeme Bilim ve Teknolojileri Federal Laboratuvarları)
ERP	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
FFF	Free Form Fabrication (Serbest Form Üretimi)
FMS	Flexible Manufacturing System (Esnek Üretim Sistemi)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
GSM	Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
IAAS	Infrastructure as a Service (Hizmet Olarak Altyapı)
IMS	Intelligent Manufacturing System (Akıllı Üretim Sistemi)
IMVP	International Motor Vehicle Project (Uluslararası Motorlu Araç Projesi)
IoT	Internet Of Things (Nesnelerin İnterneti)
IT	Information Technology (Bilgi Teknolojisi)
KPI	Key Process Indicator (Anahtar Süreç Göstergesi)
KVKK	Kişisel Verilerin Korunması Kanunu
LAN	Local Area Networking (Yerel Ağ Bağlantısı)
LM	Layered Manufacturing (Katmanlı Üretim)
LMD	Laser Metal Deposition (Lazer Metal Birikimi)
MCS	Multi Carrier System (Çoklu Taşıyıcı Sistem)
MES	Manufacturing Execution System (Üretim Yönetim Sistemi)
MIT	Massachusetts Institute Of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)
M2M	Machine To Machine (Makineden Makineye)
OPC	Open Platform Communications (Açık Platform İletişimi)

PAAS	Platform as a Service (Hizmet Olarak Platform)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantık Denetleyicisi)
PLM	Product Lifecycle Management (Ürün Yaşam Döngüsü)
RFID	Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
RLTS	Real-Time Live Scale (Gerçek Zamanlı Canlı Ölçek)
RP	Rapid Prototyping (Hızlı Prototipleme)
SAAS	Software as a Service (Hizmet Olarak Yazılım)
SFF	Solid Freeform Fabrication (Katı Serbest Form Üretimi)
SMED	Single Minute Exchange of Die (Tek Dakikalık Rakam Kalıp Değişimi)
SRM	Supplier Relationship Management (Tedarikçi İlişkileri Yönetimi)
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
TQC	Total Quality Control (Toplam Kalite Kontrol)
TPM	Total Productive Maintenance (Toplam Üretken Bakım)



1. GİRİŞ

Başta rekabet olmak üzere Dünya’da küreselleşmenin etkilerinin her alanda fazlasıyla hissedilmeye başlandığı bir döneme girilmiştir. Küresel rekabetin yarattığı bu baskının en büyük etkileri kuşkusuz ki üretim sistemlerinde kendini göstermektedir.

21. yüzyılda üretim alanında kendini iyiden iyiye gösteren Uzakdoğu etkisi, çok kısa süre içerisinde tüm dünya üreticileri için büyük bir tehdit haline gelmiştir. İşgücü maliyetleri, ölçek ekonomisi, lojistik faktörler vb. avantajları iyi kullanan Uzakdoğulu üreticiler, hemen her sektörde agresif fiyat stratejileri ile küresel pazarları hakimiyeti altına almıştır. Küresel rekabette tekrardan var olmak isteyen oyuncuların tek şansı endüstriyel bir devrim olarak görülmüştür.

Bu noktada 2011 yılında Almanya’da, Dünya’nın en büyük ticaret fuarlarından biri olan Hannover Messe beklenen bu devriminin çıkış noktası olmuştur. Almanya’nın devlet destekli stratejisi olan “Endüstri 4.0” kavramının lansmanı bu fuarda gerçekleştirilmiştir.

Özünde bir “dijital dönüşüm” felsefesini barındıran Endüstri 4.0 kavramı, tanıtım çalışmalarının başarısı sayesinde bu süreçlerde çoğu zaman tek başına anılan bir kavram olmuştur.

Dijital dönüşüm kavramı; fiziksel süreçler barındırsın veya barındırmasın, üretime ilişkin mümkün olan tüm faaliyetlerin dijitalleştirilmesi üzerine kurulu bir kavramdır. Bu sayede küresel rekabetin tekrar tesis edilebileceği görüşünü savunur. Bu düşünceye göre üretim makinelerinin dijitalleşmesi ile işgücü maliyeti bir avantaj olmaktan çıkacak, tedarik zincirinin dijitalleşmesi (daha görünür hale gelmesi) sayesinde stok maliyetleri azalacak, esnek üretim hatları sayesinde hem özelleştirilmiş hem de ölçek ekonomisine uygun üretim yapılabilecektir.

Endüstri 4.0 kavramı, tanıtımının yapılması ile birlikte büyük ilgi uyandırmış, geniş kitlelerde yankı uyandırmıştır. Ancak tanıtımının yapılmasının üzerinden neredeyse on yıl geçmiş olmasına rağmen, kavramı net bir şekilde anlayamayan büyük bir topluluk olduğu söylenebilir. Özellikle tanıtımlarda endüstriyel robotların kullanılmış olması dolayısı ile kavram genellikle üretimde robot kullanılmasından ibaret olarak algılanmaktadır. Oysa üretim tarihine bakıldığında, üretimde robotların kullanılmasının 1960’larda gerçekleştiği görülmektedir (Norman, 2020).

Kavramın anlaşılabilmesi/yanlış anlaşılmasının yanında kavramı anlayan fakat nereden başlanması gerektiğini, neler yapılması gerektiğini bilmeyen endüstri çevrelerinin sayısı çok ciddi boyutlardadır. Yalnızca KOBİ (Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler) statüsünde olan şirketler değil, küresel ölçekte üretim yapan şirketlerin bile zaman zaman kayıtsız kaldığı söylenebilir.

İşte bu noktada bu tezin amacı, Endüstri 4.0 konusuna açıklık kazandırmak, nereden başlanması ve neler yapılması gerektiği konusunda sistematik bir model ortaya koymaktır. Bu bağlamda bir şirketin Endüstri 4.0'ı anlaması, nasıl uyarlayacağını ve uygulayacağını öğrenebilmesi, hangi süreçlerde nasıl değişiklikler yaşayacağı, hangi alanlara nasıl yatırım yapacağını öngörebilmesi sorularının cevabı aranmıştır.

Araştırmanın amacı, Endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin belirlenmesi ve bu seviyeyi yükseltmek için planlamanın yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda çimento sektöründe seçilen örnek bir işletmenin (Çimsa) olgunluk seviyesi belirlenecek, seviyenin geliştirilmesi için gerekli planlamalar yapılacaktır.

Literatür kısmında da belirtildiği üzere, Endüstri 4.0 ve dijital olgunluk seviyesinin belirlenmesine ilişkin farklı çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Ancak sektör bazında özelleşmiş herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın çimento sektörüne özel ilk çalışma olması, genel anlamda sektörel anlamda yapılmış bir çalışma olması çalışmanın katkısı ve önemini vurgulamaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde çalışmanın amacı ve katkılarına ilişkin temel süreçler irdelenmiştir. İkinci bölümde ilk üç endüstri devriminin yanı sıra dördüncü endüstri devrimi ve dijital dönüşüme ilişkin temel kavramlar, süreçler irdelenmiştir. Bu bağlamda teknolojik, yönetsel ve felsefi değişimler incelenmiştir. Ayrıca, Endüstri 4.0 ve dijital olgunluk düzeyi belirlenmesi problemine dair farklı bakış açıları incelenmiş, bu alandaki literatür çalışması gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü bölümde veri toplama süreci anlatılmış, ana kütle ve örnekleme ilişkin veriler paylaşılmıştır. Çimento sektörünün neden seçildiği, hedef kitlenin belirlenmesi süreçleri ile beraber çalışmanın sınırlılıklarına ilişkin bilgiler de bu bölümde anlatılmıştır. Ayrıca uygulamanın yapılacağı firmanın tanıtımı ve firmaya ilişkin bilgiler paylaşılmıştır.

Dördüncü bölüm, analiz sistematığı, çimento sektörü olgunluk düzeyinin belirlenmesi, uygulama yapılacak firmanın olgunluk düzeyi ve sektöre göre durumunun belirlenmesi, firmanın dijital dönüşüm yol haritasının çıkarılması ve tüm bu süreçlere ilişkin genel değerlendirmenin gerçekleştirildiği bölüm olmuştur.

Son olarak çalışmanın sonuçları ve önerilere ilişkin yorumların yapıldığı beşinci bölümle çalışma sonlandırılmıştır.

2. ÜRETİM SİSTEMLERİNİN DEĞİŞİMİ VE ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

Tezin bu bölümünde endüstri devrimleri sınıflandırılmış, endüstri devrimleri süresinde yaşanan gelişim ve değişimler irdelenmiştir. Sınıflandırma gerçekleştirilirken, Huang'ın çalışmasında (Huang, 2017) yapmış olduğu sınıflandırma sistematğinde yer alan bazı başlıklara, bu çalışmada uyarlama olarak yer verilmiştir.

2.1. Endüstri 1.0 (1. Sanayi Devrimi) (1765)

1700'lü yılların sonlarına doğru buhar gücü ile çalışan motorların mekanik üretime olanak tanınması 1. endüstri devriminin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu devrim, İngiltere'de başlamış ve tekstil endüstrisinin mekanizasyonu ile Avrupa'ya ve sonra da dünyanın geri kalanına yayılmıştır. James Watt'ın öncülük ettiği buhar motoru teknolojisi, ilk olarak tekstil sektöründe kullanılmaya başlamıştır. Bunun sebebi olarak tekstil imalatının insan gücü ile yapılıyor olması ve oldukça zorlu fiziksel süreçler içermesi gösterilmektedir (Taş, 2018: 1820).

Bununla birlikte yine İngiltere'de demir-çelik sektörü büyük ölçüde odun kömürüne bağımlı hale gelmiştir. Bu dönemde kömür arzının sınırlı olması sebebi ile fiyatlar yükselmiştir. Daha yüksek eritme sıcaklıklarına duyulan ihtiyaç, daha büyük hacimli yüksek fırınlar anlamına gelmekte ve bu da mevcut su gücü kaynaklarının çoğundan daha güçlü hava pompaları gerektirmiştir. 1776 yılında John Wilkinson bu amaçla bir buhar motoru uygulaması gerçekleştirmiştir (Skempton vd., 2002: 785).

Tüm bu gelişmelerle birlikte daha büyük ölçekli ve tesisleşmiş yapılarda tekstil işleri yapılmaya başlanmıştır. Bu da büyük şehirlerde endüstriyel tesislerin kurulmasına, dolayısı ile tarımdan sanayiye geçişe yol açmıştır. Kırsaldan kente olan göç, bu aşamada tarihi seviyelere ulaşmıştır (Taş, 2018: 1821).

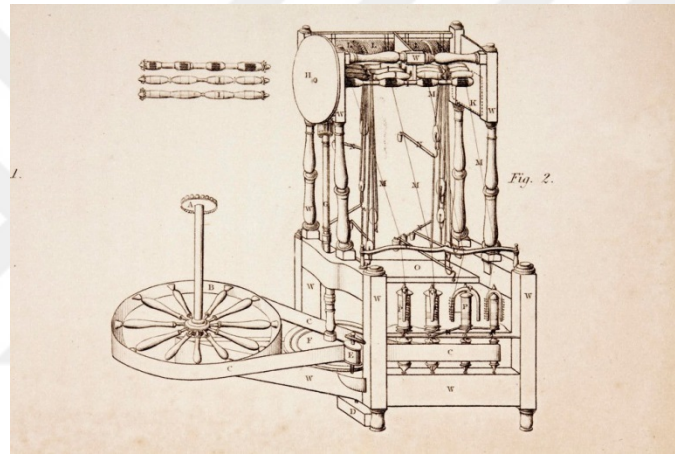
2.1.1. Üretim Sistemi Teknolojisi

Bu dönem, teknoloji bakımından tamamen geleneksel üretim teknolojilerinin kullanıldığı bir dönemdir. Dönemde, Dünya genelinde temel endüstriyel faaliyetler yeni yapılanmaya başladığından üretim sistemi teknolojilerinden çok mevcut teknolojilerin yaygın kullanılması amaçlanmıştır.

Geleneksel Üretim

Üretim, genel olarak kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yürütülen faaliyetlerin tümü olarak tanımlanabilir (Kobu, 2017: 3).

18. yüzyılın başlarına kadar olan dönemde üretim faaliyetleri insan ve hayvan gücü ile desteklenerek gerçekleştirilmiştir. Ancak artan nüfus ve artan talep sebebi ile bu talebi karşılayacak yollar aranmış, mevcut üretim stratejisi yetersiz kalmıştır. 1767 yılında İngiliz sanayici Richard Arkwright, su gücünü kullanarak bir çarkı (bknz. Şekil 2.1.) döndürmüş ve insan gücüyle elde edilebilecek pamuk ipliğinin çok daha fazlasını bu yolla üretmeyi başarmıştır. Tekstil endüstrisinde makinelerin çalışmaya başlaması, fabrika tabanlı üretime geçişte önemli bir adım olmuştur (Başer, 2011: 145-146).



Şekil 2. 1. Richard Arkwright'ın 1768'de Patent Başvurusu İle Sunduğu Eğirme Makinesi (scienceandindustrymuseum, 2020)

Bu adımdan yaklaşık bir asır sonra 19. yüzyıl başlarında genç üretimci Henry Ford 1903'te otomobil üretmeye başladığında her montaj çalışanı kendi başına bir otomobilin bütün montajını gerçekleştirmekteydi. Bir otomobilin montajı, baştan sona 514 dakika almaktaydı. 1908 yılında Henry Ford, tarihte yerini alacak olan ve halen kullanılan bir üretim metodu (bant tipi üretim) geliştirmiştir (Saydan, 2004: 154). Bu metodla, her montaj çalışanı yalnızca bir işi yapması, böylece sürecin kısılması amaçlanmıştır.

Ford Motor Co., Model T olarak adlandırılan aracın üretiminde bu yöntem hayata geçirildikten sonra montajcının görev süresi oldukça kısaltılmıştır. Bu yöntemle yapılan üretime de bant tipi üretim adı verilmiştir. Bu yöntem sayesinde birim zamanda üretim miktarı artmış, işgücü verimliliğini arttırmış ve böylece parça başı ücret sisteminin etkisiyle de işçi ücretlerinde olumlu değişimler meydana gelmiştir. Bu sistem, üretim yönetiminde bir felsefeye dönüşmüş ve Fordizm adı verilmiştir (Akyurt, 2010: 7-8).

Üretim sistemi yönetimi konusunda bu dönemde geleneksel üretim teknikleri kullanılmış, dünya genelinde hemen her ürüne olan talep, arzın çok üstünde seyretmiştir. Bu sebeple üreticiler, mevcut üretim sistematiklerini gözden geçirme ihtiyacı hissetmemiştir. Üretilen her ürün mutlaka müşteri bulmuştur. Yönetimsel açıdan durağan geçen bu dönemde, bu bağlamda önemli bir gelişme olmamıştır.

İmalat Yöntemleri konusunda bu dönemde ağırlıklı olarak eksiltmeli üretim teknikleri kullanılmıştır. Eksiltmeli üretim kavramı, metal, plastik vb katı malzemelerin kesme, delme, talaş kaldırma yolu ile kontrollü olarak azaltılması ile gerçekleştirilen işlemleri tanımlamaktadır. Bu işlemler, manuel olarak yapılabildiği gibi bilgisayar kontrolü ile bilgisayar sayımlı yönetim (CNC) otomatik olarak da yapılabilir. CNC ile beraber, lazer kesiciler ve elektrik deşarjı ile işleme (EDM) metodları da üretimde sıklıkla kullanılmaktadır (Newman vd., 2015: 467-470).

Eksiltmeli üretimin avantajlı yönü, diğer tekniklerinden daha iyi toleranslarda ve daha pürüzsüz yüzeylere sahip daha güçlü parçalar üretilebilir olması iken; dezavantajlı yönü ise yüksek seviyede kurulum süresi gerektirebilir olması ve firelerin fazlalığı sebebi ile yüksek maliyetlerin ortaya çıkmasıdır.

Diğer yönetsel felsefeler konusu bu dönemin gelişim süreci bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Üretim sistemi yönetiminde olduğu gibi, dünya genelinde hemen her ürüne olan talebin, arzın çok üstünde seyretmesi sebebiyle bu dönem felsefi anlamda çok zorlayıcı bir dönem olmasa da, bazı önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bunlardan en önemlisi Henry Fayol'un bilimsel yönetim ilkeleridir.

1841 yılında İstanbul'da dünyaya gelen Henry Fayol, yönetim alanında çok önemli teorik çalışmalar yapmıştır. Mühendislik kökenli olan ve uzun süre madencilik sektöründe çalışan Fayol, bu süreçte kazandığı deneyimleri "Genel ve Endüstriyel Yönetim" ismini verdiği kitabında aktarma fırsatı bulmuştur. Bu eserde, yönetsel işlemlerin işletmelerde nasıl uygulanması gerektiğini irdelenmiştir. Fayol, yönetimde 14 temel ilkedden bahsetmektedir (Karaboğa ve Zehir, 2020: 53-68). Bunlar;

***İş Bölümü:** Bu ilkeye göre, iş bölümü sayesinde çalışanlar belli bir işte uzmanlaşıp süreç verimini arttırabilirler. İş değişimleri sebebi ile gecikmeler yaşanmadığından genel sistem verimi de artmaktadır.

***Otorite:** İşletmedeki prosedür ve yönetmelikler sayesinde yöneticiler, çalışanların iş yapmasını ve itaat etmesini sağlarlar.

***Disiplin:** İşletmede disiplinin sağlanmasında kritik rol yöneticilerde olup, ödül ve ceza algısının yerleştirilmiş olması da yöneticilere güç vermektedir.

***Komutların tekliği:** Bir işletmede herhangi bir çalışan, sadece bir yöneticiden emir alabilir. Aksi durumda sistem etkinliğini kaybeder.

***Hedeflerin tekliği:** İşletmede amacı ortak olan birimler tek bir hedefe doğru ve tek bir yönetici ile çalışır.

***Genel amaçların bireysel amaçlara üstünlüğü:** İşletmedeki herhangi birinin kişisel amaçları, örgütün genel amacından üstün olmamalıdır.

***Ücret:** Çalışanlara, işletmeye sundukları katkı oranında adil bir şekilde ödeme yapılmalıdır.

***Merkezileştirme:** Koordinasyon merkezden yürütülmeli ve karar mekanizması merkezde olmalıdır. Durumsal olarak yönetsel fonksiyonları bozmayacak şekilde merkezden uzaklaşılabilir.

***Kademeli zincir:** İşletmenin tepe yönetiminden en alt seviyedeki çalışanlara kadar uzanan yönetsel yapıdır. Yapı boyunca iletişimin bu zinciri takip etmesi zorunluluktur.

***Düzen:** Bir işletmede malzemeler, makineler, çalışanlar dahil tüm varlıkların belirli bir sırada olması, çalışma sistematiğinin ve lokasyonlarının belirlenmiş olması gerekmektedir.

***Tarafsızlık:** Yöneticiler çalışanlarına karşı anlayışlı ve hakkaniyetli davranmalıdır.

***Çalışanlarda İstikrar:** Çalışan sirkülasyonunun yüksek olduğu işletmeler verimsizdir. Yönetim, fonksiyon planlamasını iyi yapmalı ve işe uygun çalışanları seçmelidir.

***İnisiyatif:** İşletme fonksiyonlarını yerine getirecek olan çalışanların gayreti, işletmenin gücünü gösterir.

***Takım ruhu:** İşletmedeki çalışanlar arasındaki takım ruhu, işletmenin başarısının sırrıdır.

2.2. Endüstri 2.0 (2. Sanayi Devrimi) (1870)

1870'lerde elektrikle çalışan yürüyen bant sisteminin kullanılmaya başlanması yeni bir devrim olarak kabul edilmiştir. Henry Ford, bant sistemini iş bölümü stratejisiyle birleştirerek seri üretim kavramının doğmasına vesile olmuş, üretimdeki ezberleri bozmuştur. Otomobil üretim hattında bu sistematiği kullanmış ve Model T adını verdiği otomobil milyonlarca satış adedine ulaşmıştır. Bu buluş ile Model T ucuz, güvenilir bir otomobil haline geldi ve herkes için erişilebilir olmuştur. Otomobil artık zenginlerin kullandığı lüks bir ürün değil, her ev için bir ihtiyaç haline gelmiştir. Ford, bu yöntem sayesinde Model T'nin fiyatını üçte bir oranında düşürmüştür (Akyurt, 2010: 7-8).

Üretim sistemi teknolojisi açısından bakıldığında bu dönemde geleneksel üretim teknolojileri kullanılmaya devam ettiği söylenebilir. Yine üretim sistemi yönetimi alanında da bu dönemde önemli bir gelişme olmamış, daha çok bilimsel yönetim alanında köklü değişiklikler

yaşanmıştır. İmalat yöntemleri açısından bakıldığında da, süregelen eksiltmeli üretim yöntemleri kullanılmaya devam ettiği söylenebilir.

2.2.1. Diğer Yönetimsel Felsefeler

Bu dönem, yönetim felsefesi anlamında tarihteki en büyük değişimlerden bazılarının yaşandığı bir dönemdir. Ford'un bant tipi seri üretim felsefesi, Taylor'un bilimsel yönetim felsefesi, kalite kavramı ve toplam kalite yönetimi gibi önemli kilometre taşları bu dönemde gerçekleşmiştir.

2.2.1.1. Taylor'un Bilimsel Yönetim İlkeleri

Taylor'un Bilimsel Yönetim (Taylorizm) kavramı, iktisatçı ve mühendis Frederick Winslow Taylor'un 1911 yılında, geçmiş çalışmalarını toplamış olduğu "İşletmelerin Bilimsel Yönetimi" adlı çalışmasında ortaya attığı bir kavramdır.

Taylorizm, temelde üretim faaliyetlerini gerçekleştirirken insanlardan en yüksek verimi almanın yollarını irdeleyen bir çalışmadır. Bunun üzerinde çalışmasının ana sebebi, geçmiş analizlerinde endüstride çalışan işçilerin verimli ve ekonomik bir biçimde çalıştırılmadıklarını tespit etmiş olmasıdır.

Taylor, bu verimsizliğin çözümüne ilişkin çalışmalar yapmıştır. Örneğin, işin alt bölümlere ayrılması, çalışanların bu alt bölümlerde uzmanlaşması, çalışanların işe uygunluğunun bilimsel yöntemlerle belirlenmesi, yetki ve sorumlulukların belli kritik bölgelerde toplanması, çalışanların bilimsel sistematiğiyle eğitilmesi, organizasyonel hiyerarşinin kurulması gibi çözüm önerileri geliştirmiştir.

2.2.1.2. Toplam Kalite Yönetimi

Toplam kalite yönetimi (TKY), temelde müşteri ihtiyaçlarının optimum düzeyde karşılanmasını amaçlayan bir yönetim felsefesidir (Efil, 1995: 29). 1900'lerin başlarında bazı kaynaklarda kavramın temellerinden bahsedilse de, ilgi görmesi 1950'lerde, gerçek manasıyla kullanılması ise 1980'li yıllarda gerçekleşmiştir.

Özgener, TKY'ni ortak bir hedef doğrultusunda ekip olarak çalışmayı, müşterilere azami düzeyde değer yaratmayı, değişimi desteklemeyi, yaratıcılığı ödüllendirmeyi amaç edinerek, gücünü insanlardan alan ve mükemmelliğin sağlanmasında tüm çalışanların sorumluluğu olduğunu savunan bir yönetim felsefesi olarak tanımlamıştır (Özgener, 2003: 7).

Genel anlamda yukarıdaki tanımlamalarda olduğu gibi, insanların gücü ve motivasyonundan faydalanıp müsterilere azami değer yaratmayı amaçlayan bir yönetim felsefesi olarak kabul edilmektedir.

Toplam Kalite Yönetiminin temel ilkeleri;

- Kalitenin ön planda tutulması,
- Kalitenin firma stratejisinin temel bir unsuru haline getirilmesi,
- Çabanın herkes tarafından gösterilmesi,
- Üst yönetimin kaliteye bağlılığı ve desteği,
- Değişkenleri azaltmaya yönelik mamul ve sistem tasarımı

şeklinde tanımlanmıştır (Şakrak, 1997: 55).

2.3. Endüstri 3.0 (3. Sanayi Devrimi) (1969)

1960'ların sonuna gelindiğinde, bilgisayarlar ilk kez üretime girmiş, otomatik üretim sistemi kavramı endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Otomatik üretim sistemi, işletmelerin verimliliğinde devrimsel bir artış sağlamış, ürün kalitesini artırmış, işgücü maliyetlerini düşürmüş ve güvenliği artırmıştır.

Otomatik makinelerin sistematik ve tekrarlayan görevleri yerine getirebilmeleri ve üretime ilişkin verileri depolayabilmeleri tüm üretim çevresini değiştirmiştir. Bu nedenle, teknolojik yeniliğin artan hızıyla başa çıkmak için yeni beceriler ve iş modelleri geliştirilmiştir. Bu süreçte sektördeki birçok oyuncu bu hıza ayak uyduramamış, oyun dışında kalmıştır.

Ayrıca yine bu dönemde, üretim tesislerinde çalışan insanların yerini giderek artan bir şekilde makineler almaya başlamıştır.

2.3.1. Üretim Sistemi Teknolojileri

Bu dönem, üretim sistemi teknolojisi anlamında tarihteki en büyük değişimlerden birçoğunun gerçekleştiği bir dönem olmuştur. Bu teknolojilerden bazıları aşağıda detaylı olarak irdelenmiştir.

2.3.1.1. Otomatik Üretim Sistemi

Otomasyon, bir işlemin insan yardımı olmadan gerçekleştirildiği teknoloji olarak tanımlanabilir. Otomasyonun üretimde kullanılması Otomatik Üretim Sistemi (AMS) olarak adlandırılmaktadır. Bilgisayar kontrolü altında aynı anda çok çeşitli parça tiplerini otomatik

olarak işleyebilen birbirine bağlı bir malzeme işleme istasyonları sistemi olarak tanımlanmaktadır (Morriss, 2000: 11).

Otomatik bir üretim sistemi, bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli süreç planlama (CAPP), bilgisayar destekli imalat (CAM), esnek montaj ve esnek imalat, bilgisayar destekli test (CAT), üretim planlaması ve kontrol, proses teknolojileri, robotik ve otomatik malzeme taşıma vb tüm süreçleri kapsamaktadır (Morriss, 2000: 13).

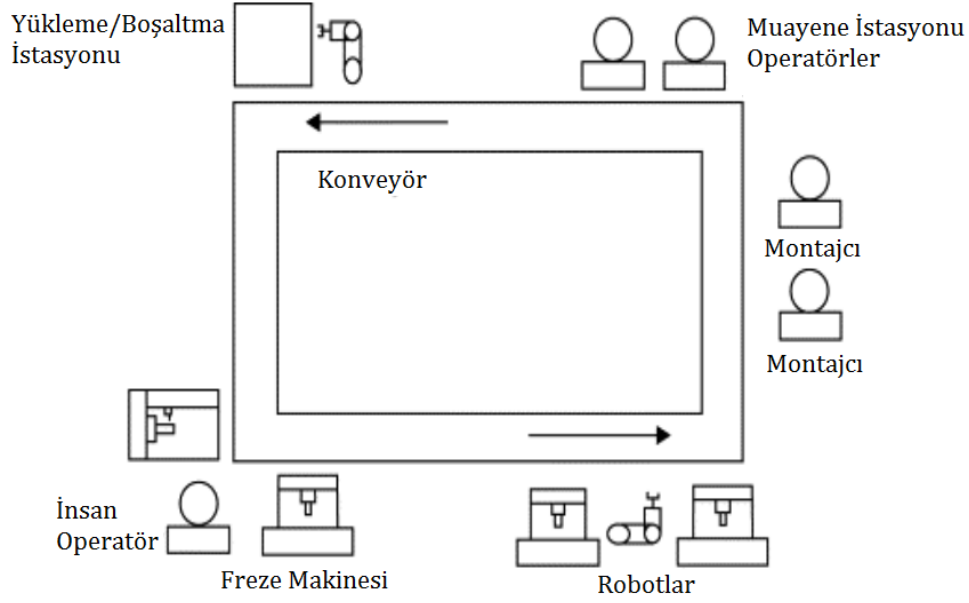
Yarıiletken teknolojisinin gelişimi ile 1969'da programlanabilir mantık denetleyicisinin (PLC) icadı ve bilgi teknolojisinin geliştirilmesi, imalatta otomasyonu daha da teşvik etmiş ve otomatikleştirilmiş üretim sistemlerinin ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. Bilgisayarın icadı, donanım ve yazılımlarındaki hızlı gelişmeler CNC makinelerinin ve endüstriyel robotların ortaya çıkmasına büyük katkıda bulunmuştur.

2.3.1.2. Esnek Üretim Sistemi

Üretimde otomasyonun kullanılmaya başlamasından önce, öngörülen veya öngörülemez talep ve süreç değişiklikleri üretim sistemini ciddi sıkıntılarla karşı karşıya getirmiştir. Ancak üretimde otomasyonun kullanılmaya başlamasıyla üretim sistemlerinin bu değişikliklere uyum sağlayabileceği bir yapı tartışılmaya başlanmıştır.

Neticede esnek üretim sistemi (FMS) ortaya çıkmıştır. FMS, pazardaki esnek olan talebe esnek bir arzla yanıt verebilmek amacı ile geliştirilmiş; müşterilere belirli ürünleri çok çeşitte düşük maliyetle üretebilme yeteneğine sahip, takım çalışması, çalışanların yetkilendirilmesi ve işletmenin rekabet gücünü artırarak faaliyetlerinin devamlılığını sağlayacak bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Pekmezci ve Demirelli, 2005: 132).

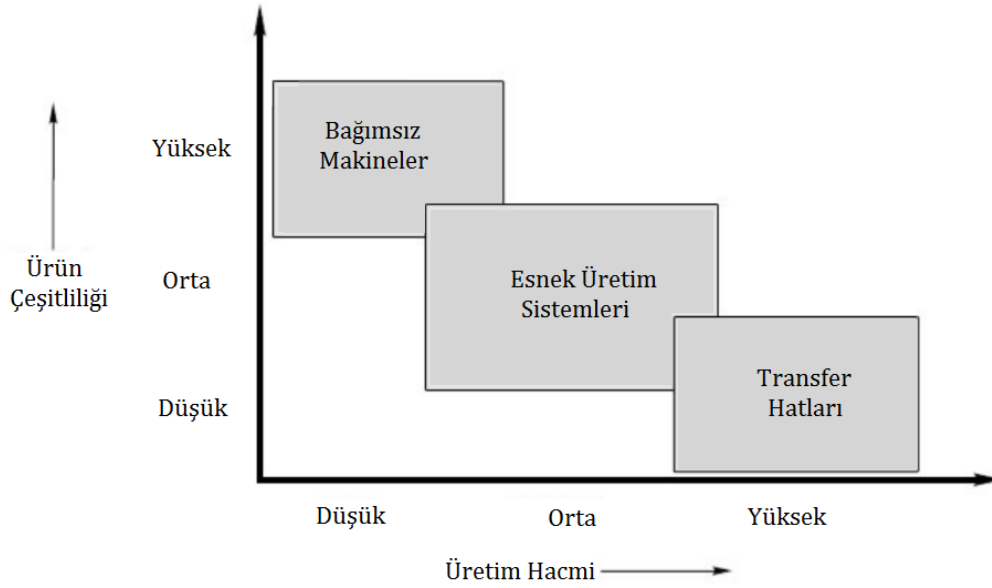
Birden fazla bileşene sahip bu sistem, tüm bu bileşenlerin koordineli bir şekilde sürece dahil olması ile sisteme esneklik kazandırmaktadır. Bu bileşenlerden bazıları Şekil 2.2.'te verilmiştir.



Şekil 2. 2. Örnek Bir Esnek Üretim Sistemi (Kosky vd., 2013: 229)

Üretim sistemindeki bu esnekliğin genellikle iki kategoriye ayrıldığı düşünülmektedir. Birincisi, makine esnekliğidir ki bu, sistemin yeni ürün türleri üretmek ve bir parça üzerinde gerçekleştirilen işlemlerin sırasını değiştirmek için uyarlanmasına izin verir. İkincisi yönlendirme esnekliğidir ve aynı işlemi bir parça üzerinde gerçekleştirmek için birden fazla makine kullanma yeteneğinin yanı sıra sistemin hacim veya kapasite gibi büyük ölçekli değişiklikleri gerçekleştirebilme yeteneğinden oluşur. Esnek üretim sistemleri genellikle üç ana sistemden oluşur: parça akışını optimize etmek için bir malzeme taşıma sistemi, malzeme hareketini kontrol eden merkezi kontrol bilgisayarı ve çalışma makineleri (genellikle otomatik CNC makineleri veya robotlar) (Kosky vd., 2013: 228).

Geleneksel teknikle gerçekleştirilen üretimde çok yüksek çeşitlilikte ve neredeyse tamamen farklı ürünler üretilebiliyorken, kitlesel üretimde çok yüksek miktarda ve neredeyse birebir aynı ürünler üretilebilmektedir. İşte esnek üretim, bu iki üretim çeşidinin avantajlı yönlerini bir araya getirip çok yüksek miktarda ve yüksek çeşitlilikte üretim gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Aşağıdaki uygulamada (Şekil 2.3.) FMS'nin karakteristiğini göstermektedir.



Şekil 2. 3. FMS'nin Uygulama Karakteristikleri (Szabolcs ve Macedon, 2010: 70)

2.3.1.3. Bilgisayarla Bütünleşik İmalat (CIM)

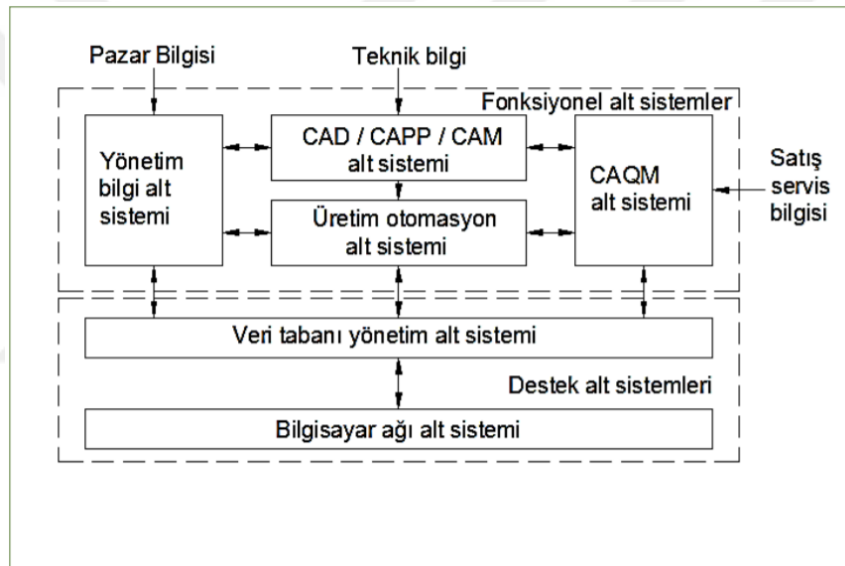
Geleneksel üretimle başlayan süreç, teknolojinin gelişimi ile birlikte zaman içerisinde bambaşka bir noktaya evrilmiştir. Otomasyonun üretimde kullanılmasıyla, üretim kapasiteleri ve hızları artmış, farklı ürünler aynı hat üzerinde üretilmeye başlamıştır. Tüm bunların sonucunda endüstriyel üretim kavramı hızla yayılmış ve rekabetin yoğun yaşandığı piyasalar oluşmuştur.

Bu ortamda firmalar rekabet avantajı sağlayabilmek için ileri teknoloji arayışına girmiş ve bu arayış sonucunda ortaya çıkan en dikkat çekici çalışmalardan birisi 1973 yılında Dr. Joseph Harrington tarafından yayınlanan bilgisayarla bütünleşik imalat (CIM) kitabı olmuştur (Nagalingam ve Lin, 2008: 332-344). CIM, ileri teknoloji içeren sistemlerin kullanıldığı, işletmeye ilişkin hemen her fonksiyonun (tasarım, planlama, üretim, kontrol/denetim vb) koordineli bir şekilde yürütülmesini sağlayan bir bilgi teknolojisi şeklinde tanımlanabilir (Demirel ve Karaağaç, 2014: 53-54).

CIM (Bilgisayarla Bütünleşik İmalat) bir otomasyon sistemi olup, bilgiye daha kolay ulaşabilme, daha kısa çevrim zamanı ve çeviklik, taleplere daha hızlı yanıt verebilme, çizelgelemede optimizasyon; makine hazırlık zamanlarını azaltma ve daha iyi kapasite kullanımı, gerçek zamanlı veri ile kalitede iyileşme, malzeme ihtiyaçlarının daha iyi tahmini, stokların daha iyi yönetilmesi, teslim zamanlarının azaltılması, kurulum zamanlarının azalması, daha küçük partiler ve daha fazla değişik parça ile üretimde maliyet avantajı gibi avantajları bulunmaktadır (Aktepe vd., 2009: 549-550).

Bilgisayarla bütünleşik imalat, baştan sona otomatik bir üretim tesisi kurmaktan ziyade, farklı teknolojileri barındıran, otomasyon ve insan uyumuna sahip, yüksek verimli bir üretim tesisi meydana getirmeyi amaçlamaktadır.

Bilgisayarla bütünleşik imalat, dört fonksiyonel alt sistem ve iki destek alt sisteminden meydana gelmektedir. Fonksiyonel alt sistemler; yönetim bilgi, CAD/CAPP/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Süreç Planlama/Bilgisayar Destekli İmalat) ve üretim otomasyon şeklindedir. Fonksiyonel alt sistemler bir şirketin işletme süreçlerini ifade etmektedir. Destek alt sistemleri ise bilgisayar ağı ve veri tabanı yönetim alt sistemleri şeklindedir. Destek alt sistemleri, fonksiyonel alt sistemlerin fonksiyonlarını yürütebilmesi için temel oluşturmaktadır (Demirel ve Karaağaç, 2014: 53). Alt sistemlere ilişkin şema aşağıda (Şekil 2.4.) verilmiştir.



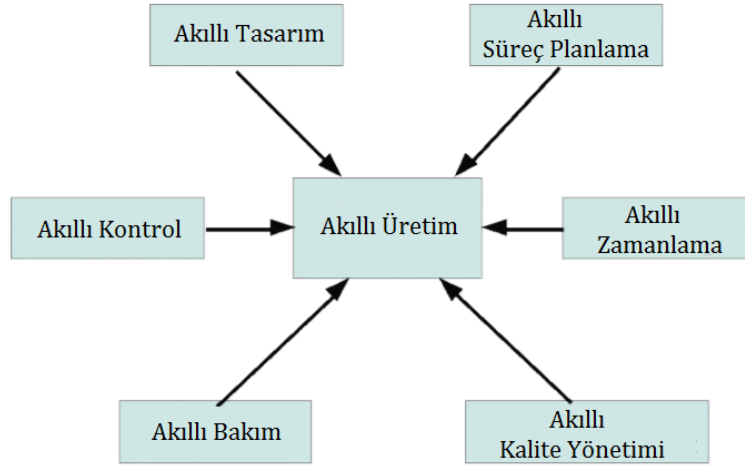
Şekil 2. 4. Bilgisayarla Bütünleşik İmalat Alt Sistemleri (Demirel ve Karaağaç, 2014: 53)

2.3.1.4. Akıllı Üretim Sistemi (IMS)

Akıllı üretim sistemi, üretimde süreçler, insanlar ve makineler arasında etkileşim yolu ile süreç yürütme ve çözüm üretme yolu olarak tanımlanabilir. Akıllı üretim sistemlerinin amacı, üretim kaynaklarını optimize etmek, işin değerini artırmak, operasyonel israfları minimize etmek ve bunlarla beraber müşteri ihtiyaçlarını en uygun yolla karşılamak için gereken esneklik ve modülerliği sunmaktır (TÜBİTAK, 2016).

Akıllı üretim sistemleri sadece esneklik ve yeniden yapılandırılabilirlik sunmakla yetinmez, aynı zamanda otonomluk, esneklik, güvenilirlik, verimlilik, öğrenme ve kendini yenileme gibi yazılım zekası uygulamalarını bünyesinde barındırır (Peschl vd., 2011: 720).

Akıllı üretim sistemi için kullanılabilecek enstrümanlar veri analizi, akıllı cihazlar, üretim yönetim sistemi (MES) ve makineler arası iletişim sistemleri olarak belirtilebilir. Bir sistemin akıllı üretim sistemi olabilmesi için Şekil 2.5.'de verilen fonksiyonları içermesi gerekmektedir (Holubek ve Kostal, 2013: 3).



Şekil 2. 5. Akıllı Üretimin İçeriği (Holubek ve Kostal, 2013: 3)

2.3.1.5. Holonik Üretim Sistemi

Holon, Yunanca kökenli olan “holos” kelimesinden türetilmiş bir kelime olup, Arthur Koestler tarafından The Ghost in the Machine kitabında kullanılmıştır, aynı anda bir bütün ve bir parça olan bir şey olarak tanımlanmıştır (Wikipedia, 2020).

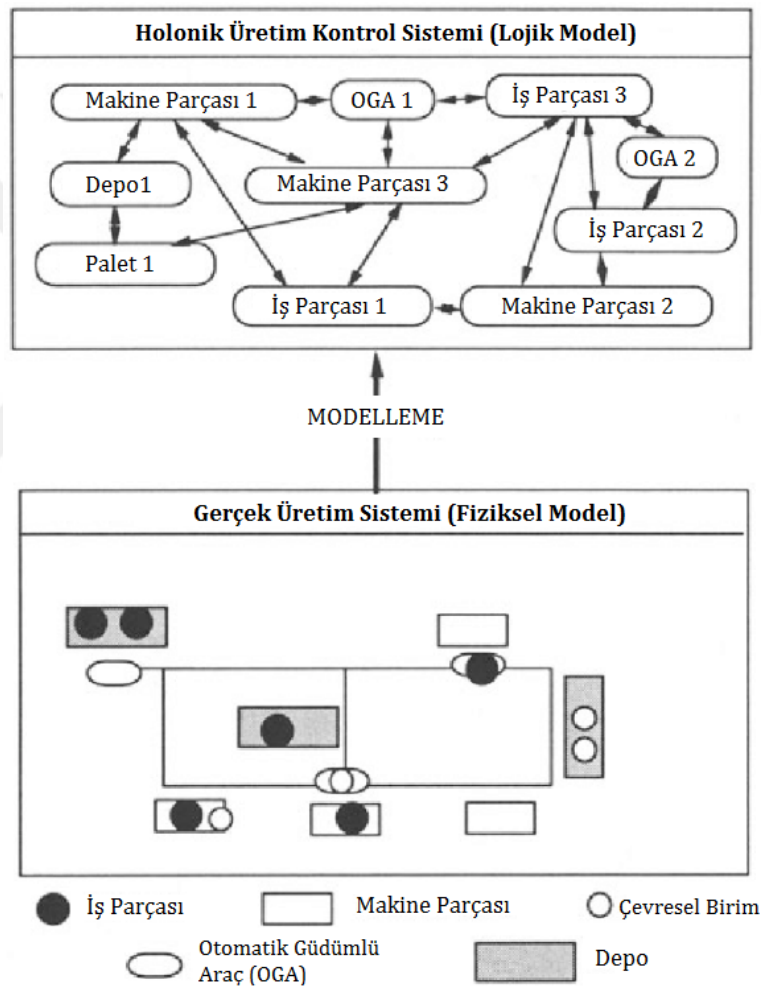
Holon kavramını ortaya atan Koestler’in iki esin kaynağı olmuştur. İlki, Herbert A. Simon'un iki saatçinin benzetmesidir. Simon, evrim sürecinde mevcut olmayanlardan daha kararlı ara formlar olduğunda karmaşık sistemlerin basit sistemlerden evrimleştiği sonucuna varmıştır. İkinci esin kaynağı ise Koestler tarafından, canlı olmayan madde (atomik ve moleküler yapı), canlı organizmalar ve sosyal organizasyonlardaki hiyerarşileri ve kararlı ara formları analizinde yapılmıştır. Alt bölümleri tanımlamak kolay olsa da, bölümlerin mutlak anlamda hiçbir yerde bulunmadığı sonucuna varmıştır. Koestler, sistemlerde alt bütünlerin ve parçaların melez doğasını tanımlamak için holon kelimesini önermiştir. Bu perspektiften, holonların eşzamanlı olarak altlarındaki parçalara göre bağımsız olan bütünler ve ters yönden bakıldığında kendilerini kapsayan büyük parçalara göre bağımlı kısımlar olduğundan bahsedilmiştir (Wikipedia, 2020).

Holon kavramı, üretime de başarılı bir şekilde adapte edilmiş bir kavramdır. Üretim sistemlerinde holonun model olarak kullanılması, “Holonik Üretim Sistemi” kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Modern üretim sistemlerinde birçok dinamik değişim problemleriyle karşılaşmaktadır. Makine arızaları, siparişlerdeki değişimler, sektörel belirsizlikler vb problemlerin çözülebilmesi için kurulmuş esnek, merkezi olmayan üretim sistemleri, holonik üretim sistemi olarak adlandırılmaktadır (Pirim, 2006: 18).

Botti ve Boggino çalışmalarında, bir üretim sistemindeki holonların otonom ve özerk olarak uygun parametre ayarlarını seçip, kendi stratejilerini bularak ve kendi yapılarını oluşturabileceğinden ve bu yolla operatörün sistemi kontrol etmesine yardımcı olduklarından bahsetmişlerdir (Botti ve Boggino, 2008: 7-20).

Kontrol sistemi ve fiziksel uygulaması arasındaki ilişki Şekil 2.6.'da verilmiştir.

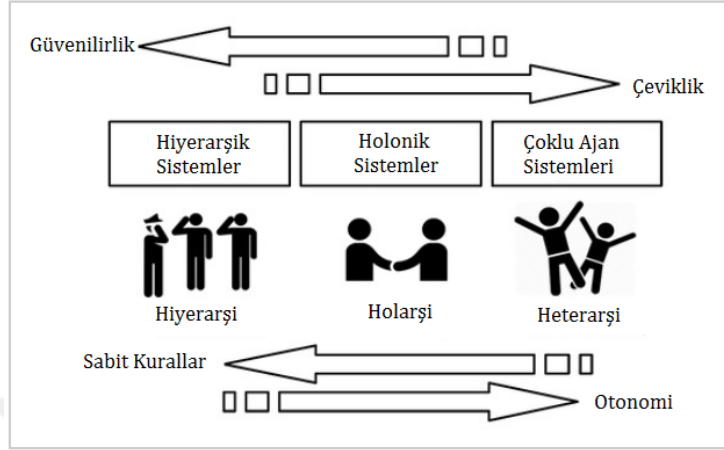


Şekil 2. 6. Holonik Bir Üretim Sistemi (Sugimura vd., 1996: 411-422)

Holonların bir araya gelmesi ile oluşan yapıya holarşi denir. Holarşi, holonlardan oluşan ve bütün sistemin hedef ve amaçlarını gerçekleştirmek için birlikte hareket eden sistemdir. Holarşi, holonların kooperasyonu için temel kuralları belirler. Bu yüzden holonların

özgürlükleri kısıtlanır. Holarşi kaçınılmaz olarak statik hiyerarşilerin olmadığı yalın bir organizasyondur (Pirim, 2006: 15).

Holarşinin, tanımlanmış diğer sistemlerle olan ilişkisi aşağıda (Şekil 2.7.) verilmiştir.



Şekil 2. 7. Holonik, Hiyerarşik ve Heterarşik Sistemlerin Karşılaştırılması (Levente ve Dumitras, 2017: 4)

2.3.2. Üretim Sistemi Yönetimi

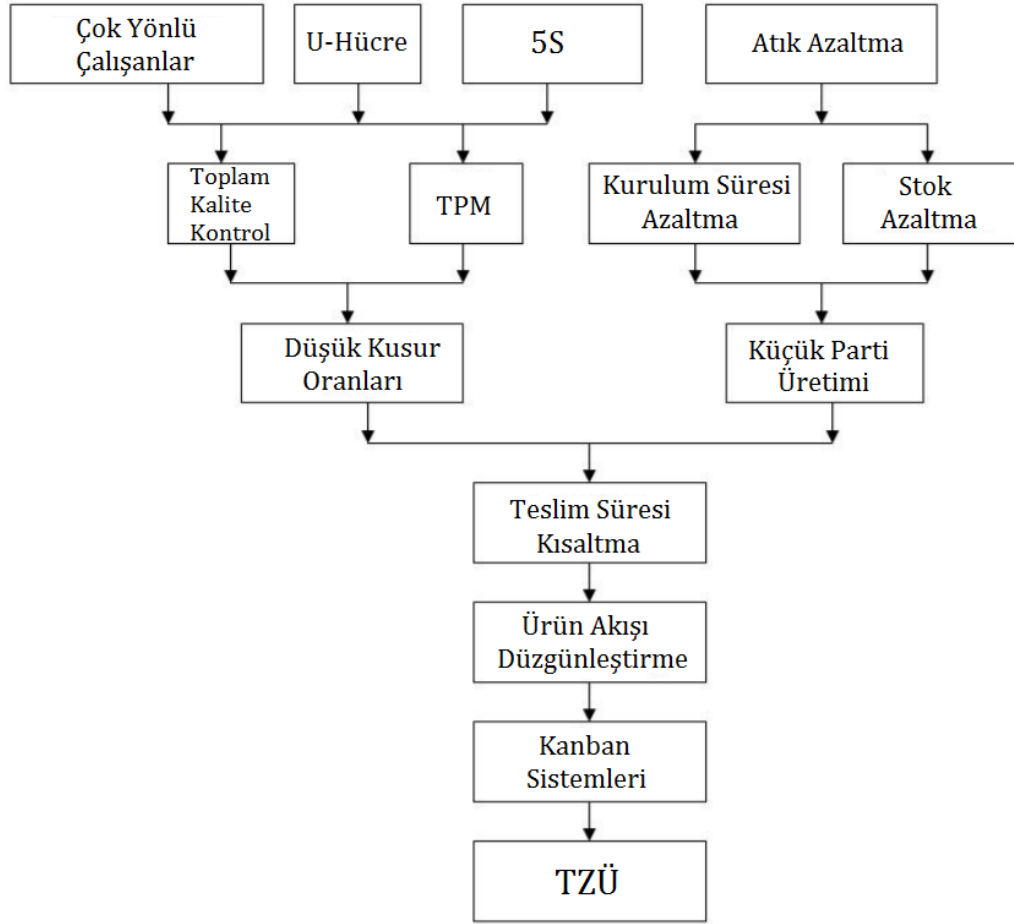
Bu dönemde, üretim sistemi yönetimi alanında çok önemli gelişmeler olmuştur. En önemli gelişmeler aşağıda detaylı olarak irdelenmiştir.

2.3.2.1. Tam Zamanında Üretim (TZÜ)

Genel olarak tam zamanında üretim, en düşük miktarda kaynak kullanarak, israftan arındırılmış, sıfır stokla ve optimum sürede üretim yapmayı hedefleyen Japon üretim felsefesidir (Şengün, 2017: 25-26). Diğer yandan gerekli ürünleri, gerekli miktarda ve gerekli zamanda üretmek olarak da tanımlanmaktadır (Monden, 2011: 7). TZÜ sistemi, esnek işgücü kullanımını yaygınlaştırmayı, üretimde ekipmanlarının atıl zamanlarını minimize etmeyi ve tedarik zinciri boyunca ilişkileri geliştirmeyi amaçlamaktadır (Parlak, 2000: 675).

Tam zamanında üretim sisteminin uygulanabilmesi için işletmelerin kullanabileceği birçok araç ve sistem mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılanlar; 5S, Kaizen, Jidoka, Kanban, TPM (Total Productive Maintenance), SMED (Single Minute Exchange of Dies) ve Poka-Yoke olarak belirtilebilir.

TZÜ'nün gerçekleştirilebilmesi için yukarıda belirtilen araç ve sistemlerle beraber bir dizi sürecin de hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu süreçler genel hatlarıyla Şekil 2.8.'de verilmiştir.



Şekil 2. 8. TZÜ Gerçekleştirebilmek İçin Örnek Süreç Şeması (Kumar, 2010: 47)

2.3.2.2. Yalın Üretim

Yalın düşünce kavramı, tüm israflardan arındırılmış süreçleri vurgulayan bir kavramdır. Aynı şekilde üretim açısından irdelendiğinde üretimi, değer akışında bulunan tüm israflardan arındırmayı amaçlayan bir kavramdır. Temelde, üretim sistemi boyunca değer üretmeyen tüm faaliyetler israf olarak kabul edilmektedir.

Yalın üretim kavramı, ilk olarak 1950'li yıllarda mühendis Taiichi Ohno ve ekibi tarafından Japon Toyota firmasında kullanılmaya başlamıştır. Otomotiv alanında Amerikan firmaları ile rekabet edebilmek için neler yapılması gerektiğini irdeleyen ekip, Henry Ford'un kitle üretimi felsefesinin üzerine çalışmalar yapmışlardır. Ancak talebin yoğun ve rekabetin düşük olduğu dönemlerde kullanılan bu felsefenin, çağın gerisinde kalmaya başladığını farketmişlerdir. Buradan hareketle daha yüksek kaliteyi, daha az girdiyle, daha kısa sürede elde etmeyi hedefleyen Toyota üretim sistemi kavramını ortaya çıkarmışlardır (Türkan, 2010: 29-30).

Buradan hareketle araştırmacı John Krafcik, International Motor Vehicle Project (IMVP) kapsamında gerçekleştirdiği çalışmalar sırasında bu kavramı Yalın Üretim şeklinde tanımlamıştır (Meriç, 2011: 3-4).

Bu felsefe ile birlikte klasik üretim anlayışının bünyesinde barındırdığı birçok konu ciddi değişime uğramış ve yalın süreçlere evrilmiştir. Klasik üretim anlayışı ile yalın üretim arasındaki temel farklar Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2. 1. Klasik Üretim ve Yalın Üretim (Bulut, 2012, s. 30)

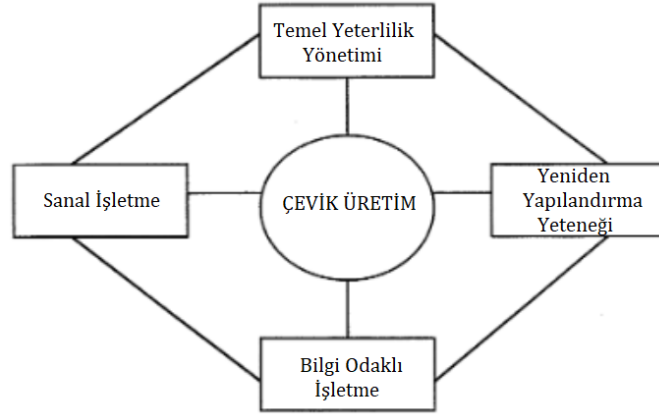
Konu	Klasik Üretim	Yalın Üretim
Planlama	Tahminleme - PUSH	Müşteri istekleri - PULL
Üretim	Fazla stok	Sıfır stok
Bekleme Süresi	Uzun	Kısa
Parti Büyüklüğü	Geniş	Küçük, devamlı akış
Muayene	Örnekleme	%100 - kaynakta kontrol
Yerleşim	Fonksiyonel	Üretim akışına göre
Esneklik	Düşük	Yüksek

2.3.2.3.Çevik Üretim

Çevik kelimesi sözlüklerde; kolay ve çabuk davranan, tetik ve atik olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2020). Çevik üretim ise, müşteri tarafından tasarlanan ürün ve hizmetler sayesinde değişen pazarlara hızlı ve etkin bir şekilde tepki vererek, sürekli ve öngörülemez bir rekabet ortamında rekabetçi bir hayatta kalma ve refah içinde olma yeteneği olarak tanımlanabilir (Gunasekaran, 1999: 87).

Çevik üretim kavramı ilk olarak “21. Yüzyıl Üretim İşletmesi Stratejisi” başlıklı raporda tanıtılmış ve Lehigh Üniversitesi Iacocca Enstitüsü tarafından, dinamik bir dünyadaki firmaları yönetmek için bir seçenek olarak yayınlanmıştır (Vazquez ve Avella, 2006: 1147).

Yusuf vd. göre çevik üretimin 4 temel kavramı vardır, bu kavramlar aşağıda (Şekil 2.9.) verilmiştir.



Şekil 2. 9. Çevikliğin Temel Kavramları (Yusuf vd., 1999: 38)

Temel yetkinlik, şirketin işgücü ile ilişkilidir. Bireylerin temel yetkinlikleri; becerilerini, bilgilerini ve uzmanlıklarını içerir. İşletmede çalışanların temel yeterlilikleri eğitim yoluyla geliştirilebilir. Burada yeniden yapılandırma yeteneğinden kasıt, henüz ortada ihtiyaç oluşmamışken müşterilerin ihtiyaç duyacağı ürünleri sunarak, rakiplerin önünde yer almaya yarayacak yapılandırma yeteneğidir. Kritik başarı faktörü, yönetimin tesis düzeyinde operasyonel esneklik sağlayan teknolojilere yatırım yapmasıdır. Bilgi odaklı işletmeler, çalışanların deneyimlerini, şirkete ilişkin raporları, veritabanlarını ve diğer şirket hafızasını odağına alan işletmelerdir. Bu bilgi odağını kullanarak çevik olmayı amaçlayan organizasyonlar, doğru yetenek ve uzmanlığı kullanarak hedeflerine ulaşabilirler (Yusuf vd., 1999: 38-39).

Çevik bir organizasyonun temel kavramlarına ilişkin karar alanları ve bu alanla ilgili özellikleri Tablo 2.2.'de verilmiştir.

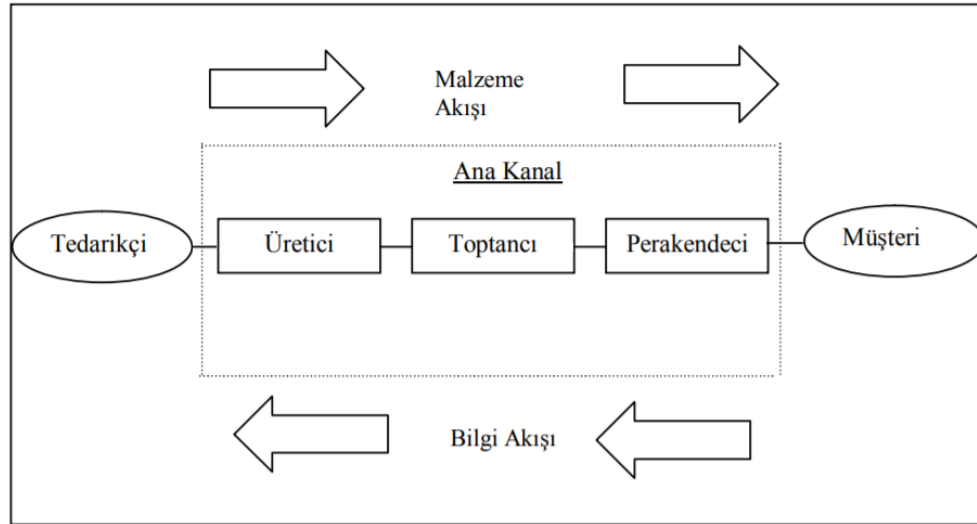
Tablo 2. 2. Çevikliğin Temel Kavramları (Yusuf vd., 1999: 41)

Karar alanı	İlgili özellikler
Entegrasyon	Faaliyetlerin eşzamanlı yürütülmesi Kurumsal entegrasyon Çalışanlar için erişilebilir bilgi
Yetenek	Çok yönlülük Kopyalanması zor olan geliştirilmiş iş uygulamaları
Takım oluşturma	Takım halinde çalışan güçlendirilmiş bireyler Çapraz fonksiyonel takımlar Merkezi olmayan karar verme
Teknoloji	Teknoloji bilinci Mevcut teknolojinin kullanımında liderlik Beceri ve bilgi geliştiren teknolojileri Esnek üretim teknolojisi
Kalite	Ürün ömrü boyunca kalite Yüksek katma değerli ürünler İlk seferde doğru tasarım Kısa geliştirme döngüsü süreleri
Değişim	Sürekli gelişme Değişim Kültürü
Ortaklık	Hızlı ortaklık oluşumu Müşterilerle stratejik ilişki Tedarikçilerle yakın ilişki Müşteriler / tedarikçiler ile güvene dayalı ilişki
Pazar	Yeni Ürün Tanıtımı Müşteri odaklı yenilikler Müşteri memnuniyeti Değişen pazar gereksinimlerine yanıt
Eğitim	Öğrenen organizasyon Çoklu yeteneklere sahip ve esnek insanlar İşgücü becerilerinin artırılması Sürekli eğitim ve gelişim
Refah	Çalışan memnuniyeti

2.3.2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri terimi, malzeme/hammadde temininden başlayıp, yarı mamul/mamule dönüşümü, dağıtım kanalları aracılığıyla müşterilere ulaştırılması başta olmak üzere, aradaki tüm süreçlerin gerçekleştirildiği yapı olarak tanımlanabilir (Elagöz, 2008: 129-130). Diğer bir tanım ise, tedarikçileri, lojistik yapıları, üreticileri, dağıtıcıları ve perakendecileri kapsayan, bunların arasında malzeme, ürün ve bilgi akışı olan bir elemanlar topluluğu şeklindedir (Özdemir, 2004: 88).

Bu tanımlardan hareketle tedarik zinciri yönetimi için; bir şirketin içinde veya dışında bulunan ve bağlantılı olduğu şirketlerle arasındaki ilişkileri düzenleyen, tedarikçi, müşteri ve diğer hizmet sağlayıcıları koordine eden sistematiktir denebilir. Klasik tedarik zinciri yapısı Şekil 2.10.'da verilmiştir.



Şekil 2. 10. Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi (Özdemir, 2004: 89)

Tedarik zinciri yönetiminin en kritik faydası yukarıda belirtilen koordinasyonun çıktısı olarak kullanıma uygunluk, fiyat ve kalite bakımından müşterinin tercih edeceği bir ürün meydana getirebilmesidir. Bu faydayı sağlayan en önemli unsur, tedarik zinciri boyunca akan bilginin, zincirin tüm paydaşları tarafından biliniyor ve kullanılıyor olmasıdır.

Bu faydayı sağlamak açısından tedarik zinciri yönetimi, geleneksel yönetimden farklı noktalara odaklanmaktadır. Bu temel farklılıklar Tablo 2. 3.'de verilmiştir.

Tablo 2. 3. Tedarik Zinciri Yönetimi Yönetim Farklılıkları (Elagöz, 2006: 73)

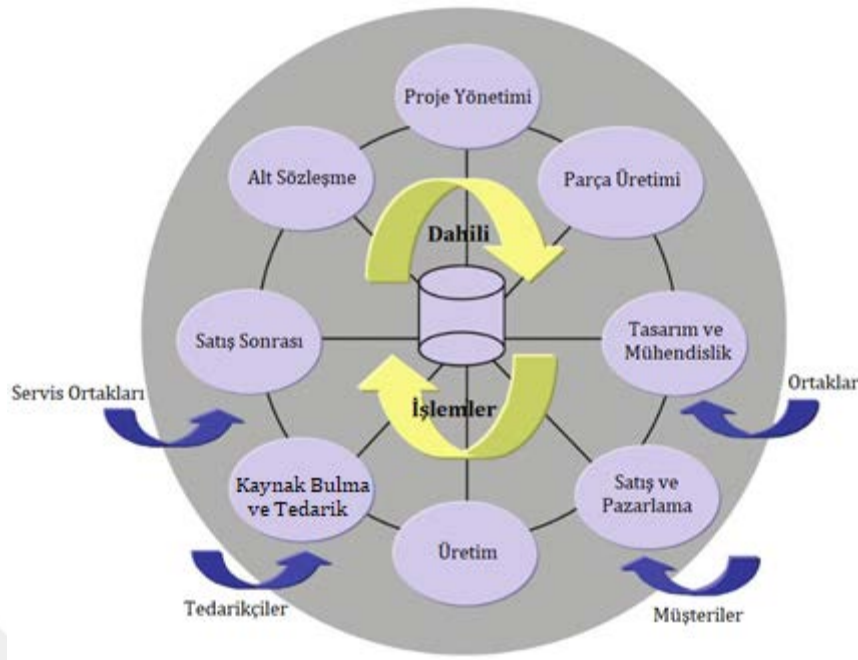
Yönetim Kapsamı	Geleneksel Yönetimin İlgili Odağı	Tedarik Zinciri Yönetimi'nin İlgili Odağı
Yönetim süreçleri	Ürünler, satışlar, elde edilen gelir	İşletmeler arası süreçler, genişletilmiş süreçler, zincirdeki yeniliklere yapılan yatırımlar
Anahtar performans hedefleri	Bölüm bazında hedeflenen amaçlar, süreçler ve ürün özellikleri	Zincirin değer yaratma becerisi
İşletme amaçları ve hedefleri	Hedeflenen performans kriterlerini tutturmak, bölümlerin aynı düzeye gelmesini sağlamak	Zincir üyelerin amaç ve hedeflerini ortak bir amaçla birleştirmek, zincir için ortak rekabetçi vizyonu oluşturmak
İş ilişkileri	İşletme içi yapıya ve örgütsel değerlere odaklanmak	Zincirde meydana gelen ortaklık yapısına ve bileşik süreç ve hedeflere odaklanmak
Süreç iyileştirmeleri	Maliyeti düşürme, ürün ve süreçlerde iyileştirmeler yapma	Tüm zincirin gelişme oranı, zincir boyunca yaratılan değer ve yeniliğin oranı

2.3.2.5. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi

Ürün yaşam döngüsü yönetimi genel olarak bir ürün fikrinin ortaya atılıp geliştirilmesi, piyasaya çıkması, işletme, bakım ve satış sonrası hizmetlerin ardından, ömrünü tamamlayıp geri dönüşüncüye kadarki sürecin yönetilmesi olarak tanımlanabilir (Sayer ve Ülker, 2014: 68-69).

İlk zamanlarında fiziksel ortamlarda yürütülen bu yönetim sistemi, günümüzde yerini dijital ürün yaşam döngüsü (PLM) platformlarına bırakmıştır. Bu platformda, üretimi söz konusu olan ürünün bütün tasarım, üretim, kalite kontrol, satış sonrası süreçleri dijital ortamda saklanmaktadır. İşletmenin ilgili fonksiyonu/birimi, ihtiyaç duyduğu veriyi/bilgiyi buradan temin edebilir, uygun gördüğü değişiklikleri yapabilir. Bu şekilde projeye/ürüne ilişkin tüm şirket hafızası her an ulaşılabilir ve faydalı çıktılar üretilebilir durumda olur (Lee vd., 2008: 297-298).

Ürün yaşam döngüsünün fonksiyonları ve paydaşları Şekil 2.11.'de verilmiştir.



Şekil 2. 11. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (Saaksvuori ve Immonen, 2008: 14)

Bu sistematik yönetimin genel faydaları; doğru bilgiye erişimin sağlanması, kurumsal hafızanın etkin yönetilmesi, şirket içi işbirliğinin geliştirilmesi, ürün tasarım süresinin kısaltılması, ürün ömrünün uzatılması, yatırım maliyetinin azaltılması, teslimat sürelerinin kısaltılması, ürün lansman süresinin kısaltılması, geri çağırma maliyetlerinin azaltılması, inovasyonun yaygınlaştırılması, marka değerinin arttırılması vb olarak sıralanabilir (Sayer ve Ülker, 2014: 71-72).

Genel olarak 3. Endüstri devriminde imalat yöntemleri irdelendiğinde, bu dönemde eksiltmeli imalat yöntemlerinin kullanılmaya devam edilmiş olduğu, önemli bir değişiklik yaşanmadığı söylenebilir. Ancak bu dönemde, sonraki dönemlere esas teşkil edecek imalat yöntemlerinin, teorik çalışmaları gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

2.3.3. Diğer Yönetimsel Felsefeler

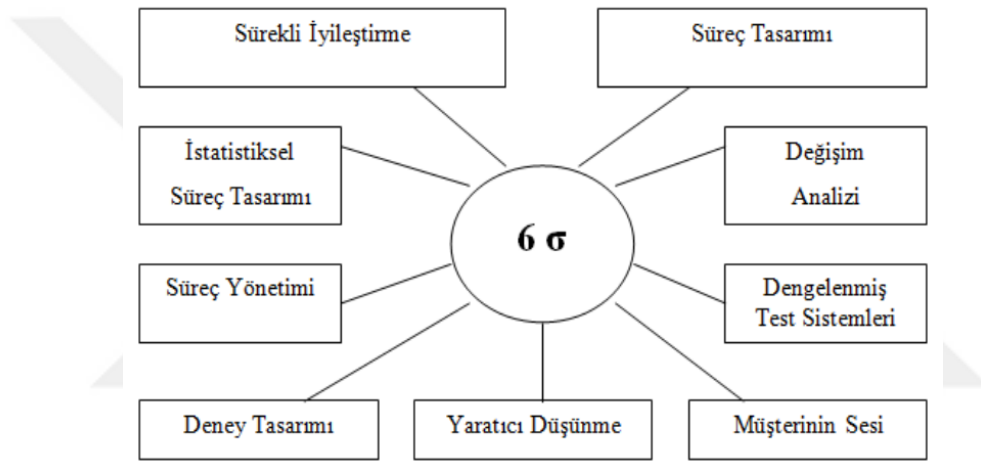
Bu dönem, 2. endüstri devrimine benzer şekilde birçok yeni yönetim felsefesinin ortaya atıldığı bir dönem olmuştur.

2.3.3.1. Altı Sigma

Sigma, Yunan alfabesinde yer alan bir harf olup, istatistik biliminde standart sapmayı simgelemektedir. Standart sapma ise değişkenliğinin ölçüsünü belirleyen bir indikatördür.

Üretim açısından bakıldığında, üretilmek istenen ürünün özellikleri daha önceden belirlenmiştir ve tüm süreç boyunca belirlenenden değişik bir ürün (kusurlu) olması istenmez. Buradan hareketle altı sigma için, sıfır kusur hedefine ulaşmak için kullanılan istatistiksel bir yönetim sistematiğidir tanımlaması yapılabilir (Kansoy ve Dirgar, 2009: 15-16). Başka bir tanımlamayla altı sigma, müşteriler için önemli olan çıktılar üzerinde yoğunlaşarak işletme süreçlerindeki yanlışlıkların, hataların veya başarısızlıkların nedenlerini belirleme ve ortadan kaldırmayı arzulayan bir işletme stratejisidir (Devecioğlu ve Yücel, 2012: 19).

Altı sigma aktivitelerinin, kusurların azaltılması, mal/hizmetin iyileştirilmesi, verimin artırılması, çalışan yeteneklerinin geliştirilmesi ve nihayetinde müşteri memnuniyetinin artırılması gibi hedefleri vardır (Pande vd., 2003: 43-44). Altı sigma sistematiğinin bu hedefler doğrultusunda kullanmakta olduğu bazı metod ve araçlar Şekil 2.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 12. Altı Sigma Metod ve Araçları (Pande vd., 2003: 44)

2.3.3.2. Performans Yönetimi

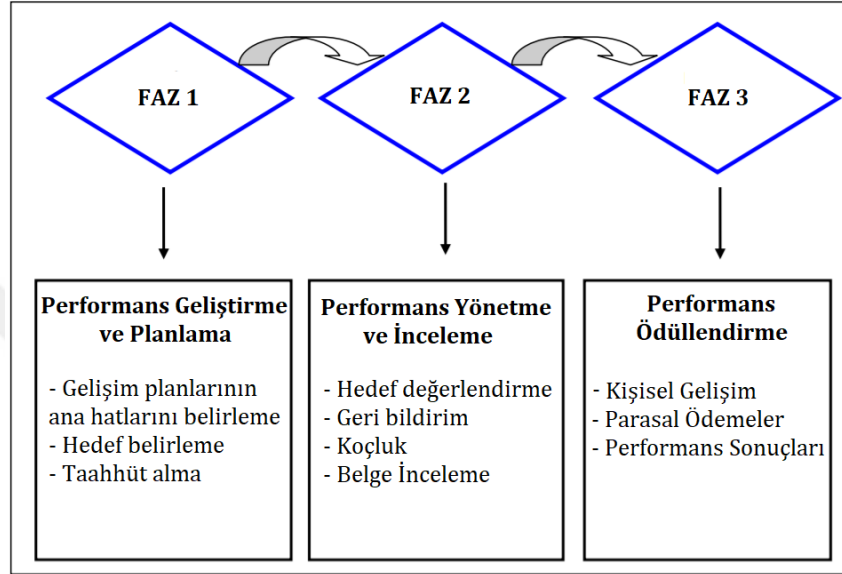
Frederick W. Taylor, iş bölümü kavramını ele almış, bu kapsamda verimliliğe etkilerini ayrıntılı bir şekilde analiz etmiştir. Bu bağlamda Taylor'un performans yönetiminin temellerini attığı söylenebilir.

Taylor'un, "Her işçinin yaptığı işin miktarı ve işçinin verimliliği net kayıtlarla tutulduğunda ve kişi geliştikçe ücret düzeyi de artırılıp, bu standartlara ulaşamayanların görevine son verildiğinde, onların yerine yeni ve dikkatli seçilmiş işgücü alındığında hem doğal tembelliğin, hem de sistematik tembelliğin önemli ölçüde önüne geçilecektir." önermesi, temel performans yönetim sistematiğini vurgulamaktadır (Uysal, 2015: 36).

Performans yönetiminde 1980' li yıllar, bireysel özelliklerin ve bilginin ön plana çıktığı yıllar olmuştur. Sonrasında ise performansın boyutları ve değerlendiricileri irdelenmiştir.

Performans yönetiminin temel amacı, çalışanların daha iyi sonuçlar çıkarmalarını sağlamak, dolayısı ile verimliliği arttırıp müşteri memnuniyetini sağlamak/arrtırmaktır (Uysal, 2015: 36).

Performans yönetimi süreci, iş sonuçlarını ve memnuniyeti iyileştirmek adına çalışanlar ve yöneticiler arasında işbirliği yapılmasını sağlayan bir süreçtir. İyi kurgulanmış bir performans yönetim sürecinin etkileri çok ciddi boyutlara ulaşabilir (Uysal, 2015: 35-36). Örnek bir performans yönetim süreci kurgusu Şekil 2.13.'de verilmiştir.

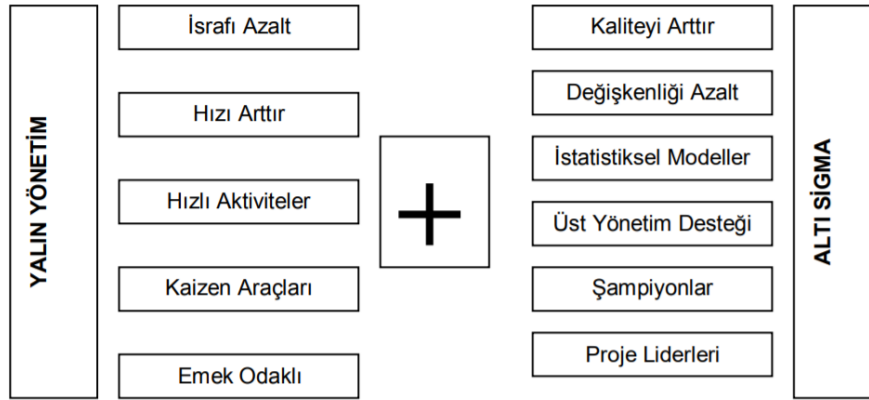


Şekil 2. 13. Performans Yönetim Sistemi (Maleka, 2014: 19)

2.3.3.3. Yalın Altı Sigma

Yalın altı sigma, altı sigma ve yalın yönetim süreçlerinin biraraya getirilmesi sonucu oluşturulmuş, bu süreçlerin avantajları birleştirilerek her iki yöntemin güçlü yönlerini eş zamanlı olarak kullanmayı amaçlayan bir yönetim felsefesidir (Doğan ve Demirel, 2008: 356-357).

Bu felsefe, kalite iyileştirme ve değer artışı ile birlikte israf önleme ve maliyet tasarrufunu eş güdümlü olarak gerçekleştirebilmek üzerine kurgulanmıştır. Bu eş güdümlülüğün ana bileşenleri Şekil 2.14.'te verilmiştir.



Şekil 2. 14. Yalın Altı Sigma Bileşenleri (Gerger ve Demir, 2010: 37)

Her iki yöntemin artı ve eksileri mevcuttur, bu yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla süreç değişkenliği azaltılarak, sürecin hızı arttırılabilir. Fakat, altı sigma ve yalın yönetimin birleştirilmesinden her zaman bir sinerji beklentisi içinde olunmamalıdır (Öztürk, 2017: 203).

Literatürde yalın altı sigma sistematığı 5 faz olarak tanımlanmaktadır. DMAIC olarak adlandırılan bu fazlar; tanımlama (define), ölçme (measure), analiz (analyze), iyileştirme (improvement) ve kontrol (control) fazlarıdır (Avunduk, 2019: 636).

Tanımlama fazında problemi tanımlama, ilerleme fırsatlarının değerlendirilmesi, projenin amaçlarının belirlenmesi ve müşteri isteklerinin ortaya koyulması gerçekleştirilir. Ölçme fazında projenin işleyişi irdelenir. Analiz fazında performanstaki kusurlar irdelenir. İyileştirme fazında ana nedenler belirlenir düzeltici uygulamalar gerçekleştirilir. Son olarak kontrol fazında iyileştirilmiş süreç/işlemler irdelenir ve süreç performansları kontrol edilir (Avunduk, 2019: 636-639).

2.3.3.4. Kalite Yönetimi Alanı

1945 sonrası kalite ekolünün mimarları olan birçok bilim insanı 3. sanayi devrimi süresince ciddi çalışmalar yapmıştır. Bu bilim insanlarının başlıcaları; William Edwards Deming, Phillip Bayard Crosby, Armand Vallin Feigenbaum ve Genichi Taguchi olarak sıralanabilir (Stanford, 2020).

Amerikalı bir istatistikçi olan William Edwards Deming, kalite yönetimi alanında çok sayıda çalışmaya sahiptir. 2. Dünya savaşı sonrası dönemde, mevcut çalışmalarını Japonya’da hayata geçirme şansı bulmuş, bununla beraber burada yeni yaklaşımlarda da bulunmuştur. Temel felsefesi, kalitenin geliştirilmesi ile işletmeye ilişkin tüm süreçlerde verimlilik artışı gerçekleştirilebileceği üzerine şekillenmiştir (Özer, 2013: 128-130).

Phillip Bayard Crosby ise yine Amerika’da çok sayıda askeri ve endüstriyel kalite projelerinde görev yapmış, “sıfır hata” ilkesi ile tanınmıştır. İşi ilk seferde doğru bir şekilde yapmanın en doğru ve en düşük maliyetli yol olduğu görüşünü ortaya atmıştır (Neyestani, 2017: 9-11).

Yine Amerikalı bilim adamı Armand Vallin Feigenbaum “Toplam Kalite Kontrol” kavramını ortaya atmıştır. Toplam Kalite Kontrol (Total Quality Control) adıyla 1951 yılında yayınlanan kitabında, kalite kontrolün belirlenmiş yöntemlerle kaliteyi kontrol etmekten ziyade yönetsel bir anlayış olduğunu belirtmiştir (İbrahim, 2014: 124-125).

Japon mühendis ve istatistikçi olan Genichi Taguchi, üretimde kaliteyi arttırmak amacı ile çeşitli istatistiksel metodları kullanarak bir metodoloji geliştirmiştir. Taguchi’ye göre temel sorun; müşteri beklentilerinin karşılanamaması sebebi ile doğabilecek zararlardır (Stanford, 2020).

Tüm bu bilim insanlarının ana çalışma konusu kalite olmakla birlikte, farklılaştıkları noktalar Tablo 2.4’te özetlenmiştir.

Tablo 2. 4. Kalite Yönetimi Alanında Deming, Juran, Crosby, Feigenbaum, Taguchi Karşılaştırması (Mandru vd., 2011: 125)

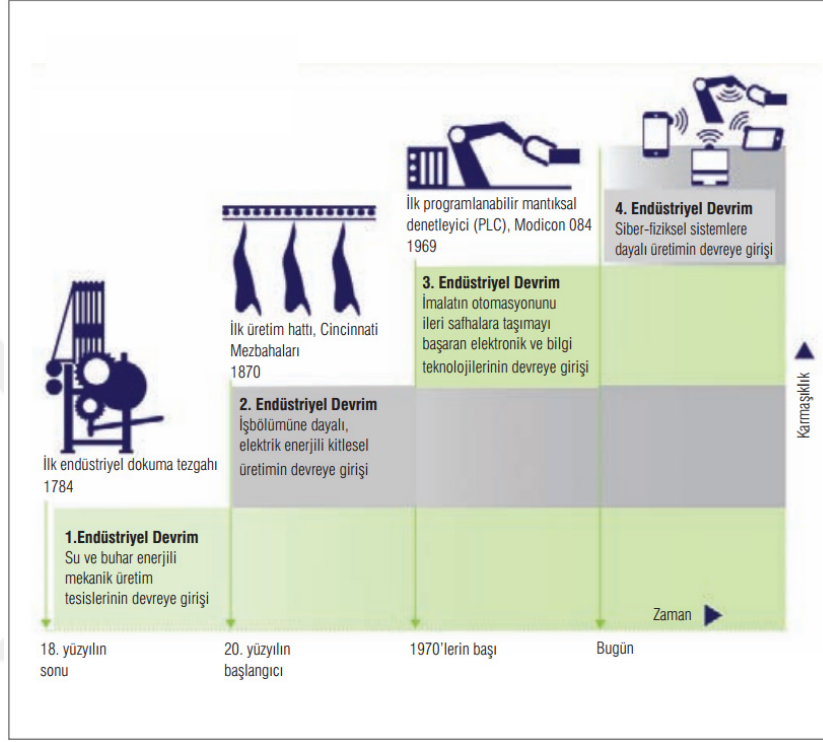
	W. E. Deming	J. M. Juran	P. Crosby	A. Feigenbaum	G. Taguchi
Kaliteye temel yönelim	Teknik	Süreç	Motivasyonel	Toplam, sistemik	Teknik, proaktif
Kalite tanımı	Düşük maliyetle piyasaya uygunluk, öngörülebilirlik ve güvenilirlik	Kullanıma uygunluk	Gerekliklere uyum	Müşteri kullanımı ve satış fiyatı için en iyi olan	Kalitesizliğin maliyeti
Kaliteden kim sorumlu?	Yönetim	Yönetim	Yönetim	Herkes	Mühendisler
Standart olarak müşteri gereksinimlerinin önemi	Çok önemli	Ürün yaşam döngüsünün her adımında çok önemli	Çok önemli	Çok önemli	Çok önemli
Kalitenin amacı	Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak / aşmak	Müşteriyi memnun etmek	Sıfır hata	Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak	Müşteri gereksinimlerini karşılamak
Kaliteye ulaşma yöntemleri	İstatistiksel; toplam maliyeti en aza indirme; sürekli gelişim	İstatistiksel; kalite üçlemesi; sürekli gelişim	Gereksinimleri ölçülebilir özelliklere dönüştürmek; sürekli gelişim	İstatistik ve mühendislik yöntemleri; toplam kalite kontrolü; sürekli gelişim	Deneylemlerin istatistiksel tasarımı; kayıp fonksiyonu; sürekli gelişim
Uygulamanın temel unsurları	14 nokta programı; kalite geliştirme ekipleri	Sürekli kalite iyileştirme için on adım	Kalite iyileştirme için 14 adım	Toplam kalite kontrolünün on ölçütü	Varyansı en aza indir; kalite tasarım ve geliştirme için üç aşama
Eğitimin rolü	Yöneticiler ve işçiler için çok önemli	Yöneticiler ve çalışanlar için çok önemli	Yöneticiler ve çalışanlar için çok önemli	Yöneticiler ve süpervizörler için çok önemli	Önemli ama tanımlanmamış

2.4. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm

Endüstri 4.0 terimi, dünyanın en büyük sanayi fuarları arasında yer alan ve Almanya’da gerçekleştirilen Hannover Messe fuarında 2011 yılında kullanılan bir terimdir. 1 Nisan 2011’de Almanya’nın otomotiv ve makine üretimi üzerindeki üstünlüğü ve iş gücü maliyetleri nedeniyle azalmaya başlayan üretim üssü olma özelliğinin kaybedilmemesi için 2020 yılına kadar Siber Fiziksel Sistemlerin geliştirilerek uygulamaya konulmasını içermekte olan bir proje olarak tanımlanmıştır. Proje, uzak doğunun ağır basmaya başladığı üretim kabiliyetinin, Almanya’ya geri döndürülmesi planlanmaktadır. Endüstri 4.0 ile üretim, tasarım, operasyonel işlemler, üretim hizmetleri ve sistemlerinde değişim yaratılacak, bu değişim ile insan ve makine arasında etkileşim ve bağlantı kurulacak, bu sayede üretim sistemleri yüzde 30 oranında daha hızlı ve yüzde 25 oranında daha verimli olacaktır. Sistemden beklenen bir diğer çıktı ise üretimde kitlesel özelleştirilmenin daha uygulanabilir hale gelmesidir (Kaygın vd., 2019: 1068-1069).

Terim, temelde tedarik zincirlerinin dijitalleştirilmesi ve otomatize edilmesi olarak tanımlanmıştır. Bununla beraber insanlar, makineler ve ekipmanlar arasında iletişim ve akıllı üretim teknolojileri de vurgulanmıştır (Fuchs, 2018: 281).

Diğer 3 endüstriyel devrim ile 4. Endüstriyel devrimin tarihsel gelişimi Şekil 2.15.'te verilmiştir.



Şekil 2. 15. Endüstri'nin Tarihsel Gelişimi (Kesayak, 2020)

Genel anlamda tüm kaynaklarda ana teknolojik yenilikler otomasyon, IoT ve yapay zeka olarak tanımlanmış ve bunların yepyeni iş modelleri ve büyük maliyet düşüşleri sağlayacağı iddia edilmiştir. Önemle üzerinde durulan nokta; daha önceki dönemlerde olduğu gibi değer yaratan faktörlerin artık üretim hacmi ya da insan emeği olmadığı, yeni devrimle beraber ürün ve hizmetlerdeki özelleşmenin değer yaratacağı olmuştur.

Endüstri 4.0 terimi Almanya'da doğmuş olsa da, bu konseptte kullanılan bileşenlerin tümü Almanya'da geliştirilmemiştir. Diğer birçok ülkede doğan ve/veya kullanılan birçok bileşen Endüstri 4.0 konseptine dahil edilmiştir. Genel anlamda tüm dünyanın yönelimi olan dijital dönüşüm, Endüstri 4.0 konseptine de esas teşkil etmektedir. İşin özünde, bilişim teknolojilerinin kullanıldığı, gerçek zamanlı bilgilere dayalı, gelişmiş karar destek sistemleri içeren yeni ve gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı bir üretim sisteminin kurulması yatmaktadır. Bu kurgu ile üretim süreçlerinde daha esnek üretim hatları, daha doğru, daha verimli, daha akıllı ve daha hızlı makineler kullanılması öngörülmektedir. Aynı zamanda bu makinelerin bilişim

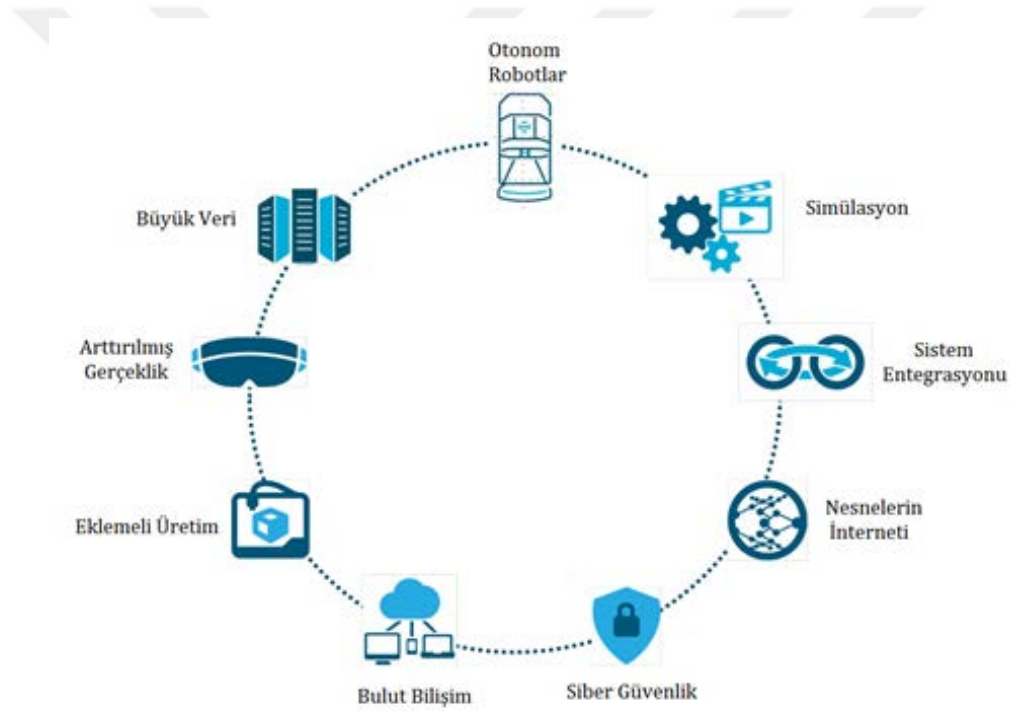
teknolojilerini kullanarak daha bağlanabilir olacağından ve kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemlerine doğrudan entegre olacağından bahsedilmektedir (Fuchs, 2018: 281-282).

Tüm bu bağlanabilirlik özelliklerinin, yöneticilere ve paydaşlara tüm tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı bilgi sağlayacağı yorumu yapılabilir.

Endüstri 4.0 ile, 1970 ve 1980'lerde yalın üretim teknikleri ile, 1990'larda dış kaynak kullanımı ile, 2000'lerde düşük maliyetli ülkelerde üretim yaparak sağlanan avantaj artık etkisini yitirmiştir ve yerini farklı stratejilere bırakmaktadır (Malavasi, 2017: 44).

2.4.1. Endüstri 4.0 Yapı Taşları

Endüstri 4.0 için 9 yapı taşı belirlenmiştir. Bunlar, Şekil 2.16.'da verilmiştir.



Şekil 2. 16. Endüstri 4.0'ın Yapısı (Kesayak, 2020)

Yukarıda verilen yapı taşları, aşağıda detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

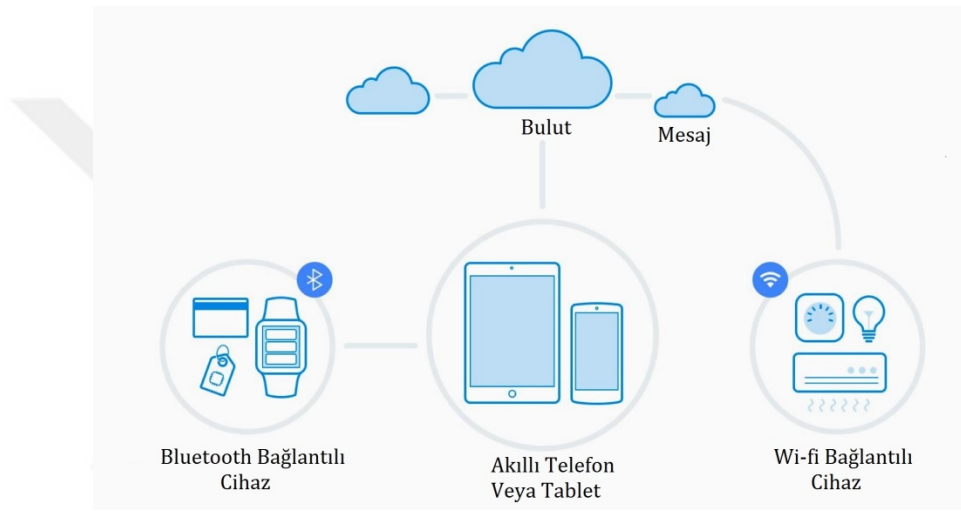
2.4.1.1. Nesnelerin İnterneti

Genel olarak nesnelerin interneti (IoT), her yerde bulunan zeka ile donatılmış günlük nesnelerin ağa bağlantısını ifade eder. IoT, gömülü sistemler yoluyla etkileşim için her nesneyi

entegre ederek İnternet'in yaygınlığını artıracak, bu da insanlarla ve diğer cihazlarla iletişim kuran oldukça dağıtılmış bir cihaz ağıнын oluşmasını sağlayacaktır (Xia vd., 2012: 1101).

Bu cihaz ağı sayesinde, cihazlar internete bağlanabilir, birbirilerini algılayabilir, veri toplayabilir ve veri gönderebilirler. Bu veri akışı bir fabrikanın kendi kendini yönetebilmesi için gereken kontrol, müdahale, optimizasyon vb. tüm kabiliyetleri kazandırabilecek yapıyı oluşturabilmektedir. Kendi kendini yöneten bir fabrikada işçilik maliyetleri azalacak, üretim verimi artacak, hatalı ürün oranı azalacak ve hız artacaktır (Xia vd., 2012: 1101-1102).

IoT'un farklı mimarilerde uygulanması mümkündür. En genel uygulama mimarisi Şekil 2.17'de verilmiştir.



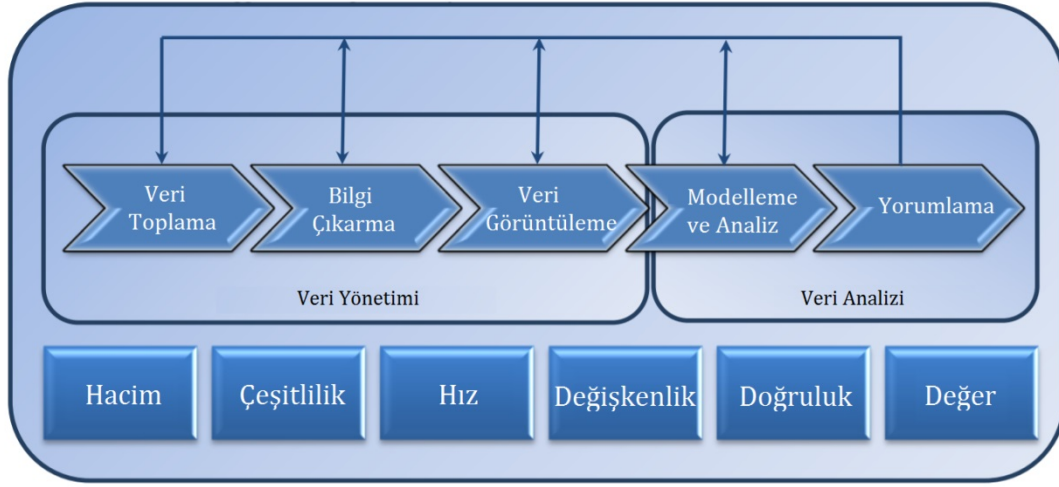
Şekil 2.17. IoT Sistem Mimarisi (Upsteer, 2020)

2.4.1.2. Büyük Veri

Günümüzde, işletmelerin sadece kendilerine ait olan veri tabanları çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. İşletmelerin, tüm iş süreçlerinde hem iç hem de dış kaynaklardan gelen verileri kullanma ihtiyacı vardır. Ancak gelenen noktada üretilen veri miktarı üstel olarak artmaktadır. Artan bu veri denizinin içinden, doğru ve faydalı bilgilere geleneksel yöntemlerle erişmek çok uzun zaman alabilir, bazen uygulanabilir olmayabilir. Bu noktada çözüm için büyük veri kavramı ortaya atılmıştır.

Genel olarak büyük veri, yukarıda bahsi geçen veri denizinden, gerçek ve güvenilir verilerin ayrılıp işlenebilir hale dönüştürülmüş şekli olarak tanımlanabilir. Büyük veri, yalnızca geçmiş dönem verilerinin analiz edip raporlanması amacı ile kullanılmamakta, anlık aksiyonlar alınmasını ve ileriki dönemlere ilişkin tahminlerde bulunulmasını sağlayabilmektedir. Üretimin ihtiyaçları ve problemlerinin çözümünde hızlı ve doğru analizler yapılabilmesini mümkün kılmaktadır (Ruzgas vd., 2016: 5).

Büyük verinin varlığı tek başına bir şey ifade etmemekte, bu verinin kullanılabilir hale getirilmesi ve işlenmesi kritik önem arz etmektedir. Büyük verinin işlenmesi sürecine ilişkin örnek model, Şekil 2.18’de verilmiştir.

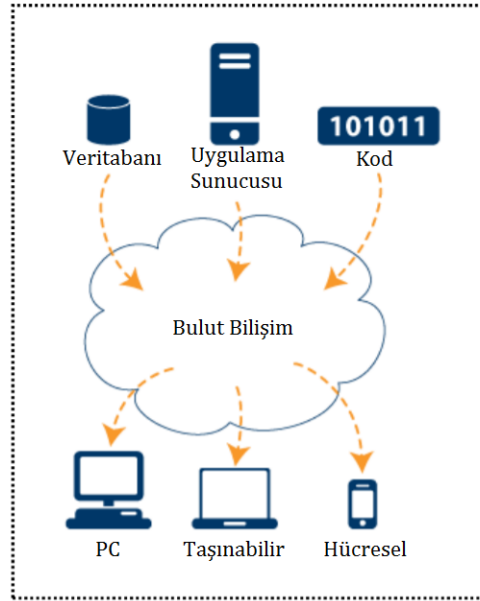


Şekil 2. 18. Büyük Veri İşleme Şeması (Ruzgas vd., 2016: 5)

2.4.1.3. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, herhangi bir sunucuda bulunan veri ve/veya yazılımların, internet sayesinde anlık olarak paylaşılmasını olanaklı kılan bir mimaridir. Normal şartlarda çok yüksek kapasiteli depolama donanımlarına ihtiyaç duyan veriler için, bulut sistemleri sayesinde bu ihtiyaç hizmet olarak satın alınabilmektedir. Geleneksel depolama donanımlarına olan ihtiyaç, bu sayede minimum düzeyde gerçekleşmektedir (Susanto vd., 2012: 2).

Bulut bilişim yalnızca veri paylaşımı platformu değildir. Bununla beraber yazılım geliştirme platformu, yapay zeka uygulama platformu olarak da kullanılabilir. Günümüzde bulut bilişimi besleyen çok sayıda kaynak mevcuttur. Bu kaynaklardan en önemlileri Şekil 2.19.’da verilmiştir.



Şekil 2. 19.Bulut Bilişim Şeması ve Konsepti (Susanto vd., 2012: 3)

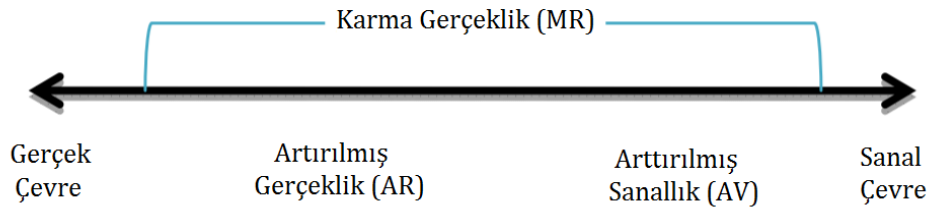
Bulut bilişim yazılımı, masaüstü bilgisayardaki yazılımdan daha kararlı ve güvenilir olabilir. Tüketiciler ve işletmeler, kurulum yapmadan uygulamaları kullanabilirler ve herhangi bir bilgisayardaki kişisel dosyalara veya taşınabilir cihazlara internet bağlantısı üzerinden erişebilirler. Yahoo e-posta, Gmail veya Hotmail bulut bilişimin basit örnekleridir (Susanto vd., 2012: 2).

2.4.1.4. Arttırılmış Gerçeklik

Uluyol ve Eryılmaz'a göre artırılmış gerçeklik; bilgisayar tarafından üretilmiş dijital nesnelerin gerçek nesnelerle birlikte sunulmasıdır (Uluyol ve Eryılmaz, 2015: 404). Bu zenginleştirme, gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir ve çevre nesnelerle etkileşim içerisindedir.

Arttırılmış gerçekliğin sağladığı etkileşimlerle, günlük hayatta yaşanamayacak deneyimler elde edilebilir, farklı şekillerde kullanılabilen artırılmış gerçekliğin küresel konumlandırma (GPS) haritalama sistemlerinden, barkod teknolojilerine; mobil uygulamalardan, akıllı gözlüklere kadar çeşitli şekillerde kullanılabilir. Ayrıca önemli bir başka nokta, fiziksel dünyaya eklenen sanal bilgi görsel ve işitsel olabildiği gibi, koklama, tatma ve dokunma duyularını da kapsayabilmektedir (Altınpulluk, 2015: 124).

Gerçeklik ve sanallık arasındaki ilişki ve geçiş kademelerine ilişkin görsel Şekil 2.20.'de verilmiştir.



Şekil 2. 20. Gerçeklik-Sanallık Sıralaması (Alkhamisi ve Monowar, 2013: 26)

2.4.1.5. Otonom Robotlar

Deloitte'a göre otonom robotlar, insan müdahalesi veya etkileşimi çok az olan veya hiç olmayan görevleri yerine getirmek üzere programlanmış cihazlardır. Robotik proses otomasyonundan yapay zekaya sahip uçan araçlara kadar boyut, işlevsellik, hareketlilik, el becerisi, zeka ve maliyet açısından önemli ölçüde değişebilirler. Otonom robotlar çevrelerini tanıyabilir, öğrenebilir ve bağımsız kararlar verebilirler (Deloitte, 2017).

Endüstride otonom robotların kullanılması ile verimlilik arttırılabilir, hata yeniden işleme oranları azaltılabilir, yüksek riskli işlerde çalışan güvenliği arttırılabilir, sıradan ve tekrarlayan görevlerin insanlar tarafından yapılmasına gerek kalmayabilir. Bununla beraber üretim sürekliliği ve teslimat hızı iyileşmeleri sayesinde müşteri memnuniyeti ve dolayısı ile karlılık arttırılabilir (Lamon vd., 2019: 3).

Yeni endüstri devrimi ile beraber yeni tip robotlar da literatüre girmektedir. Bunlardan bir tanesi "cobot" kavramıdır. Cobot, ortak bir alanda insanlarla etkileşim içerisinde bulunabilen veya insanlarla eş zamanlı olarak güvenli bir şekilde çalışabilen robotlardır. İnsanlardan izole edilmiş ortamlarda belli işleri yapabilen robotların aksine cobot, insanlarla aynı ortamda ve çok yakında güvenli bir şekilde görev yapabilirler (Peshkin vd., 2001: 377-378).

2.4.1.6. Simülasyon

Makine, ürün ve insanı içeren fiziksel dünyayı, sanal dünyaya aktaran, böylece makine kurulum sürelerini azaltan, maliyeti düşüren ve kaliteyi arttıran modelleme teknoloji simülasyon olarak tanımlanmaktadır (Kaygın vd., 2019: 1071).

Endüstri 4.0 ile beraber tasarım sırasında malzeme, mamul ve üretim proseslerinin üç boyutlu simülasyonu yapılabilmektedir. Gerçek zamanlı veriler kullanılarak hazırlanmış sanal modeller aracılığı ile süreçler, makineler, insanlar vb. fiziksel dünyaya ilişkin tüm gerçeklikler sanal dünyaya taşınabilmekte, bu sayede operatörler üretim hattındaki parametreleri gerçekten ayarlamaya gerek duymadan, sanal ortamda test etme fırsatı bulabilmektedir (Çelen, 2017: 10).

2.4.1.7.Sistem Entegrasyonu

Endüstri 4.0 ile üretim süreçleri yoğun bir şekilde bilişim teknolojilerine maruz kalacaklardır. Hâlihazırda bu teknolojiler ile mevcut üretim fonksiyonları tam olarak bütünleşmiş değildir. Endüstri 4.0, şirket içi üretim fonksiyonlarının birbiri ile, şirketlerin birbiri ile ve evrensel veri ağlarıyla entegre olmasını sağlayacaktır. Bu sebeplerle Endüstri 4.0 uygulamaları için sistem entegrasyonu zorunlu bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır (Suri vd., 2017: 487-488).

2.4.1.8.Siber Güvenlik

Yukarıda sistem entegrasyonu bölümünde bahsedilen entegrasyonun derinleşmesi ile birlikte, üretim hatlarını ve endüstriyel sistemleri siber tehditlere karşı korumak önemli bir boyut kazanacaktır.

Yalnızca üretim hatları ya da endüstriyel sistemler değil, internete bağlı olan her cihaz siber saldırı tehdidi ile karşı karşıyadır. Bir işletmenin maruz kalacağı olası bir siber saldırı, veri yönetimin sistemine, akıllı üretim sistemine veya ağlara zarar vermesi durumunda, şirket faaliyetleri üzerinde ciddi sorunlara yol açabilir, hatta faaliyetlerin kesintiye uğramasına veya tamamen durmasına sebep olabilir (Bayraktar ve Gökçen, 2019: 57-58).

2.4.1.9.Eklemeli Üretim

Eklemeli üretim konusu Endüstri 4.0 üretim yöntemleri bölümünde detaylı olarak ele alınmıştır.

Genel anlamda Endüstri 4.0'ı diğer endüstri devrimlerinden ayıran, farklı kılan özellikler Tablo 2.5.'te verilmiştir.

Tablo 2. 5. Dördüncü Endüstri Devrimi ve Önceki Üç Endüstri Devriminin Temel Parametreleri (Popkova vd., 2019: 24)

Parametreler	Sanayi Devrimleri			
	Birinci	İkinci	Üçüncü	Dördüncü
Zaman Aralığı	18. yy ve 19. yy başı	19. yy ve 20. yy başı	20. yy ikinci yarısı	21. yy
Endüstriyel Yenilikler	Dökme demir, buhar motoru ve endüstriyel tekstil üretimi	Yüksek kalite çelik, demiryolu, elektrik ve kimyasal madde üretimi	Yenilenebilir enerji kaynakları, dijital teknolojiler, iş süreçlerinde ağ organizasyonu	Nesnelerin interneti, robototronik
Teknolojik Yöntemler	Endüstriyel üretim	Bant tipi üretim	Dijital teknolojiler ile küresel üretim	Tam otomatize üretim
Yeni Altyapı Gereksinimleri	Endüstriyel ekipman	Bant ekipmanları, demiryolları	Dijital ekipmanlar, küresel altyapı	Yüksek hızlı internet, robotize ekipmanlar
Endüstride Sistemsel Dönüşüm Temeli	Endüstriyel üretimin oluşumu	Bant tipi üretimin oluşumu	Dijital teknolojiler ile küresel üretim oluşumu	Tam otomatize üretim oluşumu
Lojistikte Verimli Değişimler	Buharla taşımacılık	Demiryolu taşımacılığı	Elektrik üreten yapılar, elektrik, hibrit ve diğer ulaşım araçları	Robobotronik
Ürünlerde Verimli Değişimler	Dökme demir ürünler	Çelik ürünler	Bilgisayar ürünleri	Yeni üretilen malzemeler

2.4.2. Üretim Sistemi Teknolojisi

Endüstri 4.0 birçok yeni üretim teknolojisini de beraberinde getirmiştir. Bunlardan bazıları bu bölümde ele alınmıştır.

2.4.2.1. Otonom Üretim Sistemi

Geleneksel üretim sistemleri, üretim ortamının dinamizmine ve karmaşık yapısına uyum sağlama yeteneğine sahip değildir. Bu tür geleneksel sistemler, işlem yapabilmek için önceden tanımlanmış programları kullanır ve sorun yaşandığında yeniden programlanmak durumundadır.

Üretim sistemlerinde sistemsel değişiklikler ve arızaların yol açtığı aksaklıklar üretkenliği azaltır, duruş süresini ve dolayısıyla ürünlerin maliyetini artırır. Bu zorluklarla başa çıkmak için, uyarlanabilir bir üretim sistemi, yani otonom üretim sistemi (AMS) oluşturmak için yeni stratejiler ve teknolojiler geliştirilmiştir. AMS'de iş parçaları, makineler, robotlar ve taşıyıcılar otonom varlıklardır. Durumlarını ve yeteneklerini bağımsız olarak tanımlama, veri toplama ve üretim sistemindeki değişikliklere göre karar alma becerisine sahiptirler (Park ve Tran, 2011: 1159-1165).

Otonom üretimde sensörler, iletişim teknolojileri, yazılım ve donanımlar kullanılarak esnek, güvenli ve verimli bir üretim sistemi meydana getirilebilir.

2.4.2.2. Doğrudan Dijital Üretim

Genel anlamda eklemeli üretim teknolojileri kullanılarak yapılan imalata doğrudan dijital üretim adı verilmektedir. Doğrudan dijital üretim, CAD dosyaları kullanılarak doğrudan parça imalatı yapılmasına olanak sağlamaktadır (Chen vd., 2015: 616-617).

Doğrudan dijital üretim ile üreticiler makine yatırımını ciddi oranda azaltabilir, tasarım ve üretim arasındaki gecikmeyi ortadan kaldırabilir, tasarım hatalarından kaynaklanan maliyetlerin önüne geçebilir ve ekonomik üretim miktarını ciddi oranda küçültebilir. Bu yöntem günümüz üretim sistemlerinin en büyük sorunlarından olan müşteri için özelleştirilmiş, seri üretim ve düşük maliyetli ürün yapmayı mümkün kılmaktadır (Danford, 2019).

Bir imalatı, mevcut daha büyük bir parçayı eksilterek yapmak yerine, katman katman ekleyerek firesiz bir şekilde gerçekleştirmek bu üretimin ana felsefesini oluşturmaktadır. Bu nedenle katmanlı üretim teknolojileri (Layered Manufacturing) olarak da adlandırılmaktadırlar. Ayrıca literatürde Rapid Prototyping (RP), Solid Freeform Fabrication (SFF), Free Form Fabrication (FFF), Advanced Manufacturing, Rapid Manufacturing, Rapid Technologies, Rapid Tooling, Additive Manufacturing (AM), Additive Fabrication (AF), Autofabrication, Automoted Fabrication (AF) gibi isimler de verilen katmanlı üretim teknolojisi ilk olarak 1987’de 3D Systems isimli bir amerikan firması tarafından ticarileştirilmiştir (Durgun, 2018: 92).

Doğrudan dijital üretim yoluyla, ince imalat gerektiren, kıvrımlı, detaylı parçalar kolaylıkla imal edilebilmektedir. Geleneksel üretim yoluyla imalat sırasında hasar görebilecek detayda parçalar, doğrudan dijital üretim yoluyla kusursuz bir şekilde imal edilebilmektedir. Aşağıdaki örnekte (Şekil 2.21.) geleneksel üretim yoluyla üretilmiş parça (eksilterek) ile doğrudan dijital üretim yoluyla (eklenerek) imal edilmiş eş fonksiyonlu parçaları imal etmek için harcanan malzeme miktarı görülmektedir.



Şekil 2. 21. Geleneksel Üretim ve Doğrudan Dijital Üretim İle Optimize Edilmiş Parça Karşılaştırılması (Bhavar vd., 2014: 4)

2.4.2.3. Siber Fiziksel Sistemler

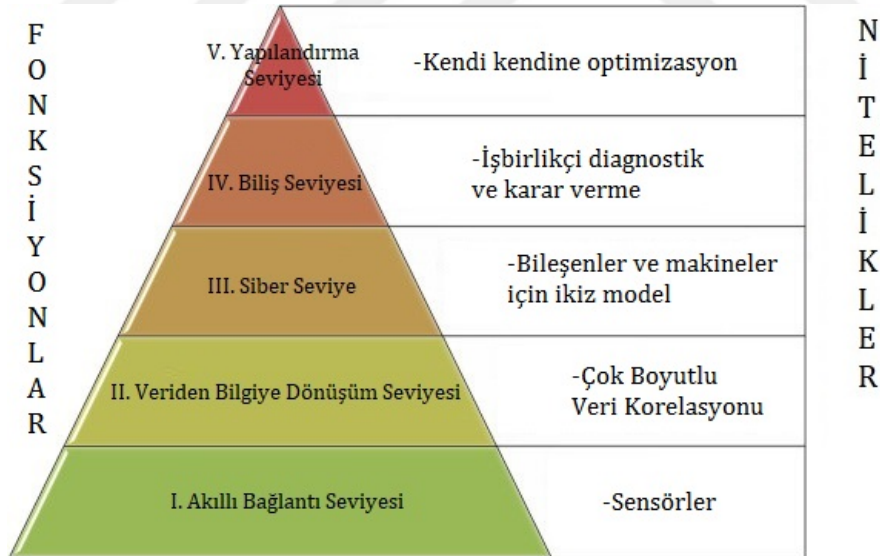
Genel olarak fiziksel dünya ile dijital ortamların entegre edildiği sistemlere siber fiziksel sistemler adı verilmektedir (Kaygın vd., 2019: 1069).

Diğer bir tanımla siber fiziksel sistemler, çevredeki fiziksel dünya ve onun devam eden süreçleri ile yoğun bir bağlantısı olan, aynı zamanda internette veri erişim ve veri işleme hizmetleri sunan ve kullanan, işbirliği yapan sistemlerdir (Monostori vd., 2016: 622).

Siber fiziksel sistemler bu entegrasyonu sağlayabilmek için sensörlerden, aktüatörlerden, bilgisayar donanımlarından, yazılımlardan ve iletişim teknolojilerinden faydalanmaktadır.

Üretim açısından bakıldığında siber fiziksel sistemler, üretim hattının üretim planlama yazılımlarıyla kesintisiz bir şekilde bütünleştiğini ve böylece gömülü sistemleri veya gömülü aygıtları oluşturduğunu varsaymaktadır. Siber-fiziksel sistemler, üretim sürecinin etkilenebileceği geribildirim çevrimleri ile birlikte, gömülü algoritmaların üretim süreçlerini daimi olarak izleyip kontrol etmesini, üretim hattının, iş süreçlerinin ve ağı birbirleriyle entegre olmasını sağlamaktadır (Toker, 2018: 54).

Siber fiziksel sistemlerin uygulanması konusunda farklı yaklaşımlar olsa da, en çok kabul gören modellerden bir tanesi olan 5C mimarisi Şekil 2.22.'de verilmiştir.



Şekil 2. 22. Siber-Fiziksel Sistemin Uygulanması İçin 5c Mimarisi (Lee vd., 2015: 19)

2.4.3. Üretim Sistemi Yönetimi

Yönetisel açıdan bu dönemde yeni bir yapı tanımlanmamıştır. İlk 3 devrimin üretim sistemi yönetimi alanında getirdiklerinin, teknolojiye adapte edilip uygulanması mümkündür.

2.4.4. İmalat Yöntemleri

Bu dönemde yeni ve devrimsel nitelikte imalat yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bunlardan öne çıkan yöntemler aşağıda detaylandırılmıştır.

2.4.4.1. Eklemeli Üretim

Eklemeli üretimde istenen ürün, uygun malzemenin her seferinde bir tabaka şeklinde eklenmesi yoluyla oluşturulur. İlgili katman tamamlanıncaya kadar tabakalar birbirine bağlanır. Bu anlamda kullanılan en yaygın teknik 3D baskı işlemidir, ancak henüz yaygınlaşmamış farklı teknikler de mevcuttur (Çelik ve Özkan, 2017: 108).

1981 yılında Japon bilim insanı Hideo Kodama, ışıkla sertleşen polimer teknolojisinden ilham alarak 3D baskı fikrini ortaya atmıştır. Bu fikirden 12 yıl sonra Massachussets Teknoloji Enstitüsü (MIT), mürekkep püskürtmeli yazıcı başlıklarını kullanan ilk toz yatağı işlemini geliştirmiş, 3D baskı kavramı kullanılmaya başlanmıştır (Backman ve Omne, 2019).

Eklemeli üretimin avantajlı yönü, diğer teknikler kullanılarak üretilemeyecek karmaşıklık ve detayda ürünler üretilebilmesidir. Diğer tekniklerle kıyaslandığında malzeme, imalat süresi ve toplam maliyet bakımından çok etkin bir tekniktir. Ayrıca, ürün, malzeme eklenerek imal edildiğinden daha az atık oluşmaktadır. Dezavantajları ise parçaların genellikle son parçalar için gereken mekanik dayanıma, ısı dayanımına veya uygun yüzey kaplamasına sahip olmamasıdır. İmalat sırasında yüzeylerde oluşan gözenekler parçayı zayıflatır (Dedeakayoğulları ve Kaçal, 2020: 1-2).

Uluslararası Amerikan Malzeme ve Test Kurumu'nun "ASTM F42 - Additive Manufacturing." ile belirlediği yedi standart eklemeli üretim teknolojisi mevcuttur (Astm, 2019).

- Toz Yataklı Eritme (Powder Bed Fusion): Toz yatağı içinde bulunan toz, korumalı bir ortamda veya vakum altındayken lazer veya elektron ışını tarafından eritilir.
- VAT Fotopolimerizasyonu (Vat Photopolymerization): Bir kap (VAT) içindeki sıvı polimer üzerinde, ışıkla tetiklenen polimerleştirme uygulanır
- Yapıştırıcı ile Katmanlı İmalat (Binder Jetting): Üretilecek parçanın şeklindeki yapıştırıcı, toz yatağı üzerine eklenir ve sonraki adımda yapıştırıcı üzerinde işlem yapılarak yaş kütle, tam yoğunluğa sahip olacak şekilde sinterlenir.
- Malzeme Ekstrüzyonu (Material Extrusion): Malzeme, nozul üzerinden dağıtılır.
- Yönlendirilmiş Enerji Biriktirme (Directed Energy Deposition): Toz veya tel, üzerine lazer ya da elektron ışını uygulanarak eritilir ve malzeme böylece yüzeyde birikir.
- Malzeme Jeti (Material Jetting): Damlacıklar halinde malzeme gönderilerek bir yapı oluşturulur.

- Katman Laminasyonu (Sheet Lamination): Malzeme, birbiri üzerine yapıştırılan katmanlardan oluşturulur. (Sandvik-Coromant, 2019)

Eklemeli üretim ve eksiltmeli üretim arasındaki farklar Tablo 2.6.'da verilmiştir.

Tablo 2. 6. Eklemeli Üretim - Eksiltmeli Üretim Karşılaştırması (Manufacturing Lounge, 2019)

EKLEMELİ ÜRETİM	EKSILTMELİ ÜRETİM
Bir nesne oluşturmak için malzeme katmanları eklemeyi içerir	Bir nesneden malzemeyi çıkarır
İşlemler 3D yazıcı, direkt dijital üretim ve katmanlı üretim içerir	İşlemler geleneksel işleme veya CNC ile işleme içerir.
Ürün veya prototip üretmek için bilgisayar ve 3D yazıcı ekipmanları kullanır	Geleneksel işleme yöntemlerine yardımcı ekipman olarak bilgisayar ve robotik sistemler kullanır
Katmanlı üretim sonucu başka bir işlemle giderilmesi gereken pürüzlü yüzeyler oluşur	Genelde istenen yüzey tipi tek seferde elde edilebilir
Karmaşık nesneler katmanlar sayesinde kolaylıkla üretilebilir	Karmaşık nesneleri işlemek zordur
Küçük parçalar için, özellikle de plastik ürün üretimi için en uygun seçenektir	Daha hacimli parçalar için, özellikle metal vb ürün üretimi için en uygun seçenektir
Nesnenin boyutlarına göre, 3D yazma işlemi yavaş ilerleyebilen bir işlem türüdür	Görece hızlı bir işlem türüdür
Tasarımı doğrudan 3D printer ile imalata geçirmek için yazılım mevcuttur, operatör gerekli değildir.	İşlemi izlemek ve gerekirse müdahale etmek için CNC operatörü gerekebilir
Genellikle çok düşük maliyetli bir işlemdir	Genellikle, eklemeli üretimden daha yüksek maliyetli bir işlemdir

2.4.4.2. Hibrit Üretim

Hibrit Üretim, eklemeli üretim ve geleneksel üretim yöntemlerinin bir arada kullanıldığı süreçleri tanımlayan bir terimdir. Bu yöntemlerin bir arada kullanılmasının amacı, farklı yöntemlerin avantajlı yönlerinin bir arada kullanarak amaca en uygun ürünü ortaya çıkarmaktır. Örneğin eklemeli üretim kullanılarak başlanan bir üretim sürecinde daha az hammadde kullanarak ve daha hızlı bir şekilde yarı mamulün üretilip son katman temizliği geleneksel yöntemlerle yapılarak en pürüzsüz son ürün üretilebilir (Tezel vd., 2018: 62-63).

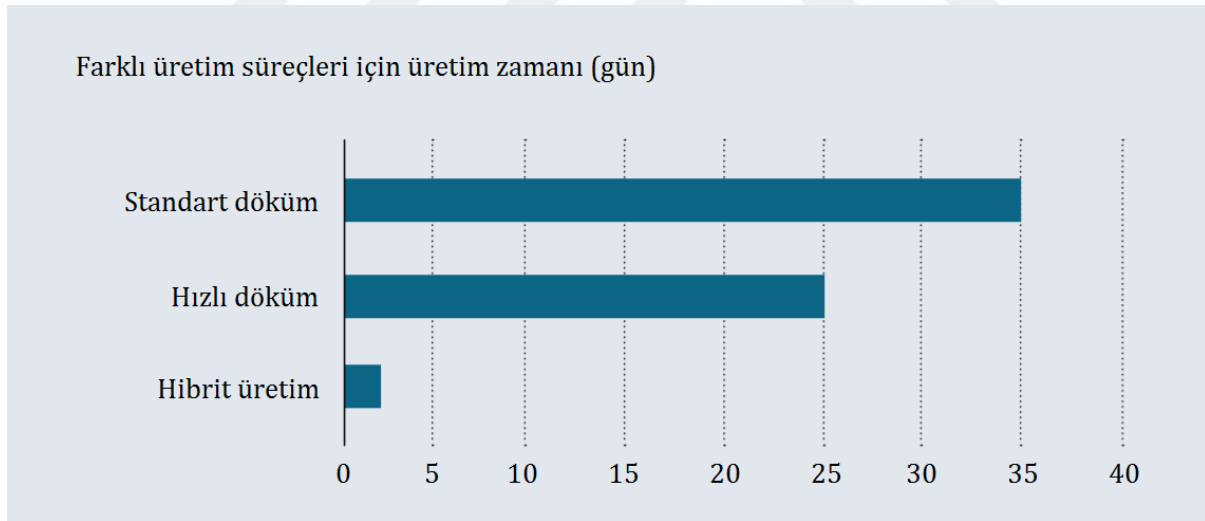
Eklemeli ve eksiltmeli üretimin bir arada kullanıldığı makineler Sulzer firmasının çark üretiminde kullandığı patentli makinesi örnek verilebilir. Makine, üretim sürecine küçük bir dövme kütükle başlar. 2. adımda beş eksenli frezeleme işlemi kullanılarak eksiltmeli üretim tekniğiyle nihai geometrik şeklini alır. Çarkı radyal olarak son çapına kadar büyütmek için eklemeli üretim tekniği olan LMD (laser metal deposition) kullanılır (Sulzer, 2018: 11).

Eksiltmeli ve eklemeli üretimin birlikte kullanıldığı hibrit üretim süreci boyunca bir pervanenin geçtiği süreçler Şekil 2.23.'te verilmiştir.



Şekil 2. 23. Hibrit Üretim İle Bir Pervanenin Ana Üretim Aşamaları (Sulzer, 2018: 9)

Eklemeli ve eksiltmeli üretim tekniklerinin bir arada kullanılması ile istenen nitelikte ürün çok daha makul sürelerde üretilebilmektedir. Aşağıdaki karşılaştırmada (Şekil 2.24.) imalat süreleri arasındaki farklar görülmektedir.



Şekil 2. 24. Farklı Üretim Tiplerinde Çarklar İçin Üretim Sürelerinin Karşılaştırılması (Sulzer, 2018: 11)

2.4.5. Diğer Yönetimsel Felsefeler

Bu devrim kapsamında yukarıda bahsi geçen bileşenleri bünyesinde barındıran yeni bir felsefeden bahsetmek mümkündür. Farklı kaynaklarda farklı adlandırmalar olsa da genel olarak bu felsefeye dijital üretim felsefesi denebilir.

2.4.6. Dijital Dönüşüm ve Endüstri 4.0 Beklentileri

Plessis'e göre (Plessis, 2017: 30-34) Endüstri 4.0'ın faydaları; üretkenlik artışı, karlılık artışı, artan müşteri hizmeti kalitesi, artan nitelikli işgücü ihtiyacı olarak gerçekleşecektir.

Üretkenlikteki artışın, operasyonel verimlilikten kaynaklanacağı görüşü genel kanıyı oluşturmaktadır. Birçok çalışma, gelişmiş ülkelerde yıllık %3-5 arasında operasyonel verimlilik artışından bahsetmektedir. Bu verimlilik düzeyi ortalama olarak belirtilmiş olup, bazı sektörlerde (örneğin otomotiv) bu oranın %20'lere varabileceğinden bahsedilmektedir. Bu verimlilik artışı ile doğru orantılı olarak karlılığın da ciddi oranda artması beklenmektedir (Fuchs, 2018: 282-283).

Operasyonel süreçlerdeki bu gelişmeler ve sistemlerin kazanacağı hız sayesinde, sistemlerdeki sorunlara gerçek zamanlı olarak müdahale edebilme olanağı sağlanabilecektir. Bu da, müşteri ihtiyaçlarının çok hızlı bir şekilde yanıtlanabilmesine olanak sağlayacaktır. Tüm bu gelişmeler nitelikli işgücü istihdamında olumlu bir artışa sebep olacaktır. Yazılım, otomasyon, bilişim teknolojileri ve mühendislik alanında analitik yeteneklere sahip çok sayıda nitelikli işgücü için çalışma sahaları yaratılacaktır (Kaygın vd., 2019: 1074-1075).

Tüm bu olumlu beklentilerin yanında, Endüstri 4.0'ın uygulanmasında karşılaşılabilecek bir dizi zorluk da mevcuttur. Bunlar; Endüstri 4.0'ın uygulanması için gereken aşırı yatırım maliyetleri, çalışan niteliklerinin yetersizliği ve veri güvenliği riskleri olarak vurgulanmaktadır (Plessis, 2017: 32-34).

Neredeyse yapılan tüm ekonomik değerlendirmelerde, Endüstri 4.0'ın çok yüksek miktarda yatırım gerektirdiği ve bu yatırım geri dönüş sürelerinin belirsizliği vurgulanmıştır. Endüstri 4.0 bileşenlerinin pahalı ekipmanlar/sistemler olması sebebi ile yüksek finansal güce sahip şirketlerin bu yönde yol alabileceği, diğer şirketlerin gereken düzeyde adapte olamayacağı öngörülmektedir.

Bir diğer zorluk çalışan niteliklerinin yetersiz olmasıdır. Yeni devrimle beraber, analitik yeteneklere sahip çalışanlara olan ihtiyacın artacağı belirtilmiştir. Ancak özellikle robot teknolojilerinin daha fazla kullanılmaya başlanmasıyla, rutin ve tekrarlayan işleri yapan niteliksiz/düşük nitelikli iş gücüne olan ihtiyaç büyük ölçüde azalacaktır. Bu sebeple çok sayıda

insan işsiz kalma riski ile karşı karşıya kalacaktır. Bu süreç, Endüstri 4.0'ın yaygınlaşma hızını olumsuz etkileyecek, kabullenme sürecini uzatacaktır.

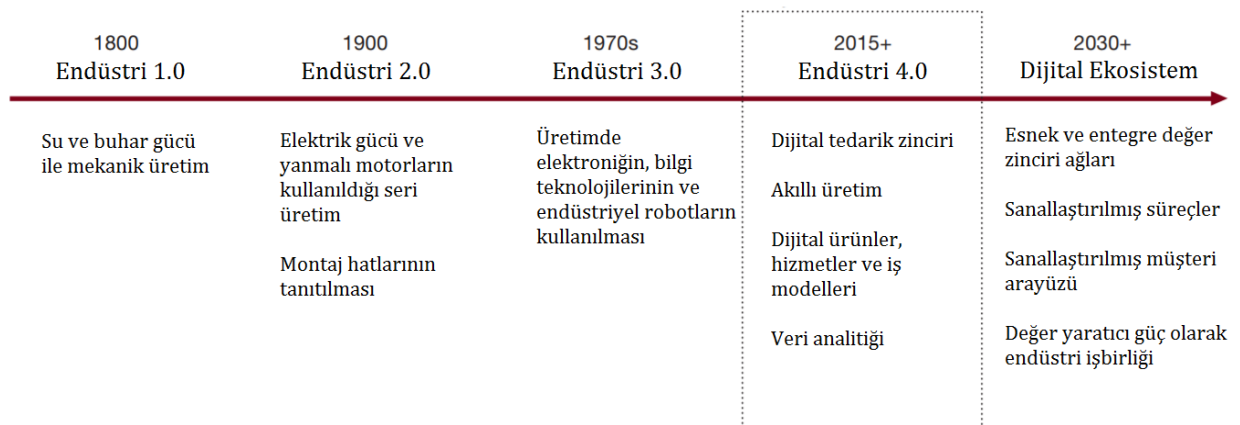
Siber güvenlik bölümünde belirtildiği üzere, yeni devrimle birlikte şirketler artık daha verim odaklı olacaktır. Yüklü miktarda veriyi toplamak kadar, muhafaza etmek de ciddi bir sorun olacaktır. Olası veri güvenliği risklerinin yaratacağı tahribat şirketler açısından yıkıcı nitelikte olabilir.

Özetle Endüstri 4.0'ın çözüm getirmesi beklenen ana sorunlar; yüksek stoklar, hatalı üretim, verimsizlik ve müşteri memnuniyetini olumsuz etkileyen diğer tüm etkenler olarak belirtilebilir. Bunların çözülmesi ile enerji maliyetlerinde azalma, kaynak kullanımında azalma, hız ve güvenilirlikte artış, üretim kalitesinde artış ve iş güvenliği anlamında olumlu gelişmeler beklenmektedir.

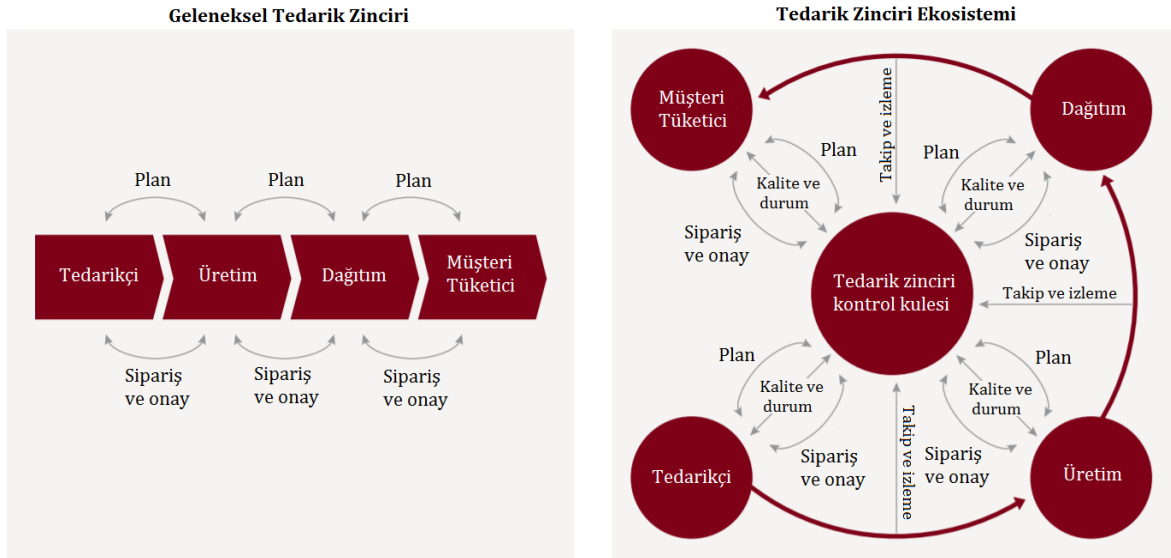
2.4.7. Endüstri 4.0 Sonrası Dönem İçin Öngörüler

Endüstri 4.0 sonrasında nasıl bir dönemle karşılaşılacağı merak konusu olmakta ve bu konuya ilişkin birçok öngörü bulunmaktadır. Bunlardan bir bölümü benzer süreçleri işaret etmekle beraber bu yönde yapılmış en önemli çalışmalardan biri PWC firmasının raporunda sunulmuştur (Schrauf ve Berttram, 2015).

Rapora göre Endüstri 4.0 sonrası dönem “Dijital Ekosistem” dönemi olarak adlandırılmıştır. Dijital ekosistem döneminin özellikleri ve örnek tedarik zinciri ekosistemi Şekil 2.25. ve Şekil 2.26.’da verilmiştir.



Şekil 2. 25. Endüstri 4.0 Öncesi Ve Sonrası (Schrauf ve Berttram, 2015: 8)



Şekil 2. 26. Geleneksel Doğrusal Tedarik Zincirine ve Dijital Tedarik Ekosistemi (Schrauf ve Bertram, 2015: 10)

2.5. Dijitalleşme, Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm Kavramları

Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm kavramlarının doğması, beraberinde bir çok kavramı da gündeme getirmiştir. Bu kavramlardan ikisi; dijitalleşme ve dijitalleşmedir. Bu iki kavram hem birbirileri arasında hem de dijital dönüşüm kavramı ile sıklıkla karıştırılmaktadır. Her üçü de farklı kapsam ve içeriğe sahip olan bu kavramlara ilişkin temel tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

Dijitalleşme (Digitization)

Gartner'a göre dijitalleşme (sayısallaştırma) dijital etkinleştirme olarak da bilinen analogdan dijital geçiş sürecidir, başka bir deyişle analog bir süreci alır ve sürecin kendisinde herhangi bir değişiklik olmaksızın onu dijital bir forma dönüştürme sürecidir (Gartner, 2020).

Genel olarak, dijital olmayan bir büyüklüğü/süreci dijital ortama taşıma işi dijitalleşme olarak adlandırılabilir. Örneğin bir tesisin kağıt üzerinde tutulan ürün stok kayıtlarını bilgisayar ortamına taşıması bir dijitalleşme sürecidir. Dijitalleşmenin en büyük faydaları; maliyetleri düşürmesi, süreçleri sadeleştirmesidir yorumu yapılabilir.

Dijitalleşme (Digitalization)

Yine Gartner'a göre dijitalleşme, bir iş modelini değiştirmek, yeni gelir ve değer üreten fırsatlar sağlamak için dijital teknolojilerin kullanılmasıdır. Dijital bir işletmeye geçme sürecidir (Gartner, 2020).

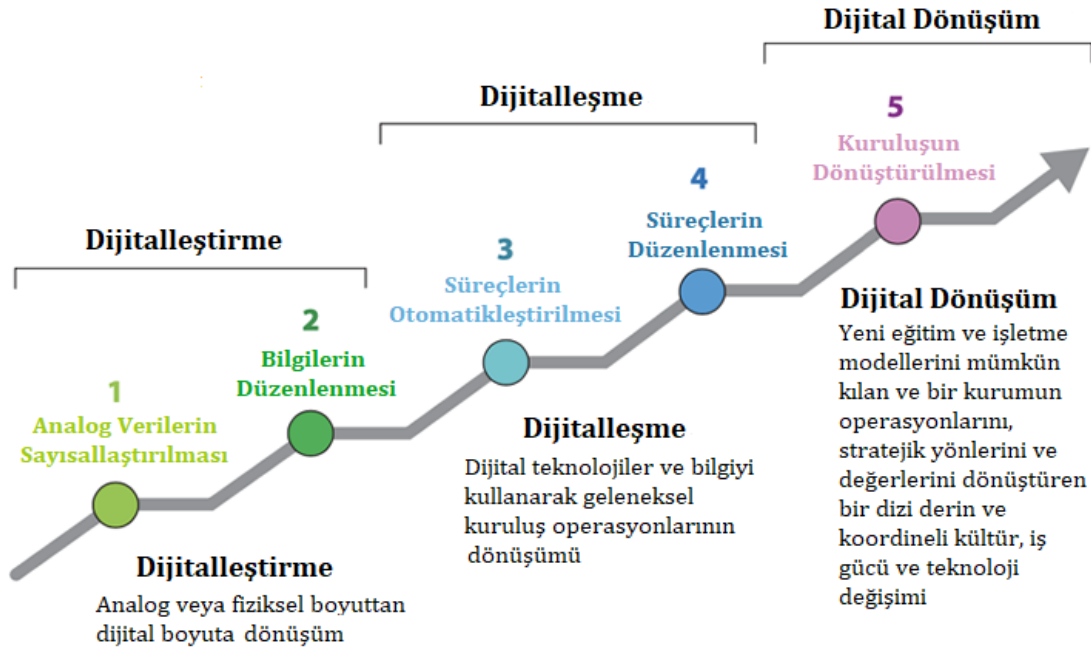
Örneğin bir tesisin bilgisayar ortamında tutulan ürün stok kayıtlarının üretim birimleri tarafından görülmesi ve üretim programının bu verilere göre şekillendirilmesi bir dijitalleşme sürecidir. Dijitalleşmenin bir kuruluşa karlılık, hız ve esneklikte artış gibi getirileri vardır.

Dijital Dönüşüm (Digital Transformation)

Gartner, dijital dönüşümü, BT modernizasyonundan dijital optimizasyona ve yeni dijital iş modellerinin icadına kadar her şeyi ifade eden bir kavram olarak tanımlamaktadır (Gartner, 2020).

Örneğin bir tesisin bilgisayar ortamında ürün stok kayıtlarının tüm paydaşlar tarafından gerçek zamanlı olarak görünür olması, bu verilerin algoritmalar tarafından gerçek zamanlı optimizasyon için kullanılıyor olması, tedarikçilerin bu veriler üzerinden optimum sevkiyat düzenini planlayabilmeleri dijital dönüşüm süreci olarak nitelendirilebilir.

Dijitalleştirme, dijitalleşme ve dijital dönüşüm kavramlarına ilişkin süreçler Şekil 2.27.'de verilmiştir.

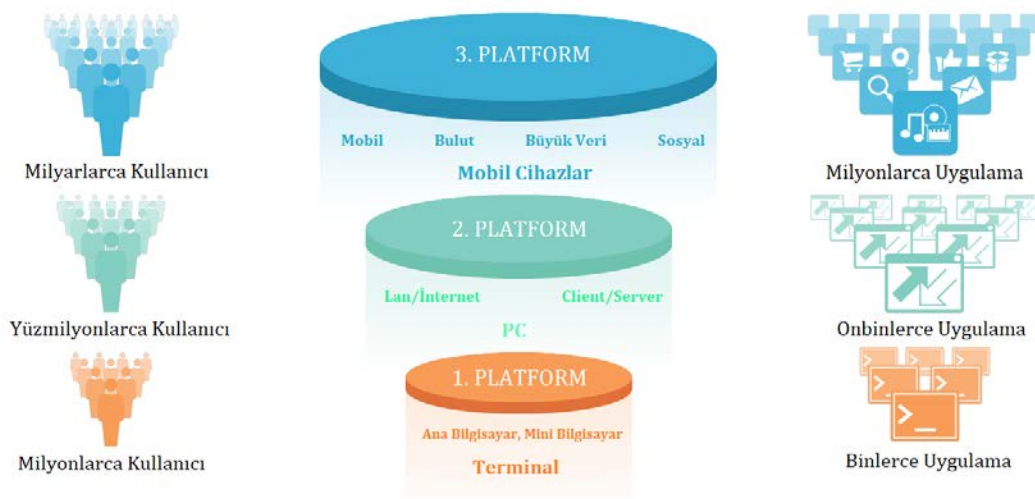


Şekil 2. 27. Dijitalleştirme, Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm Kavramları (Educase, 2020)

2.6. Üçüncü Platform (Third Platform)

Pazarlama firması IDC tarafından ortaya atılmış bir terim olan üçüncü platform, dört temel teknolojik unsurdan oluşmaktadır. Bunlar; sosyal medya, mobilite, bulut ve büyük veri teknolojileri olarak tanımlanmıştır. Bu dört unsurun, günümüz iş dünyasında gördüğümüz büyüme ve yeniliğin çoğundan sorumlu olduğu belirtilmektedir (Starhub, 2020).

Genel olarak birinci platform 1950'lerde başlayan ve bugün de devam eden ana bilgisayar sistemi, ikinci platform 1980'lerde PC'lerin ana bilgisayar veritabanlarına ve uygulamalarına girmesiyle başlayan istemci/sunucu sistemi olarak tanımlanmaktadır (ICT, 2020). Bu üç platforma ilişkin temel süreçler Şekil 2.28.'de gösterilmektedir.



Şekil 2. 28. Birinci, İkinci ve Üçüncü Platform Süreçleri (ICT, 2020)

Analize konu olan çimento üreten firmaların anket cevapları incelendiğinde üçüncü platform teknolojileri kullanımı konusunda çok iyi durumda oldukları söylenemez. Büyük veri çalışmaları ve sosyal iş süreçleri yürütme bağlamında adımlar atılmış olsa da, bulut teknolojileri kullanımı ve mobil platformlar alanlarında ciddi bir yapılanmanın olmadığı görülmektedir.

Üçüncü platformun gerektirdiği daha az fiziksel depolama ve daha yüksek bant genişliği gibi altyapısal süreçler ön plana alınarak, üçüncü platform teknolojilerin yaygınlaştırılması kolaylaştırılabilir. Bununla beraber veri güvenliği de ön plana çıkacak olup, bu alanda ciddi geliştirmelerin yapılması da zorunlu olacaktır.

Üçüncü platform teknolojilerinin kullanılması, yakın gelecekte işletmeler için hayati bir konu haline gelecektir. 1955 yılında Fortune 500'de yer alan şirketlerin % 89'u 2015 yılı itibarıyla faaliyetlerini sonlandırmıştır (Starhub, 2020). Önümüzdeki dönemde uyum sorunu yaşayan şirketler için bu süreçler çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşecektir.

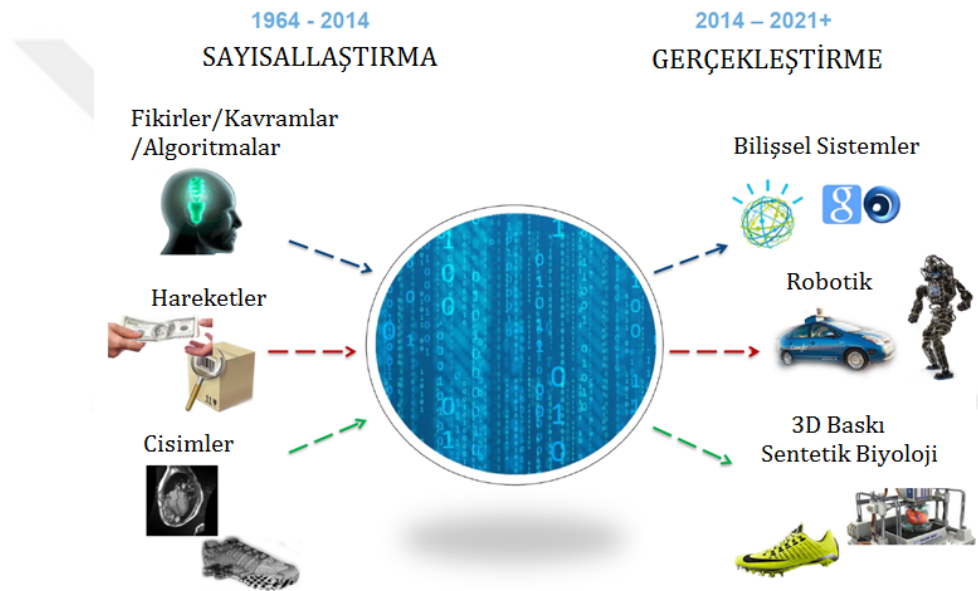
4. Platform:

3. platform kavramı sonrasında özellikle son dönemde yeni bir kavram daha sık gündeme gelmeye başlamıştır. Bu kavram 4. platform kavramıdır.

Yine IDC tarafından tanımlanan bu kavramdan “Yenilikçi Endüstri Çözümleri” olarak bahsedilmektedir. 3. platforma geçiş, “dijitalleştirme” aşaması olarak tanımlanmakta ve bu süreçte birçok süreç dijitalleştirilmektedir. (Hinchcliffe, 2020).

IDC'ye göre, bir sonraki adım ise gerçekleştirme adımı olarak tanımlanmıştır. 4. platformda akıllı ev aletleri, sürücüsüz arabalar ve giyilebilir cihazlar gibi fiziksel teknolojiler söz konusu olacaktır (Hinchcliffe, 2020).

4. platforma ilişkin süreçler Şekil 2.29.'da gösterilmektedir.



Şekil 2. 29. Dördüncü Platform Süreçleri (Chused, 2020)

2.7. COVID-19'un Dijital Dönüşüme Etkileri

Koronavirüsler, hayvanlarda veya insanlarda hastalığa neden olabilen geniş bir virüs ailesi olup, insanlarda birkaç koronavirüsün, soğuk algınlığından Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS) gibi daha şiddetli solunum yolu enfeksiyonlarına neden olduğu bilinmektedir (WHO, 2020).

COVID-19 ise en son keşfedilen koronavirüsün neden olduğu bulaşıcı hastalıktır. Bu yeni virüs ve hastalık, Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde salgın başlamadan önce bilinmemekteydi. COVID-19, halihazırda küresel olarak birçok ülkeyi etkileyen bir salgın haline gelmiştir (WHO, 2020).

Salgınla birlikte tüm dünyada normal yaşam düzeni değişime uğramış, insanlar yaşayış şekillerini değiştirmek zorunda kalmıştır. Seyahat yasakları, eğitimin çevrimiçi olması, başta kamu kurumları olmak üzere bir çok kurum ve kuruluşun faaliyetlerini kısıtlaması/ara vermesi gibi virüsün yayılmasını sınırlandırma amaçlı uygulamalar dijital araçların kullanılmasını yaygınlaştırmıştır.

İşletmeler boyutunda teknolojiyi yakından izleyen ve dijital dönüşüm altyapısı güçlü olan işletmeler bu sürece hızlı bir şekilde adapte olup rakipleri karşısında ciddi avantaj elde etmişlerdir. Ayrıca hangi dijital seviyeden olursa olsun, hemen tüm şirketler bu süreçte ciddi yol kat etmişlerdir. COVID-19 sürecinde iş sürekliliğini kaybetmek istemeyen firmaların tutumları ile dijital dönüşümün de hız kazandığı, artan bu hızın COVID-19 sonrası dönemde daha da artacağı yorumları yapılmaktadır. Bankacılık, e-ticaret, bilişim başta olmak üzere tüm alanlarda dijital sıçrama olarak adlandırılacak değişimlere şahit olunacak bir döneme girileceği yorumu yapılmaktadır (Digitalage, 2020).

2.8. Endüstri 4.0 ve Dijital Olgunluk Modeli Literatürü

Gerçekleştirilen literatür çalışması sonucu, Endüstri 4.0 ve dijital olgunluk seviyesinin belirlenmesine ilişkin farklı çalışmaların yapıldığı görülmüş, ilgili sonuçlar bu bölümde irdelenmiştir. Literatür çalışması sonucunda, sektör bazında yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan tüm çalışmalar genel kapsamlı olup, bazı çalışmalarda kısmen özelleştirmenin mümkün olduğu görülmüştür.

Rockwell Automation çalışmasında (2014), Endüstri 4.0 olgunluğunun değerlendirilebilmesi için beş aşamalı bir yaklaşım önermiştir. Birinci aşama değerlendirme, ikinci aşama güvenli ve güncellenmiş ağ ve kontroller, üçüncü aşama tanımlı ve organize edilmiş çalışma verileri sermayesi (WDC), dördüncü aşama analitik, beşinci ve son aşama ise işbirliği olarak tanımlanmıştır. Sonuçta her şirketin olgunluk yapısının en doğru değerlendirme şeklinin kendi ihtiyaçları, altyapı ve kaynaklarıyla ilgili olacağı yorumu yapılmıştır.

Impuls firmasının çalışması (2015), Endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin değerlendirilebilmesi için 6 ana boyut, 18 alt boyut ve 6 olgunluk seviyesi olan bir model önermiştir. Modelin ana boyutları; strateji ve organizasyon, akıllı fabrika, akıllı operasyonlar, akıllı ürünler, veri odaklı hizmetler ve çalışanlar olarak tanımlanmıştır. Olgunluk seviyeleri ise; seviye 0 (dışarıda kalmış), seviye 1 (acemi), seviye 2 (orta düzey), seviye 3 (deneyimli), seviye 4 (uzman) ve seviye 5 (üst performansçı) olarak tanımlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, hedef uzmanların görüşleri değerlendirilmiş ve olgunluk seviyelerine göre isimlendirilmişlerdir. Bununla beraber, bulunan olgunluk seviyesini geliştirmek adına nelerin yapılabileceği irdelenmiştir.

Schumacher vd. çalışmalarında (2016), Endüstri 4.0'ın farklı analizlerine imkan tanımak için önerdiği modelde, dokuz ana boyutunda toplam 62 olgunluk faktörünü değerlendirmiştir. Bu dokuz ana boyut; strateji, liderlik, müşteriler, ürünler, operasyonlar, kültür, çalışanlar, yönetim ve teknolojidir. Bu bağlamda belirlenen olgunluk faktörleri soru şeklinde yöneltmiş ve beş kademeli bir yapıda yanıtlanması istenmiştir. 1 en düşük seviye ve 5 en yüksek seviye olarak belirlenmiştir. Bir şirkette yapılan uygulama sonucu şirketin bu dokuz ana boyut için puanı hesaplanmıştır. Sonuçta, modelin fiziksel ürün imalatı yapılan şirketlerde kullanılmaya uygun bir model olduğu, bu alanda farklı çalışmaların da yapılabileceği yorumu yapılmıştır.

Bogner vd. çalışmalarında (2016), Almanya imalat sanayi şirketlerinin dijitalleşme derecesini incelemiştir. Bu bağlamda Almanya merkezli 211 üretim şirketi ile mülakat gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda üretkenlik, hazır bulunma ve müşteri tatmini olmak üzere üç ana başlık ve bunlara bağlı 14 alt başlık üzerinden mülakatlar gerçekleştirilmiştir. Her iki ana başlık kapsamında da düşük puan alan şirketler “tutucu”, üretimde yüksek seviye otomasyona sahip olup değer zincirinde düşük seviye otomasyona sahip olan şirketler “teknolojist”, üretimde düşük seviye otomasyona sahip olup değer zincirinde yüksek seviye otomasyona sahip olan şirketler “pazarlamacı”, hem üretimde hem de değer zincirinde yüksek otomasyon seviyesine sahip olan şirketler “iyi uygulamacılar” olarak isimlendirilmiştir. Sonuçta şirketlerin öz analizlerini iyi yapması gerektiği, aksi halde Endüstri 4.0'ın yıkıcı etkilerinden kurtulmanın zor olacağı yorumu yapılmıştır.

Gökcalp vd. çalışmalarında (2017), Endüstri 4.0 olgunluğunun belirlenmesi için 5 ana boyutlu bir model ortaya atmışlardır. Bu ana boyutlar; varlık yönetimi, veri yönetimi, uygulama yönetimi, örgütsel uyum ve süreç dönüşümü olarak belirlenmiştir. Bu boyutlara ilişkin 6 kademeli bir puanlandırma ölçeği belirlemişlerdir. Bu puanlandırma ölçeği; seviye 0 (tamamlanmamış), seviye 1 (uygulanan), seviye 2 (yönetilen), seviye 3 (belirlenmiş), seviye 4 (tahmin edilebilir) ve seviye 5 (optimize ediliyor) şeklinde verilmiştir. Sonuç olarak önerilen modelin gelişimde standartlaştırma, daha yüksek kalite, daha fazla esneklik, sürekli kıyaslama ve geliştirme, güçlü işletmeler arasında küresel rekabet, otomasyon ve bilişim, yeni hizmetler anlamında şirketlerin olgunluk seviyelerini belirleyebilecek bir model olduğu, uygulamasını yapılabileceği yorumu yapılmıştır.

Ganjarain ve Errasti (2016) çalışmalarında, 3 kademeli ve 5 olgunluk seviyeli bir Endüstri 4.0 modeli önermişlerdir. Kademeler “Envision 4.0”, “Enable 4.0”, “Enact 4.0” olarak tanımlanırken, olgunluk seviyeleri seviye 1'den 5'e doğru sırayla “Başlangıç”, “Yönetilen”, “Tanımlanmış”, “Dönüşüm” ve “Detaylı İş Modeli” olarak tanımlanmıştır. Seviyelerin açılımı aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- “Başlangıç” seviyesi: Şirkete özgü bir endüstri 4.0 vizyonu mevcut değildir.
- “Yönetilen”, seviyesi: Endüstri 4.0 stratejisinin bir Yol Haritası vardır.

- “Tanımlanmış” seviyesi: Müşteri segmentleri, değer kavramı ve temel kaynaklar tanımlanmıştır.
- “Dönüşüm”: Strateji somut projelere dönüşmüştür.
- “Detaylı İş Modeli”: İş modelinin dönüşümü gerçekleşmiştir.

Sonuçta, modelin Bask Özerk Bölgesinde pilot ölçekte kobilere uygulandığı bilgisi verilmiştir.

Leyh vd. (2016) çalışmalarında, 4 olgunluk boyutlu ve 5 olgunluk seviyeli bir model tasarlamışlardır. Olgunluk boyutları; dikey entegrasyon, yatay entegrasyon, dijital ürün geliştirme ve kesitsel teknoloji kriterleri olarak belirlenmiştir. Olgunluk seviyeleri ise temel dijitalleşme seviyesi, departmanlar arası dijitalleşme seviyesi, yatay ve dikey dijitalleşme seviyesi, tam dijitalleşme ve optimize edilmiş tam dijitalleşme olarak belirlenmiştir. Model yalnızca teorik olarak tanımlanmış, herhangi bir uygulama verisine yer verilmemiştir. Sonuç olarak, modelin ilk versiyon olduğu, zaman içerisinde olgunlaşabileceği, modelin uygulanabilirliğinin test edilmesi için şirketlerle yapılacak görüşme ve uygulamaların önemli olduğu vurgulanmıştır.

Pricewaterhouse Coopers firması (2016) çalışmasında, 6 olgunluk boyutu ve 4 olgunluk seviyeli bir Endüstri 4.0 olgunluk modeli geliştirmiştir. Olgunluk boyutları; “İş Modelleri, Ürün ve Hizmet Portföyü”, “Pazar ve Müşteri Erişimi”, “Değer Zincirleri ve Süreçleri”, “BT Mimarisi”, “Uyumluluk, Yasal, Risk, Güvenlik ve Vergi”, “Organizasyon ve Kültür” olarak belirlenmiştir. Olgunluk seviyeleri ise; seviye 1 “Dijital Acemi”, seviye 2 “Dikey Entegratör”, seviye 3 “Yatay İşbirlikçi” ve seviye 4 “Dijital Şampiyon” olarak belirlenmiştir. Online seviye ölçümüne izin veren bu yapı, üç boyutu zorunlu, diğer üç boyutu ise sektörel olarak serbest seçimli olarak tasarlamıştır. Boyutlarla alakalı sorulara verilen; mevcut durum ve hedeflenen seviye cevaplarına göre ilgili şirketinin olgunluk skorunu hesaplamaktadır.

Carolis vd. (2017) çalışmalarında, DREAMY adını verdikleri 4 olgunluk boyutlu ve 5 olgunluk seviyeli bir model ortaya koymuşlardır. Olgunluk boyutları; süreç / yürütme, izleme ve kontrol, organizasyon, teknoloji olarak belirlenmiştir. Olgunluk seviyeleri ise; başlangıç, yönetilen, tanımlanmış, entegre ve birlikte çalışabilir, dijital odaklı olarak tanımlanmıştır. Sonuçta modelin amacının, üretim yapan firmaların süreçlerini değerlendirmelerine yardımcı olmak olduğu, olgunluk değerlendirmesinin genel olarak sadece ilk adım olarak düşünülmesi gerektiği, sonraki adımın süreçlerin olgunluğunu iyileştirmek için yapılması gerekenlerin ortaya koyulması olduğu ve nihayetinde beklenen çıktının analiz edilen şirketin dijitalleşmenin sağladığı fırsatların bir listesini çıkarılması olduğu yorumları yapılmıştır.

Weber vd. (2017) çalışmalarında, M2DDM adını verdikleri veri odaklı üretim olgunluk modelini irdemişlerdir. Bu model kapsamında, 6 ana boyutla analiz edilen işletmeleri 6 olgunluk seviyesine bölmüşlerdir. Ana boyutlar; veri depolama ve işleme, hizmet odaklı mimari, bilgi entegrasyonu, dijital ikiz, ileri analitik, gerçek zamanlı yetenekler olarak tanımlanmıştır.

Modelde seviyeler ise; 0 “BT Entegrasyonu Yok”, seviye 1 “Veri ve Sistem Entegrasyonu”, seviye 2 “Yaşam Ömrü Döngüsü Verilerinin Entegrasyonu”, seviye 3 “Hizmet Odaklı”, seviye 4 “Dijital İkiz” ve son olarak seviye 5 “Kendi Kendini Optimize Eden Fabrika” olarak belirlenmiştir. Sonuçta, bu çalışmanın bir temel üzerinde kurulduğu, bir puanlama sistematığının olmadığı, BT mimarilerinin kapsamlı değerlendirilmesi ile puanlandırılmış bir sistematığın kurulabileceği yorumları yapılmıştır.

Acatech firması (2018) çalışmasında, altı kademeli Endüstri 4.0 gelişim sistematığı önermiştir. Firma, bir şirketin dört temel perspektifini içeren bir olgunluk modeli önermiştir. Bu temel perspektifler; kaynaklar, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı ve organizasyonel kültür olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu perspektiflerin her biri altı kademedeki değerlendirilmiştir. Bunlar; kademe 1 bilgisayara geçiş, kademe 2 bağlanabilirlik, kademe 3 görünürlük, kademe 4 şeffaflık, kademe 5 öngörülebilirlik ve kademe 6 uyarlanabilirlik olarak belirlenmiştir. Sonuçta Acatech Industrie 4.0 endeksinin, şirketlere öğrenme ve çevik bir şirkete dönüşme yolunda bir yol gösterici olduğu, uygulamanın her sektör için ayrı ayrı yapılması gerektiği, her sektörün ayrı dinamikleri olduğu, modelin baz bir model olduğu ve zaman içerisinde gelişmeye devam edeceği yorumları yapılmıştır.

Canetta vd. (2018) çalışmalarında, 5 olgunluk boyutuna ve 4 olgunluk seviyesine sahip bir model önermişlerdir. Olgunluk boyutları strateji, süreçler, ürünler ve hizmetler, teknolojiler, insan kaynakları olarak belirlenmiştir. Olgunluk seviyeleri ise yok, acemi, orta düzey ve tecrübeli olarak belirlenmiştir. Sonuçta radar tipi bir grafik oluşturulmuş ve şirketin genel ortalamasının beş boyuta göre olgunluk seviyesi belirlenmiştir, çalışmanın geliştirilebileceği yorumu yapılmıştır.

Sjödén vd. (2018) çalışmalarında, 3 olgunluk boyutuna ve 4 olgunluk seviyesine sahip bir model ortaya koymuşlardır. Olgunluk boyutları; insanlar, süreçler ve teknolojiler olarak belirlenmiştir. Olgunluk seviyeleri ise; 1. seviye bağlı teknolojiler, 2. seviye yapısal veriler toplama ve paylaşım, 3. seviye gerçek zamanlı süreç analitiği ve optimizasyon, 4. ve son seviye ise akıllı, tahmin edilebilir üretim olarak belirlenmiştir. Sonuçta akıllı fabrikaların geliştirilmesinin zor ve riskli bir girişim olabileceği, bunu başaran şirketlerin maliyetlerini düşürerek değer yaratmayı başarabileceği, kaliteyi ve esnekliği arttırabileceği, piyasaya sürülme süresini azaltabileceği yorumu yapılmıştır. Ayrıca bu avantajları elde etmek için şirketlerin üç noktayı göz önünde bulundurması gerektiği, bu noktaların; dijital insanları yetiştirmek, çevik süreçler sunmak ve modüler üretim teknolojilerini yapılandırmak olduğu belirtilmiştir. Ve sunulan bu modelin akıllı fabrikayı uygulamak ve üretim süreçlerinin dijital ortama pratik bir yardımcı olabileceği yorumları yapılmıştır.

The University Of Warwick'in, Crimson&Co ve Pinsent Masons (2017) ile ortaklaşa hazırlamış olduğu çalışmada, 6 ana olgunluk boyutuna bağlı 37 alt boyut ve 4 olgunluk

seviyesine sahip bir model ortaya koyulmuştur. Ana olgunluk boyutları; ürünler ve hizmetler, üretim ve operasyonlar, strateji ve organizasyon, tedarik zinciri, iş modeli, yasal hususlar olarak verilmiştir. Olgunluk seviyeleri ise acemi (beginner), orta düzey (intermediate), tecrübeli (experienced), uzman (expert) olarak verilmiştir. Çalışmada verilen sistematik aynı zamanda bu tezin ana omurgasını oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan 4'lü ölçek, tezde kullanılan anketin ikinci bölümünde aynen kullanılmış olup, birinci bölümünde "max100" sistematığı kullanılmıştır. Tezde kullanılan anketin üçüncü ve son bölümünde ise demografik sorulara yer verilmiştir. Çalışmanın teze uyarlanması süreci aşağıda "metodoloji" bölümünde verilmiştir. Modellerle ilişkin kıyaslama Tablo 2.7.'de verilmiştir.

Tablo 2. 7. Dijital Olgunluk Modellerine İlişkin Kıyaslama Tablosu

No	Model	Boyut Sayısı (Ana Boyut/Alt Boyut)	Olgunluk Seviye Sayısı	Boyutların Odağı	Açıklama
1	Rockwell Automation (2014)	5	-	Güvenli ve yüksek seviyede ağlar, tanımlanmış ve organize edilmiş veri sistematığı, analitik, iş birliği	Modelde, her şirketin olgunluk yapısının en doğru değerlendirme şeklinin kendi ihtiyaçları, altyapı ve kaynaklarıyla ilgili olacağı yorumu yapılmıştır.
2	Impuls (2015)	6/18	6	Strateji ve organizasyon, akıllı fabrika, akıllı işlemler, akıllı ürünler, veriye dayalı hizmetler, çalışanlar	Modelde, uygulamaya yönelik olarak olgunluk seviyesini geliştirmek adına nelerin yapılabileceği irdelenmiştir.
3	Schumacher vd. (2016)	9/62	5	Strateji, liderlik, müşteriler, ürünler, operasyonlar, kültür, insanlar, yönetim, teknoloji	Model, bir şirkette uygulanmış ve şirketin puanı hesaplanmıştır. Modelin fiziksel ürün imalatı yapılan şirketlerde kullanılmaya uygun bir model olduğu belirtilmiştir.
4	Bogner vd. (2016)	3/14	4	Üretkenlik, hazır bulunma, müşteri tatmini	Model için Almanya merkezli 211 üretim şirketi ile mülakat gerçekleştirilmiştir. Şirketlerin öz analizlerini iyi yapması gerektiği, aksi halde Endüstri 4.0'ın yıkıcı etkilerinden kurtulmanın zor olacağı yorumu yapılmıştır.
5	Ganzarain ve Errasti (2016)	3	5	Vizyon, yol haritası, uygulama projeleri	Modelin Bask Özerk Bölgesinde pilot ölçekte kobilere uygulanmıştır.
6	Leyh vd. (2016)	4	5	Dikey entegrasyon, yatay entegrasyon, dijital ürün geliştirme, kesitsel teknoloji kriterleri	Model teorik olarak tanımlanmış, herhangi bir uygulama verisine yer verilmemiştir. Modelin ilk versiyon olduğu, zaman içerisinde olgunlaşabileceği, modelin uygulanabilirliğinin test edilmesi için şirketlerle yapılacak görüşme ve uygulamaların önemli olduğu vurgulanmıştır.
7	Pricewaterhouse Coopers (2016)	6	4	İş Modelleri, ürün ve hizmet portföyü, pazar ve müşteri erişimi, değer zincirleri ve süreçleri, BT mimarisi, "uyumluluk, yasalar, risk, güvenlik ve vergi", organizasyon ve kültür	Model online seviye ölçümüne izin vermektedir. Üç boyutu zorunlu, diğer üç boyutu ise sektörel olarak serbest seçimli olarak tasarlanmıştır.

8	Gökalp vd. (2017)	5	6	Varlık yönetimi, veri yönetimi, uygulama yönetimi, örgütsel uyum, süreç dönüşümü	Modelin patikte şirketler tarafından uygulanabilecek bir model olduğu vurgulanmıştır.
9	Carolis vd. (2017)	4	5	Süreç/yürütme, izleme ve kontrol, organizasyon, teknoloji	Modelin amacının, üretim yapan firmaların süreçlerini değerlendirmelerine yardımcı olmak olduğu, uygunluk değerlendirmesinin sadece ilk adım olarak düşünülmesi gerektiği, sonraki adımın süreçlerin uygunluğunu iyileştirmek için yapılması gerekenlerin ortaya koyulması olduğu yorumu yapılmıştır.
10	Weber vd. (2017)	6	6	Veri depolama ve işleme, hizmet odaklı mimari, bilgi entegrasyonu, dijital ikiz, ileri analitik, gerçek zamanlı yetenekler.	Modelin basit bir temel üzerinde kuruluşu, bir puanlama sisteminin olmadığı, BT mimarilerinin kapsamlı değerlendirilmesi ile puanlandırılmış bir sisteminin kurulabileceği yorumları yapılmıştır.
11	The University Of Warwick, Crimson&Co ve Pinsent Masons (2017)	6/37	4	Ürünler ve servisler, üretim ve operasyonlar, strateji ve organizasyon, tedarik zinciri, iş modeli, yasal konular	Model hem akademik hem de sektörel tecrübeleri olan kişi/uzmanların ortak çalışması sonucu ortaya çıkmış, uygulanabilir bir modeldir.
12	Acatech (2018)	4	6	Kaynaklar, bilgi sistemleri, organizasyonel yapı ve organizasyonel kültür	Modelin şirketlere öğrenme ve çevik bir şirkete dönüşme yolunda bir yol gösterici olduğu, uygulamanın her sektör için ayrı ayrı yapılması gerektiği, her sektörün ayrı dinamikleri olduğu, modelin baz bir model olduğu ve zaman içerisinde gelişmeye devam edeceği yorumları yapılmıştır.
13	Canetta vd. (2018)	5	4	Strateji, süreçler, ürünler ve hizmetler, teknolojiler, insan kaynakları	Modelin uygulandığı bir şirketin sonuçları değerlendirilmiştir, çalışmanın geliştirilebileceği vurgulanmıştır.
14	Sjodin vd. (2018)	3	4	İnsanlar, süreçler ve teknolojiler	Modelin, akıllı fabrikayı uygulamak ve üretim süreçlerini dijital ortama pratik bir şekilde taşımak için yardımcı olabileceği yorumları yapılmıştır.

Rockwell Automation şirketinin modeli dijital dönüşümden daha çok dijitalizasyon üzerine odaklanmış bir görünüm sunmaktadır. Bu haliyle uygulamaya yönelik güzel bir model olarak görünmekle birlikte, dönüşüm için düşünüldüğünde bütüncül bir yaklaşım sergilememektedir.

Impuls firmasının çalışması, incelenen çalışmalar arasında dijital dönüşüme odaklanmış en iyi çalışmalardan birisi olarak göze çarpmaktadır. Gerek ana boyutlar, gerekse alt boyutlar oldukça detaylı ve uygulanabilir olarak tanımlanmıştır. Dijital dönüşümün en önemli parçalarından birisi olan örgütsel yaklaşım da modelde ele alınmıştır. Son olarak seviyeyi geliştirebilmek adına yapılabileceklerin irdelenmesi, çalışmanın kalitesini arttırmaktadır.

Schumacher ve diğerlerinin çalışması, boyut sayısı bakımında incelenen çalışmalar arasında en fazla boyuta sahip olan çalışma olarak göze çarpmaktadır. Ancak boyutların fazla olması, boyutlar arasında anlam karmaşası ve uygulama güçlü yaratabilir. Daha çok fiziksel ürün üreten işletmeleri hedef alan soru tarzı, farklı alanlarda faaliyet gösteren işletmeler için doğru sonuçlar vermeyebilir.

Bogner ve diğerlerinin çalışması mülakat tekniği ile hazırlanmış olup, 211 şirketle mülakat yapılması çalışmayı bu anlamda farklı kılmaktadır. Ancak gerek yalnızca imalat sanayi ile mülakat yapılmış olması, gerekse bu şirketlerin tamamının Almanya'da faaliyet gösteriyor olması çalışmanın kapsayıcılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca değerlendirmede otomasyon seviyesinin ön planda tutulması aynı Rockwell firmasının çalışmasında olduğu gibi daha çok dijitalizasyon üzerine odaklanmış bir görünüm sunmaktadır.

Gökalp ve diğerlerinin çalışması ana boyutlar açısından zengin görünse de çok fazla detaya inmemesi sebebi ile daha genel bir çalışma görüntüsü vermektedir. Bununla beraber 6 kademeli puanlandırma sistemi, incelenen çalışmalar arasında en iyilerden biri olarak göze çarpmaktadır. Genel anlamda ana boyutlar yüzeysel görünse de dijital dönüşüme odaklanmış görüntüsü çalışma açısından olumlu bir izlenim vermektedir.

Ganzarain ve Errasti'nin çalışmasında kullanılan kademelendirme sistemi diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Vizyon sahibi olmak, hazır olmak ve harekete geçmiş olmak kademelerini değerlendiren model, bu kademeler için beş olgunluk seviyesi belirlemiştir. Kademelendirme yapılırken olgunluğu irdeleme kısmı detaylandırmadığından modelin diğerlerine oranla biraz daha subjektif kaldığı söylenebilir. Modelin bir diğer handikapı ise yalnızca Bask Özerk Bölgesinde pilot ölçekte ve kobilere uygulanması olarak göze çarpmaktadır.

Leyh ve diğerlerinin çalışması yalnızca teorik seviyede kalmasıyla göze çarpmaktadır. Boyutların sayısının kısıtlı olması da bir diğer handikap olarak öne çıkmaktadır. Bununla beraber, teknik detaylara daha az girilmiş olması, örgüt ve ürün odaklı yaklaşımı ile diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Pricewaterhouse Coopers firmasının çalışması, ana olgunluk boyutları bakımından en iyi tasarlanmış çalışmalardan biri olarak görülmektedir. Dijital dönüşüme ilişkin tüm süreçlere bu boyutlarda yer verildiği görülmektedir. Online olarak seviye ölçümüne izin veriyor olması genel anlamda geniş kitlelere ulaşmasını sağlamaktadır. Modelde 3 boyutun zorunlu olması, diğer 3 boyutun seçime bırakılması, uzman olmayan kişilerce yapılan değerlendirmelerde önemli konuların göz ardı edilmesine sebep olabilir.

Carolis ve diğerlerinin çalışması genel olarak fiziksel üretim alanında faaliyet gösteren işletmelerin tedarik zinciri süreçlerine odaklanmış izlenimini vermektedir. Seviye ölçerken, bu seviyelerin yükseltilmesi konusunda herhangi bir konuya değinilmiyor olması, çalışmanın bütünlüğünü olumsuz yönden etkilemektedir.

Weber ve diğerlerinin çalışması, bir puanlama sistematığının olmaması sebebi ile öz değerlendirmeye uygun bir çalışma olarak görünmemektedir. Bu hali ile olgunluk seviyeleri detaylı bir şekilde belirlenmiş olup, puanlama sistematığının olmaması, bir değerlendirme uzmanının varlığını kaçınılmaz kılmaktadır.

Acatech firmasının çalışması, en güncel çalışmalardan biri olup, topyekün dijital dönüşüme odaklanmış yapısı ile olumlu bir görüntü vermektedir. Ancak diğer modellerde de olduğu gibi bu çalışma da genel bakış açısı ile hazırlanmış bir çalışma olup, boyutların sektör özelinde yorumlanması gerekliliği göze çarpmaktadır.

Canetta ve diğerlerinin çalışması insan kaynağı ve strateji üzerine odaklanmış bir çalışma olup fiziksel üretim yapan işletmelerin ihtiyaçlarının detaylarına inme konusunda biraz eksik kalabilir. Uygulamanın pratik olması çalışma açısından olumlu bir özellik olarak öne çıkmaktadır.

Sjödin ve diğerlerinin çalışması incelenen tüm çalışmalar arasında en yalın tasarım olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, ana süreçleri ıskalamamış olması olumlu özellik olarak görülmektedir. Ancak detaylı gelişim planlarının hazırlanması noktasında bu yalınlık, model açısından bir handikap olarak görülmektedir.

The University Of Warwick'in danışman firmalarla birlikte hazırladığı çalışma, akademi/özel sektör ortaklığının üst seviyede gerçekleştiği tek çalışma olarak göze çarpmaktadır. Ana boyutların kapsayıcılığı ve alt boyutların detaylandırılmış olması çalışmanın en kritik özelliği olarak öne çıkmaktadır. Bu anlamda süreçlere hem bilimsel açıdan bakıyor olması, hem de reel süreç dinamiklerinin göz önünde bulundurulmuş olmasının faydası görülmektedir. Çalışmada alt boyutların sayısının fazla olması uygulama ve değerlendirme zorluğu yaşatsa da, incelenen çalışmalar arasında en iyi sonucu verebilecek nitelikte olduğu söylenebilir.

Bu tez çalışması, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, sektör özelinde yapılmış bir çalışmadır. Çimento sektörü özelinde yapılmış olan bu tez çalışması, diğer genel modellerin farklı sektörlerde özelleştirilebilmesi noktasında hem örnek bir çalışma, hem de yol gösterici olabilecektir.

3. METODOLOJİ

Bu araştırmanın amacı çimento sektörü özelinde bir dijital olgunluk katsayısı modeli ortaya koymak ve bir uygulama yapmaktır. Araştırmada kullanılacak veriler nicel yöntem olan anket uygulaması yolu ile toplanmıştır. Anketler çimento sektörü uzmanlarından toplanmakla birlikte, farklı demografik özelliklere sahip katılımcılara uygulanmıştır.

Bu bölümünde veri toplama süreci, ana kütle ve örnekleme ilişkin açıklama ve analizler gerçekleştirilmiş olup, detayları irdelenmiştir.

3.1. Veri Toplama Süreci

Çalışmada analiz edilecek verilerin toplanması için yazılı anket yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla aşağıda detayları verilen anket hazırlanmış ve hedef kitleden yanıtlamaları talep edilmiştir.

3.1.1. Anket

Anket için The University Of Warwick'in iki özel danışmanlık firması ile beraber hazırlanmış olduğu rapor içeriği, anketin ana omurgasını oluşturmuştur (Agca vd., 2017). Bu kapsamda belirlenen 6 ana boyutun altında toplanmış 37 alt boyut, anket içeriğinde kullanılmıştır. Bu 37 dijital olgunluk boyutuna ilişkin sektör uzmanlarının görüşleri toplanmıştır.

Tez çalışmasında bu modelin kullanılmasının ana sebebi, literatürdeki diğer çalışmalara nazaran alt boyutların daha detaylı ele alınmış olmasıdır. Bununla beraber, alt boyutların kapsayıcı olmasının, sektör özelinde olabilecek bazı olgunluk işaretlerinin gözden kaçırılmasının önüne geçeceği düşünülmüştür. Ayrıca modelin ortaklaşa yapılmış bir çalışmanın sonucu olması; teorik (üniversite) yapıyla beraber endüstriyel tecrübeye sahip şirketlerin de çalışmaya katkı sunmasının, daha uygulanabilir bir model ortaya koyulmasında etkili olduğu düşünülmüştür. Bu ana sebepler, bu çalışmanın teze esas teşkil etmesinde etkili olmuştur.

Herhangi bir sektör özelinde olmayan, genel yapılmış bu çalışmanın boyutlarının çimento sektörü özelinde değerlendirilmesi düşüncesi ile üç bölümlü bir anket hazırlanmış ve sonraki bölümde belirtilen kitleye gönderilmiştir.

Anketin birinci bölümünde katılımcılardan çimento sektörünü göz önünde bulundurarak maliyetleri düşürmek, karlılığı arttırmak ve operasyonları hızlandırmak için verilen boyutların ne kadar önemli olduğunu belirtmeleri istenmiştir. Hiç önemi olmadığını düşündükleri boyuta 0

puan, en önemli olduğunu düşündükleri boyuta 100 puan vermeleri istenmiştir. Sonuçlar sonraki bölümlerde belirtilmiş olup, anket formunun ilgili bölümü Ek-1’de verilmiştir.

Anketin ikinci bölümünde katılımcılardan, verilen boyutlar için düzenlenmiş ifadelerden yola çıkarak, görev yapmakta oldukları tesiste yürütülmekte olan çalışmaları en iyi ifade eden yalnızca 1 tanesini (X) koyarak işaretlemeleri istenmiştir. Seviye 1, Seviye 2, Seviye 3, Seviye 4 seçeneklerinden yalnızca birini seçerek cevaplandırmaları istenmiştir. Anket formunun ilgili bölümü Ek-1’de verilmiştir.

Anketin üçüncü ve son bölümünde katılımcılardan, verilen sorulardaki demografik bilgileri ve şirkete ilişkin bilgileri, en uygun seçeneğe (X) koyarak işaretlemeleri istenmiştir. Gruplandırılmış sorularda yalnızca 1 seçeneği işaretlemeleri istenmiştir. Üçüncü bölüm içeriği Ek-1’de verilmiştir.

3.2. Ana Kütle ve Örneklem

3.2.1. Çimento Üretim Tesisleri

Çalışma yapılmadan önce sektör belirleme aşamasında farklı sektörler gözden geçirilmiştir. Nihayetinde aşağıda belirtilen sebeplerle çalışmanın çimento sektörü özelinde yapılmasına karar verilmiştir.

Öncelikle çalışmanın yapılacağı sektörün, farklı üretim tesislerinde benzer prosesler, üretim ve teknolojik dinamiklerine sahip olması beklentisi mevcuttu. Bunun ana sebebi iki farklı tesis için, herhangi bir dijital olgunluk boyutunun farklı önem ifade etmemesi gerekliliğidir. Örneğin otomotiv sektörü hedef sektör olsaydı; montaj yapan bir tesiste üretimde robot kullanımı çok önemli olabileceken, yine otomotiv sektöründe döküm imalat yapan bir tesis için üretimde robot kullanımı çok önemli olmayabilir. Bu, çalışmadaki boyutların ağırlığı belirlenirken katsayıların normal dağılımı üzerinde negatif etki yaratacaktır. Bu durum göz önünde bulundurularak, tedarik zinciri dinamikleri hemen tüm tesislerde birbirine benzer olan çimento sektöründe karar kılınmıştır.

Bir diğer sebep çalışmanın etki alanının geniş olması kaygısıdır. Türkiye, çimento üretimi açısından küresel bir oyuncu olup, kapasite ve kalite bakımından dünya çapında üretim tesislerine sahiptir. Çalışmanın çıktılarının uygulama alanı bulacağı sektörün geniş olabilmesi amacı ile çimento sektörü uygun sektör olarak görülmüştür.

Bunlarla beraber, çalışan sayılarının çok olması dolayısı ile görüş toplanacak sektör uzmanlarının sayısının çok olması da çimento sektörünün seçilmesinde etkili olmuştur. Çalışmada yapılacak analizlerin kalitesi bakımından örneklem hacmi büyük tutulmaya çalışılmış, bu sebeple çimento sektörü hedef sektör olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, şirketlere ilişkin bazı verilere ulaşabilmek amacı ile çalışmada örneklem olarak kullanılacak çimento üretim şirketleri, pay senetleri Borsa İstanbul'a kote olan şirketler arasından seçilmiştir. Bu şirketlere ilişkin detaylı veriler, Kamuyu Aydınlatma Platformu ve diğer mecralardan temin edilebilmektedir.

Tüm bu gerekçelerle, örneklem olarak Türkiye'de çimento üretimi alanında faaliyet gösteren ve Borsa İstanbul'a (2019 yılında) kote olan 16 şirket seçilmiştir.

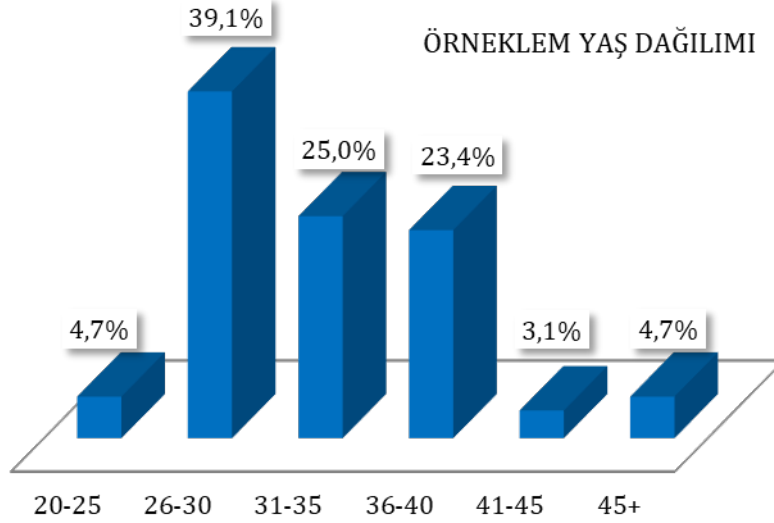
3.2.2.Sektör Uzmanları

Hedef kitle, seçilen 16 şirkette görev yapmakta olan üretim/bakım/operasyon /IT alanlarında çalışan, en az mühendis/uzman seviyesinde olan kişiler olarak belirlenmiştir. Hedef kitle için belirlenen özellikler taşıyan 268 profesyonele, profesyonel sosyal paylaşım platformu LinkedIn üzerinden anket gönderilmiştir.

10.07.2019 tarihinde sektör uzmanlarına anket yanıtlamaları için gönderilmiş, yanıtların dönüşü için 60 günlük bir süre öngörülmüştür. Bazı sektör uzmanları, gönderilen gün içerisinde geri dönüş yaparken, bazı uzmanlar öngörülen sürenin sonlarında geri dönüş yapmıştır. Bu süreçte belli aralıklarla hatırlatmalar yapılmıştır.

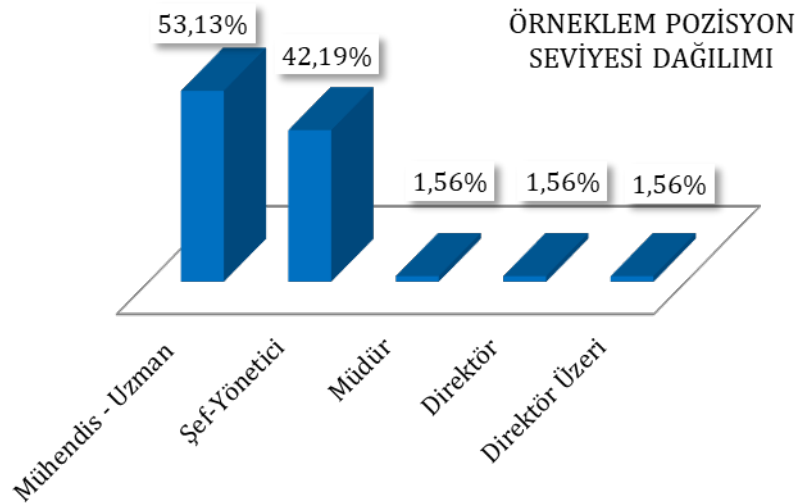
10.09.2019 tarihi itibarıyla öngörülen süre dolmuş, söz konusu kitleden anketi tam olarak doldurup yanıtlayan kişi sayısı 64 olarak gerçekleşmiştir. Geriye kalan 204 kişi, anketi tam olarak doldurmayan, hiç yanıt vermeyen veya çeşitli gerekçelerle olumsuz yanıt verenlerden oluşmaktadır.

Bu bağlamda ankete katılım oranı %23,88 olarak gerçekleşmiştir. Anketi yanıtlayan örneklem hacminin demografik yapısı incelendiğinde, en yüksek geri dönüş sayısı 26-30 yaş grubunda gerçekleşmiştir (25 kişi). Bunu sırasıyla 31-35 yaş (16 kişi), 36-40 yaş (15 kişi), 20-25 yaş (3 kişi), 45+ yaş (3 kişi) ve 41-45 yaş (2 kişi) izlemiştir. Anket geri dönüş sayısı göz önünde bulundurulduğunda, 26-40 yaş aralığındaki sektör uzmanlarının %87,5'luk bir oranla anket sonuçlarında baskın olduğu söylenebilir (Şekil 3.1.).



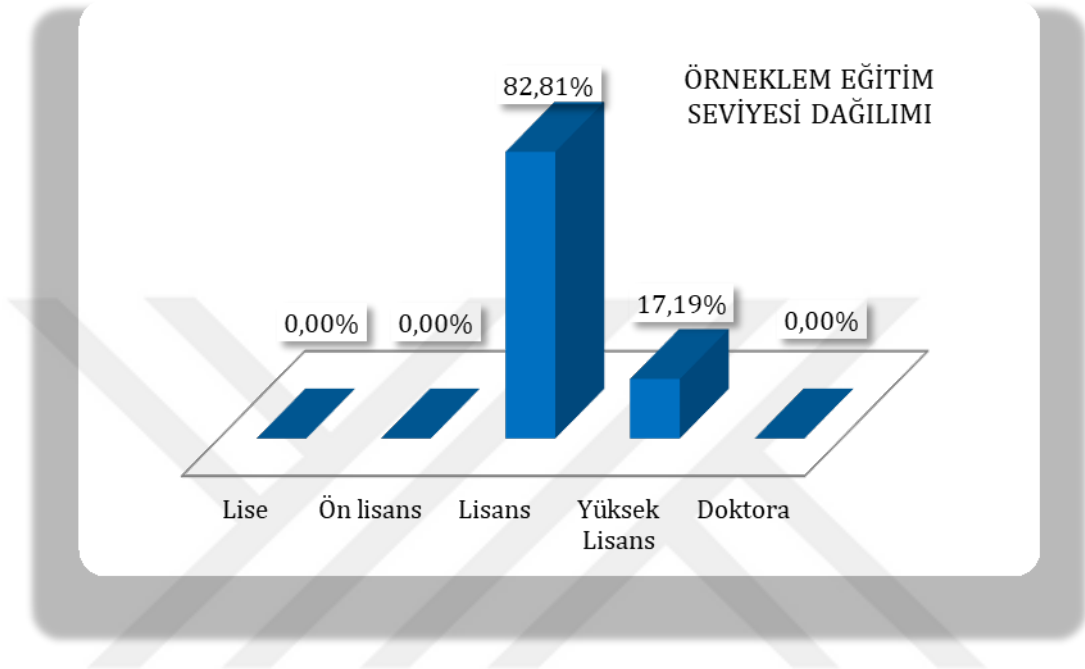
Şekil 3. 1. Örneklem Yaş Dağılımı Grafiği

Anketi yanıtlayan örneklem hacminin görev yaptığı pozisyonun seviyesi incelendiğinde en büyük katılımcı grubunun (34 kişi) mühendis-uzman seviyesinde olduğu görülmüştür. Bu grubu sırasıyla şef-yönetici (27 kişi), müdür (1 kişi), direktör (1 kişi) ve direktör üzeri (1 kişi) pozisyon seviyeleri izlemiştir. Orta ve üst kademedeki çalışanların katılım oranlarının çok düşük olduğu dikkat çekicidir. Şirketlerin üst kademelerindeki kadro sayısının kısıtlı olmasının da bu sonuçlara etkisi olabilir (Şekil 3.2.).



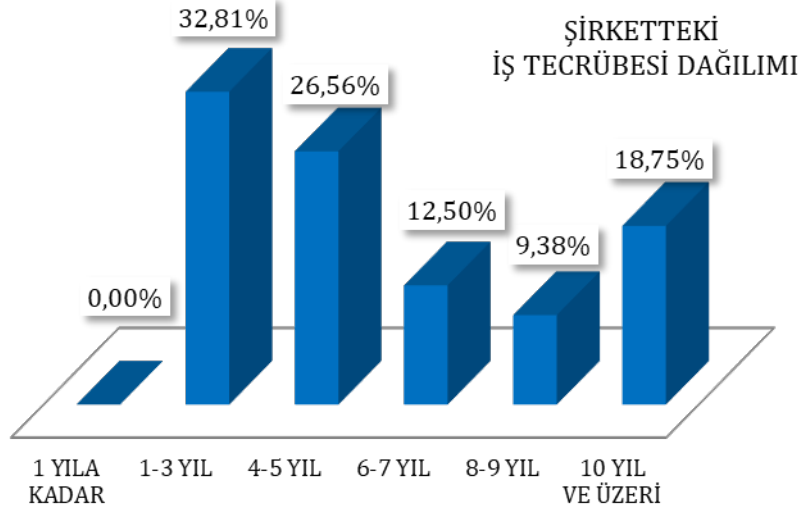
Şekil 3. 2. Örneklem Pozisyon Seviyesi Dağılımı

Katılımcıların eğitim seviyeleri incelendiğinde lise, ön lisans ve doktora mezunu katılımcı bulunmadığı görülmüştür. En düşük pozisyon seviyesinin mühendis-uzman olması sebebi ile lise ve önlisans mezunu katılımcı bulunmamaktadır. Katılımcıların büyük çoğunluğunun (53 kişi) lisans mezunu olduğu, kalan katılımcıların da (11 kişi) yüksek lisans mezunu olduğu görülmüştür (Şekil 3.3.).



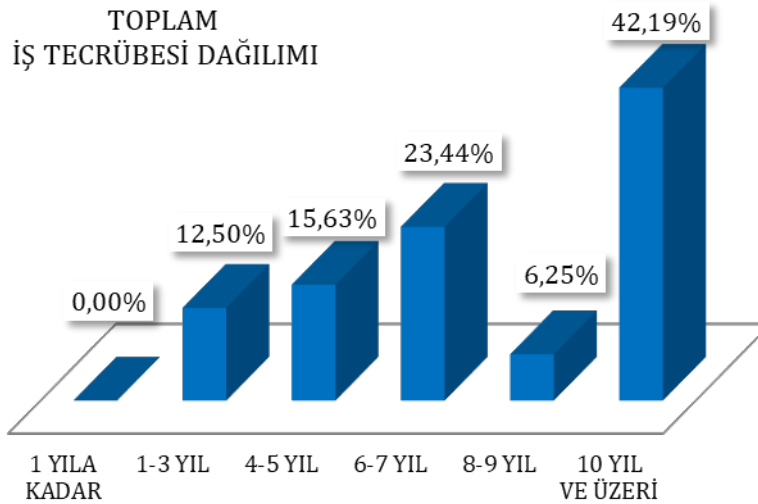
Şekil 3. 3. Örneklem Eğitim Seviyesi Dağılımı

Şirketteki iş tecrübesi bakımından ankete katılanlar gözlemlendiğinde, en yoğun katılımın nispeten şirkete yeni başlayan çalışan grubu olan 1-3 yıl deneyimli grup (21 kişi) olduğu görülmüştür. Bu grubu sırasıyla 4-5 yıl tecrübeli (17 kişi), 10 yıl ve üzeri tecrübeli (12 kişi), 6-7 yıl tecrübeli (8 kişi) ve 8-9 yıl tecrübeli (6 kişi) çalışanlar takip etmiştir. Ankete yanıt verenler arasında 1 yıldan az tecrübe sahibi olan herhangi bir katılımcı bulunmamaktadır (Şekil 3.4.).



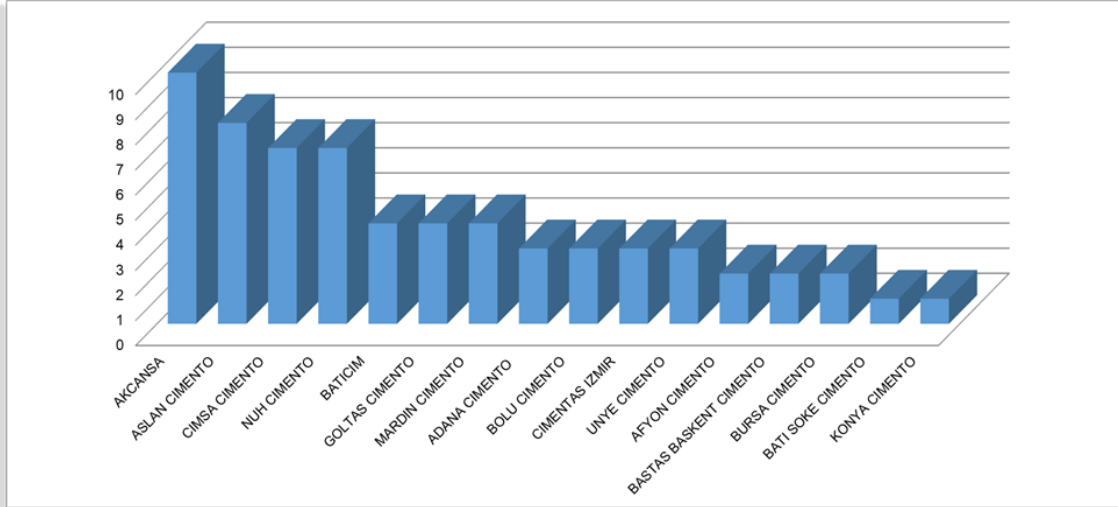
Şekil 3. 4. Şirketteki İş Tecrübesi Dağılımı

Son demografik özellik olan toplam iş tecrübesi incelendiğinde en büyük katılımcı grubunun 10 yıl ve üzeri tecrübesi olan çalışanların (27 kişi) olduğu görülmüştür. Bu grubu sırasıyla 6-7 yıl tecrübeli çalışanlar (15 kişi), 4-5 yıl tecrübeli çalışanlar (10 kişi), 1-3 yıl tecrübeli çalışanlar (8 kişi) ve 8-9 yıl tecrübeli çalışanlar (4 kişi) takip etmiştir. Yine ankete yanıt verenler arasında 1 yıldan az tecrübe sahibi olan herhangi bir katılımcı bulunmadığı görülmüştür (Şekil 3.5.).



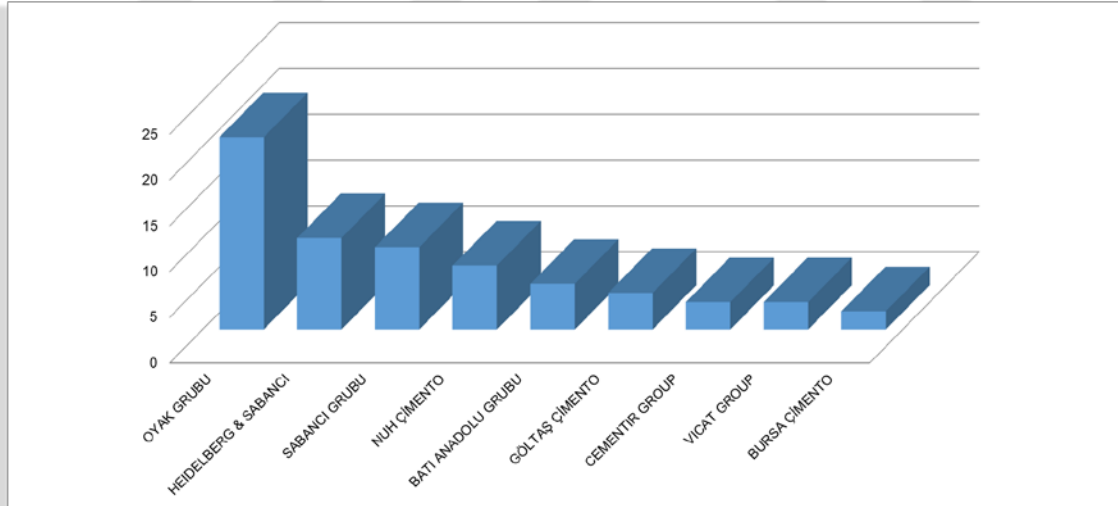
Şekil 3. 5. Toplam İş Tecrübesi Dağılımı

Ankete yanıt verenlerin görev yaptıkları fabrikalara göre dağılımı Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3. 6. Görev Yaptıkları Fabrikalara Göre Katılımcı Sayıları

Yine benzer bir karşılaştırma da ankete yanıt verenlerin görev yaptıkları holding/grup bazında dağılımına ilişkin yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3. 7. Görev Yaptıkları Holding/Grup Bazında Katılımcı Sayıları

Sonuçta, yapılan çalışmanın bazı demografik özellikler bazında simetriğe yakın bir dağılım göstermekle beraber, bazı demografik özelliklerde baskınlığın söz konusu olduğu söylenebilir. Örneğin doktora eğitim seviyesinde veya 1 yıldan az iş tecrübesine sahip katılımcının temsil edilmemesi bu bağlamda olumsuz gibi görünebilir. Ancak, sektör genelinde

herhangi bir demografik özelliğin ne kadar temsil edildiği bilinmediğinden, anket sonucu elde edilen verilen temsil yeteneği konusunda bir yorum yapmak mümkün görünmemektedir.

Genel olarak bakıldığında, her bir demografik özellik için birden fazla grubun temsil ediliyor olması çalışma için yeterli görülmüştür.

3.2.3. Uygulama Yapılan Firma (Çimsa) Hakkında Bilgiler

Uygulama için Mersin’de üretim tesisi bulunan Çimsa firması ile çalışma yapılmıştır. Proje ekibi Mersin fabrikasında olsa da, merkezi yapı sebebi ile bazı konularda genel merkez (İstanbul) ve diğer fabrikalardan destek alınmıştır.

Bir Sabancı Holding iştiraki olarak 1972 yılında Mersin’de kurulan Çimsa zaman içerisinde yaptığı yatırımlarla Niğde, Afyonkarahisar, Eskişehir ve Kayseri olmak üzere beş entegre fabrika ve Houston (ABD) ve Ankara’da bulunan iki öğütme tesisiyle faaliyetlerini sürdürmektedir.

Bununla beraber Almanya, İtalya, İspanya, KKTC, Romanya ve Rusya’da terminalleri bulunmaktadır ve beyaz çimento üretiminde dünyadaki ilk iki markadan biri olma özelliğini taşımaktadır.

Firma, gri çimento ile beraber, beyaz çimento ve kalsiyum alüminat çimentosu gibi özel ürünler de üretmektedir. Genel olarak ürün gamında gri çimento, beyaz çimento, kalsiyum alüminat çimentosu, özel ürünler ve hazır beton bulunmaktadır. Firmanın üretim tesisleri ve tesis kapasiteleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.

ESKİŞEHİR FABRİKA

Gri çimento	1,2 milyon ton/yıl
Beyaz klinker	450 bin ton/yıl
Kuruluş yılı	1957
Faaliyete geçtiği yıl	2005

AFYON FABRİKA

Gri çimento	1.865.000 ton/yıl
Kuruluş yılı	1957
Faaliyete geçtiği yıl	2012

KAYSERİ FABRİKA

Gri çimento	1.098.000 ton/yıl
Kuruluş yılı	1992
Faaliyete geçtiği yıl	1995

MERSİN FABRİKA

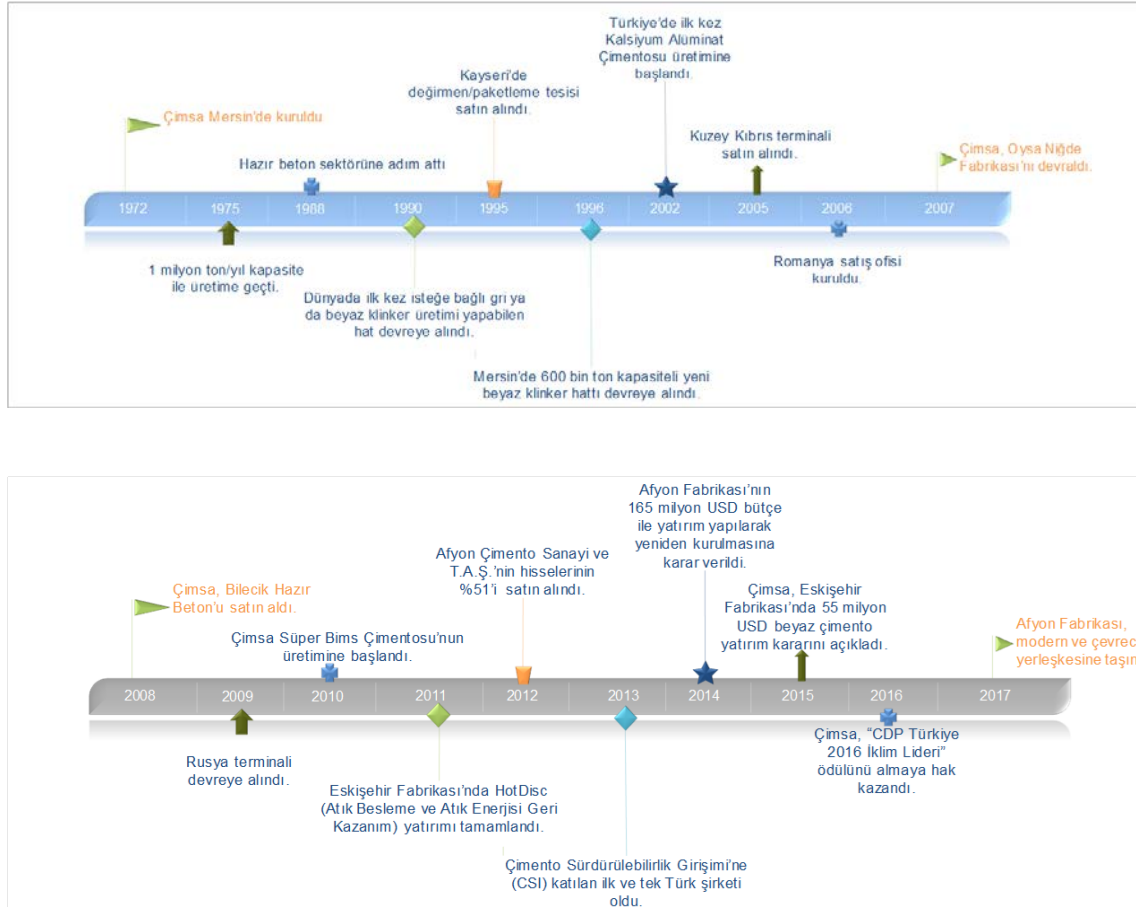
Gri çimento	1,25 milyon ton/yıl
Beyaz klinker	1,22 milyon ton/yıl
Kalsiyum alüminat çimentosu	45 bin ton/yıl
Kuruluş yılı	1975
Faaliyete geçtiği yıl	1975

NİĞDE FABRİKA

Gri çimento	817,6 bin ton/yıl
Kuruluş yılı	1957
Faaliyete geçtiği yıl	2007

Şekil 3. 8. Çimsa Fabrikaları ve Üretim Kapasiteleri (Çimsa, 2018)

Tesisin kurulduğu günden bu zamana yaşadığı değişim aşağıdaki zaman akış şemasında verilmiştir.



Şekil 3. 9. Çimsa Firmasının Kuruluşundan İtibaren Yaşadığı Önemli Değişimler (Çimsa, 2018)

3.2.4. Güvenilirlik Testi

Anketin birinci bölümü tez çalışması kapsamında hazırlandığından güvenilirlik testinin yapılması gerekmiştir. Anketin ikinci bölümü yukarıda bahsi geçen rapordan alınmış olsa da, raporda güvenilirlik testi sonuçlarına ulaşılamadığından bu bölümün güvenilirlik testi de yapılmıştır.

Anket sonucu elde edilen veriler IBM SPSS Statistics programı ile analiz edilmiştir. Anketin bölümleri arasındaki ölçek farklarından dolayı iki bölüm ayrı ayrı güvenilirlik testine tabi tutulmuştur. Birinci bölümün güvenilirlik testi sonuçları Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Birinci Bölümün Güvenilirlik Testi Sonuçları

Case Processing Summary				Reliability Statistics	
		N	%	Cronbach's Alpha	N of Items
Cases	Valid	64	100,0	0,774	37
	Excluded	0	0,0		
	Total	64	100,0		

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Bir çalışmanın güvenilir olması için genellikle Cronbach's Alpha değerinin 0,7'den büyük olması beklenir (Yaşlıoğlu, 2017: 78). Sonuçta, Cronbach's Alpha değeri 0,7'den büyük olduğundan (0,774) birinci bölümün güvenilir olduğu yorumu yapılmıştır. İkinci bölümün güvenilirlik testi sonuçları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. İkinci Bölümün Güvenilirlik Testi Sonuçları

Case Processing Summary				Reliability Statistics	
		N	%	Cronbach's Alpha	N of Items
Cases	Valid	64	100,0	0,926	37
	Excluded	0	0,0		
	Total	64	100,0		

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Sonuçta, Cronbach's Alpha değeri 0,7'den büyük olduğundan (0,926) ikinci bölümün güvenilir olduğu yorumu yapılmıştır.

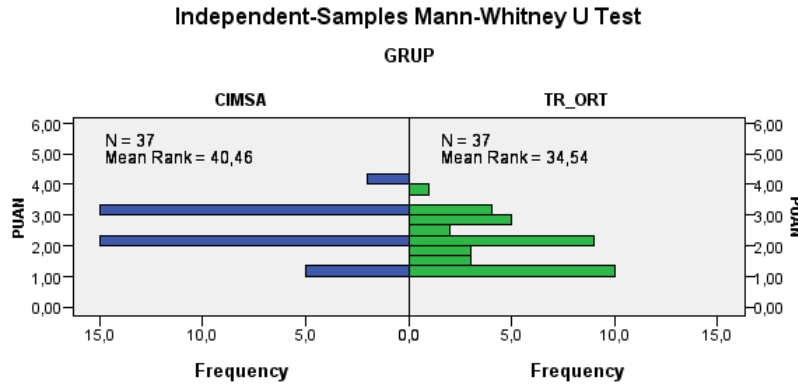
3.2.5. Verilen Cevaplara Göre Çimsa ve Türkiye Ortalamasının İstatistiksel Analizi

Anketin ikinci bölümüne verilen cevaplara göre, Türkiye ortalaması ile Çimsa firmasının cevapları arasındaki farklılıkların istatistiki olarak anlamlı olup olmadığını anlayabilmek için yine IBM SPSS Statistics programı ile analiz gerçekleştirilmiştir. Analizde iki farklı grubun (Çimsa ve Türkiye ortalaması) verileri kullanılarak Mann-Whitney U Testi gerçekleştirilmiştir. Test için Mann-Whitney U tercih edilmesinin sebebi, verilerin normal dağılıma uymamasıdır. Test sonuçları Tablo 3.3.'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Çimsa ve Türkiye Ortalamasının İstatistiksel Analiz Sonuçları

Hypothesis Test Summary			
Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1 The distribution of PUAN is the same across categories of GRUP.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,232	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.



Mann Whitney U testi sonuçlarına göre p değeri 0,232 olarak bulunmuş ve %5 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi kabul edilerek Çimsa ve Türkiye ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

3.2.6. Örneklem Hacminin Genel Değerlendirmesi

Çalışma yapılırken, çalışmanın maksimum güvenilirlikte olması amacı ile ulaşılabilecek tüm sektör uzmanlarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Aynı amaçla ulaşılan sektör uzmanlarından maksimum anket geri dönüşü alınmaya çalışılmıştır. Buna karşın ankete geri dönüşler kısıtlı kalmış, örneklem hacmi 64 olarak gerçekleşmiştir. 64 dönüş tam olarak yanıtlanmış anketlerin sayısı olup, tam olarak yanıtlanmamış anketlerin sayısı 9'dur. Analize esas kabul edilen anket sayısı tam olarak doldurulmuş olan 64 ankettir.

Örneklem hacmi değerlendirilirken güven seviyesi %95 alınırken, anket geri dönüşlerinin sayısının görece düşük olması sebebi ile hata payı %10 alınmıştır. Cochran'ın örnek büyüklüğü formülü kullanılarak yapılan hesaplama aşağıda verilmiştir.

$$n_0 = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{e^2} \quad (1)$$

formülünde;

“e” hata payı,

“p” söz konusu özelliğe sahip (tahmini) oran,

“q” (1-p) değeri,

“z” güven seviyesinin Z-Skor tablosundaki karşılığı olacak şekilde hesaplama yapılmıştır.

$$n_0 = \frac{1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,1^2}$$

işlemi sonucunda gerekli örneklem hacmi $n_0 \cong 96$ olarak bulunmuştur. Bu değer, ana kütle hacminin sınırı belirtilmemiş değerdir. Bu değeri çalışmanın ana kütlelerine uyarlamak için sonlu popülasyon düzeltme formülü kullanılmıştır (Israel, 2003: 3).

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}} \quad (2)$$

Formülde N çalışmanın ana kütleleri (268) olmak üzere, istenen güven seviyesi ve hata payı düzeyi için gerekli örneklem sayısı n;

$$n = \frac{96}{1 + \frac{(96 - 1)}{268}}$$

işleminin sonucunda gerekli örneklem sayısı $n \cong 71$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen tam örneklem sayısı bu sayıya yakın olduğundan %95 güven seviyesi ve %10 hata payı ile bu çalışmanın analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.3. Sınırlılıklar

Bu araştırmada konu, Türkiye’de faaliyet gösteren çimento üretim tesislerinin dijital olgunluklarını ölçmek, bir tesis ile bu sonuçları kıyaslamak ve şirketin gelişimi için gereklilikleri belirlemek olarak sınırlandırılmıştır. Bunun dışında;

- Araştırma Borsa İstanbul’a kote olan çimento üretim şirketleri ile sınırlandırılmıştır.
- Elde edilen veriler, geliştirilen anket formundaki sorularla sınırlandırılmıştır.

Belirlenen sınırlar içerisinde kalan, Borsa İstanbul’a kote olan çimento üretim şirketleri; Adana Çimento, Afyon Çimento, Akçansa, Aslan Çimento, Baştaş Başkent Çimento, Bolu Çimento, Batı Söke Çimento, Batıçim, Bursa Çimento, Çimsa Çimento, Çimentaş İzmir, Göltaş Çimento, Konya Çimento, Mardin Çimento, Nuh Çimento ve Ünye Çimento’dur.

4. ANALİZ VE BULGULAR

4.1. Analizlere İlişkin Bulgular

Geri dönüşlerde çok dikkat çeken bir husus; 1. bölümde verilen boyutların önem durumuna göre 0 ile 100 arasında puanlandırılmasının istenmesine rağmen, istisnasız tüm sektör uzmanlarının 5'in katları olarak puanlandırma yapmaları olmuştur. Yapılan geri dönüşlerde verilerin değerlendirilmesi, aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır.

Birden fazla değerlendirme kriteri söz konusu olduğunda bu kriterlerden elde edilen değerleri tek bir değere indirgemek ve/veya ağırlıklandırmak için kullanılan en yaygın ve doğru yol faktör analizidir. Faktör analizi, birbiriyle ilişki içerisinde olan çok sayıda değişkeni bir araya getirerek az sayıda kavramsal olarak anlamlı yeni değişkenler (faktörler, boyutlar) bulmayı amaçlayan çok değişkenli bir istatistiksel yöntem olarak tanımlanabilir (Yaşlıoğlu, 2017: 78).

Bu çalışmada, yapılan anket sonucunda elde edilen veriler kullanılarak keşfedici faktör analizi yapılmıştır. SPSS paket programı ile yapılan faktör analizi sonucu Şekil 4.1.'de verilmiştir.

KMO and Bartlett's Test						
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.				,620		
Bartlett's Test of Sphericity				2533,412		
Approx. Chi-Square						
df				666		
Sig.				,000		

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9,946	26,880	26,880	9,946	26,880	26,880
2	4,263	11,521	38,401			
3	3,278	8,858	47,260			
4	2,508	6,777	54,037			
5	2,221	6,004	60,040			
6	2,090	5,650	65,690			
7	1,765	4,771	70,461			
8	1,519	4,104	74,565			
9	1,326	3,583	78,148			
10	1,203	3,253	81,401			
11	,959	2,591	83,992			
12	,910	2,460	86,452			

Şekil 4.1. Faktör Analizinin Temel Sonuçları

Yukarıdaki sonuçlardan görülebileceği üzere, faktör analizi uygulandığında verilerdeki varyansın yaklaşık %73'ü kaybedilmektedir. Bu sebeple çalışmada boyutlar ağırlıklandırılırken faktör skorları yerine anket sonuçlarının ağırlıklı ortalamaları kullanılmıştır.

4.1.1. Boyutların Ağırlıklarının Belirlenmesi

Analizin birinci adımında uzmanların verdiği puanların aritmetik ortalaması;

$$\bar{p}(q) = \frac{\sum_{i=1}^n p_i(q)}{n} \quad (1)$$

genel formülünden hareketle,

$$\bar{p}(q) = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_{64}}{64}$$

özel formülü ile hesaplanmıştır. Formülde;

$\bar{p}(q)$ = q. boyutun ortalama ağırlığı

$p_i(q)$ = i. katılımcının q. boyuta verdiği ağırlık

n = Katılımcı sayısı

olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır.

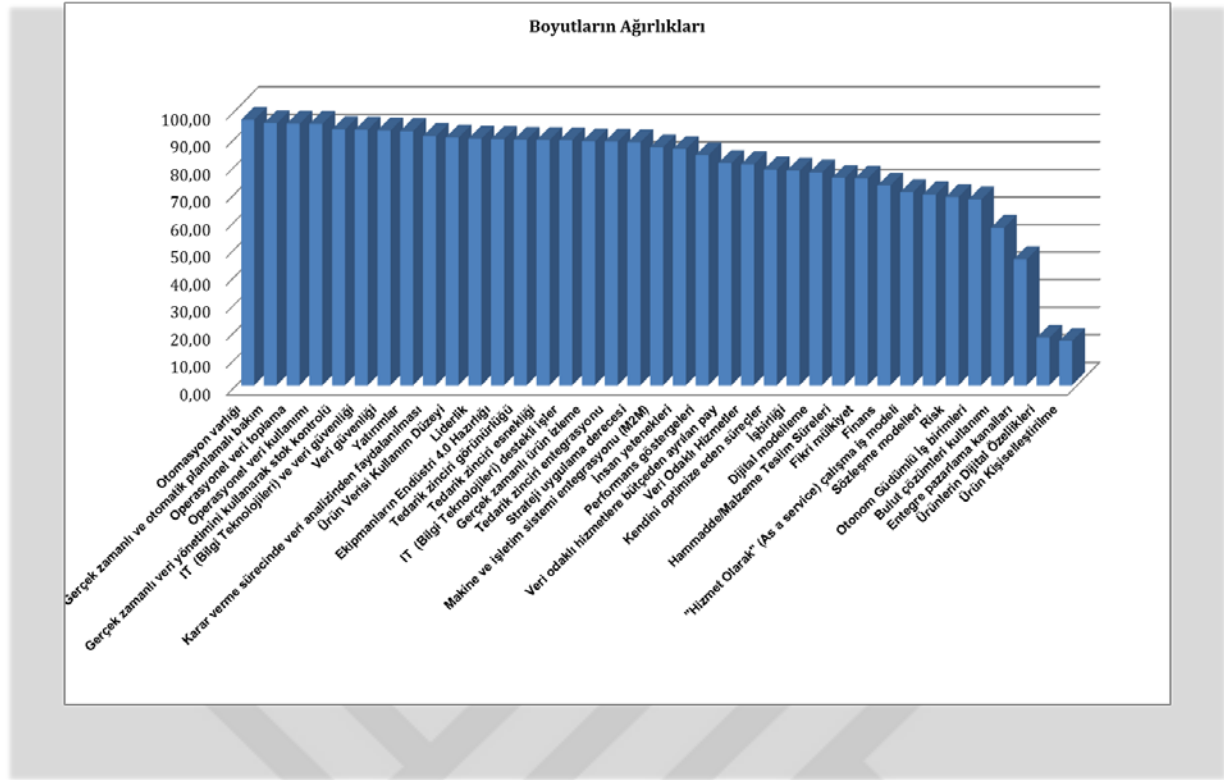
Sonuçta Türkiye’de faaliyet gösteren ve Borsa İstanbul’da işlem gören çimento üretim şirketlerinde görev yapan sektör uzmanlarına göre, dijital olgunluk boyutlarının ağırlıkları (önem derecesi) Tablo 4.1.’de verilen şekilde gerçekleşmiştir.

Tablo 4. 1. Dijital Olgunluk Boyutlarının Ağırlıkları (Önem Derecesi)

No	Boyut	Hesaplanan Ağırlık $p'(q)$
1.	Ürün Kişiselleştirilme	16,02
2.	Ürünlerin Dijital Özellikleri	17,25
3.	Veri Odaklı Hizmetler	80,19
4.	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	89,84
5.	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	80,55
6.	Otomasyon varlığı	96,25
7.	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	86,33
8.	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	89,30
9.	Otonom Güdümlü İş birimleri	67,34
10.	Kendini optimize eden süreçler	78,20
11.	Dijital modelleme	77,19
12.	Operasyonel veri toplama	94,84
13.	Operasyonel veri kullanımı	94,77
14.	Bulut çözümleri kullanımı	57,11

15.	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	92,66
16.	Strateji uygulama derecesi	88,13
17.	Performans göstergeleri	83,44
18.	Yatırımlar	92,19
19.	İnsan yetenekleri	85,63
20.	İşbirliği	77,81
21.	Liderlik	89,45
22.	Finans	72,42
23.	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	92,81
24.	Tedarik zinciri entegrasyonu	88,36
25.	Tedarik zinciri görünürlüğü	89,06
26.	Tedarik zinciri esnekliği	88,98
27.	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	75,23
28.	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli	70,00
29.	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	90,39
30.	Gerçek zamanlı ürün izleme	88,44
31.	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	95,00
32.	Entegre pazarlama kanalları	45,70
33.	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	88,91
34.	Sözleşme modelleri	69,22
35.	Risk	68,28
36.	Veri güvenliği	92,42
37.	Fikri mülkiyet	74,92

Buradan hareketle boyutların ağırlıklarına göre sıralanmış grafik gösterimi aşağıda verilmiştir. Otomasyon varlığı 96,25 ile en yüksek ağırlığa sahip boyut olarak belirlenirken, 16,02 puan ortalaması ile ürün kişiselleştirilme en düşük ağırlığa sahip boyut olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 2. Dijital Olgunluk Ağırlıklarının Sıralaması

4.1.2. Sektörel Dijital Olgunluk Seviyesinin Belirlenmesi

Anketin ikinci bölümünde uzmanlardan, tesislerinin hangi olgunluk seviyesinde olduğunu belirtmeleri istendiği daha önce belirtilmişti.

Analizin ikinci adımında uzmanların verdiği dört kademeli olgunluk düzeyi baz alınarak, en alt seviye 1, en üst seviye 4 olacak şekilde değerlendirilmiş, yine daha önce verilen formül aracılığıyla puanların aritmetik ortalaması hesaplanmıştır.

$$\bar{s}(q) = \frac{\sum_{i=1}^n s_i(q)}{n} \quad (2)$$

genel formülünden hareketle,

$$\bar{s}(q) = \frac{s_1+s_2+s_3+\dots+s_{64}}{64}$$

Formülde;

$\bar{s}(q)$ = q. boyutun ortalama olgunluk puanı

$s_i(q)$ = i. katılımcının q. boyut için verdiği olgunluk puanı

n = Katılımcı sayısı

olmak üzere hesaplamalar yapılmıştır.

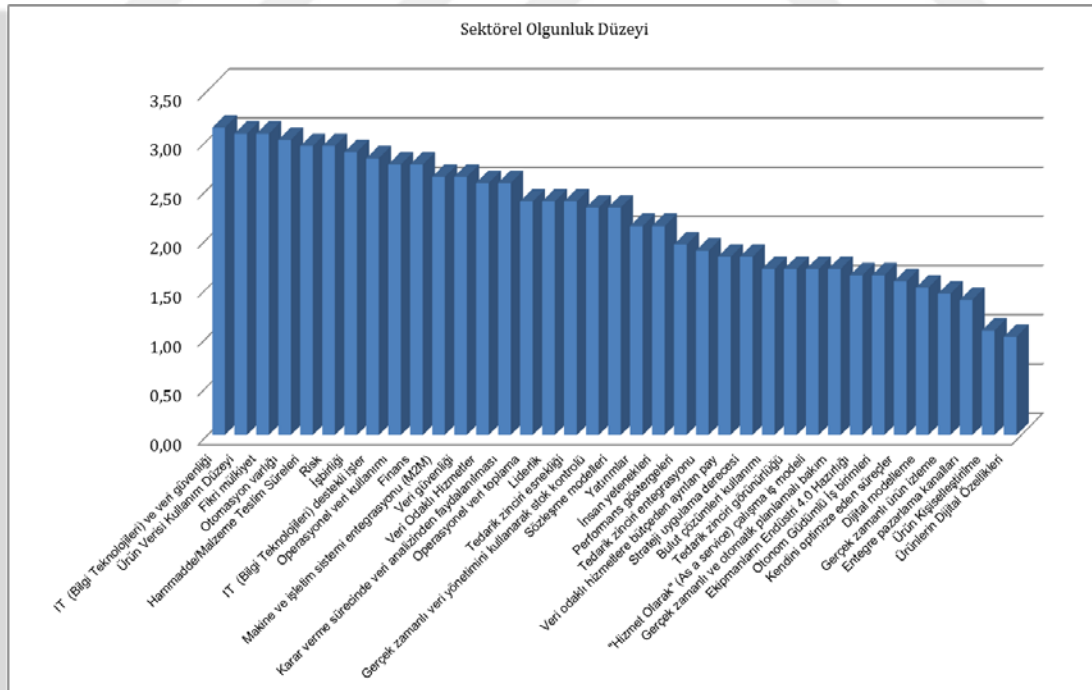
Sonuçta, Türkiye’de faaliyet gösteren ve Borsa İstanbul’da işlem gören çimento üretim şirketlerinde görev yapan sektör uzmanlarına göre, Türkiye’de çimento sektörünün dijital olgunluk düzeyi, belirlenen boyutlar özelinde Tablo 4.2.’de verildiği şekilde gerçekleşmiştir.

Tablo 4. 2. Sektörel Dijital Olgunluk Seviyeleri

No	Boyut	Sektörel Dijital Olgunluk Seviyesi $s'(q)$
1.	Ürün Kişiselleştirilme	1,06
2.	Ürünlerin Dijital Özellikleri	1,00
3.	Veri Odaklı Hizmetler	2,56
4.	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	3,06
5.	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	1,81
6.	Otomasyon varlığı	3,00
7.	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	2,63
8.	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	1,63
9.	Otonom Güdümlü İş birimleri	1,63
10.	Kendini optimize eden süreçler	1,56
11.	Dijital modelleme	1,50
12.	Operasyonel veri toplama	2,38
13.	Operasyonel veri kullanımı	2,75
14.	Bulut çözümleri kullanımı	1,69
15.	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	3,13
16.	Strateji uygulama derecesi	1,81
17.	Performans göstergeleri	1,94
18.	Yatırımlar	2,13
19.	İnsan yetenekleri	2,13
20.	İşbirliği	2,88
21.	Liderlik	2,38
22.	Finans	2,75
23.	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	2,31
24.	Tedarik zinciri entegrasyonu	1,88
25.	Tedarik zinciri görünürlüğü	1,69
26.	Tedarik zinciri esnekliği	2,38
27.	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	2,94
28.	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli	1,69
29.	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	2,56
30.	Gerçek zamanlı ürün izleme	1,44

31.	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	1,69
32.	Entegre pazarlama kanalları	1,38
33.	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	2,81
34.	Sözleşme modelleri	2,31
35.	Risk	2,94
36.	Veri güvenliği	2,63
37.	Fikri mülkiyet	3,06

Bu verilerden hareketle boyutların sektörel olgunluk seviyesine göre sıralanmış grafik gösterimi aşağıda verilmiştir. Sektörün en yüksek olgunluk seviyesine sahip olduğu boyut 3,13 puan ile “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği” olarak belirlenirken, 1,00 puan ortalaması ile “Ürünlerin Dijital Özellikleri” en düşük olgunluk seviyesine sahip boyut olarak belirlenmiştir. Maksimum 4, minimum 1 puan olabilen bu değerlerden 3,13 puan ile en yüksek puana sahip olan “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği” boyutu, şirketlere ilişkin bilgi teknolojileri bileşenlerinin ve verilerin olası siber saldırılara karşı yüksek seviyede koruma altında olduğunu belirtmektedir. En düşük puana sahip olan “Ürünlerin Dijital Özellikleri” boyutu ise, tesislerde üretilen ürünlerin çok az sayıda dijital özelliğe sahip olduğu veya dijital özelliklerinin olmadığını belirtmektedir.



Şekil 4. 3. Sektörel Dijital Olgunluk Seviyelerinin Sıralaması

4.1.3. CIMM 4.0 Endeksinin Belirlenmesi

Daha önce belirtildiği üzere bu çalışmanın amacı, Türkiye’de faaliyet gösteren ve pay senetleri Borsa İstanbul’a kote olan çimento üreticilerinden alınan uzman görüşleri sonucu elde edilen boyutların ağırlıklarının belirlenmesi, bu ağırlıklara göre olgunluk seviyelerinin ağırlıklandırılması idi. Boyutlara ilişkin olgunluk seviyelerinin, boyut ağırlıkları ile ağırlıklandırılması sonucunda elde edilen endekse İngilizce çimento sektörü olgunluk modeli anlamına gelen “Cement Industry Maturity Model” kelimelerinin baş harfleri ve 4. Sanayi devrimini temsilen 4.0 rakamının bir araya getirilmesi ile elde edilen CIMM 4.0 endeksi adı verilmiştir.

Bu bağlamda normalizasyon katsayısı ($\bar{p}$);

$$\bar{p} = \frac{\sum_{q=1}^{37} \bar{p}(q)}{37} \quad (3)$$

formülü ile hesaplama yapılmıştır. Formülde;

$\bar{p}$ = Normalizasyon katsayısı

$\bar{p}(q)$ = q. boyutun ortalama ağırlığı

olmak üzere;

$$\bar{p} = \frac{2924,63}{37}$$

normalizasyon katsayısı $\bar{p} = 79,04$ bulunmuştur. Buna göre boyut bazında CIMM 4.0 endeksinin matematiksel karşılığı;

$$CIMM\ 4.0\ (q) = \frac{\bar{p}(q) \cdot \bar{s}(q)}{\bar{p}} \quad (4)$$

şeklinde belirlenmiştir. Formülde;

$CIMM\ 4.0\ (q)$ = q. boyutun CIMM 4.0 endeksi

$\bar{p}(q)$ = q. boyutun ortalama ağırlığı

$\bar{s}(q)$ = q. boyutun ortalama olgunluk puanı

$\bar{p}$ = Normalizasyon katsayısı

olmak üzere hesaplamalar yapılmıştır.

Ürün kişiselleştirme için yapılan örnek hesap;

$$CIMM\ 4.0\ (1) = \frac{1,06 \cdot 16,02}{79,04}$$

$$C\text{IMM } 4.0 (1) \cong 0,22$$

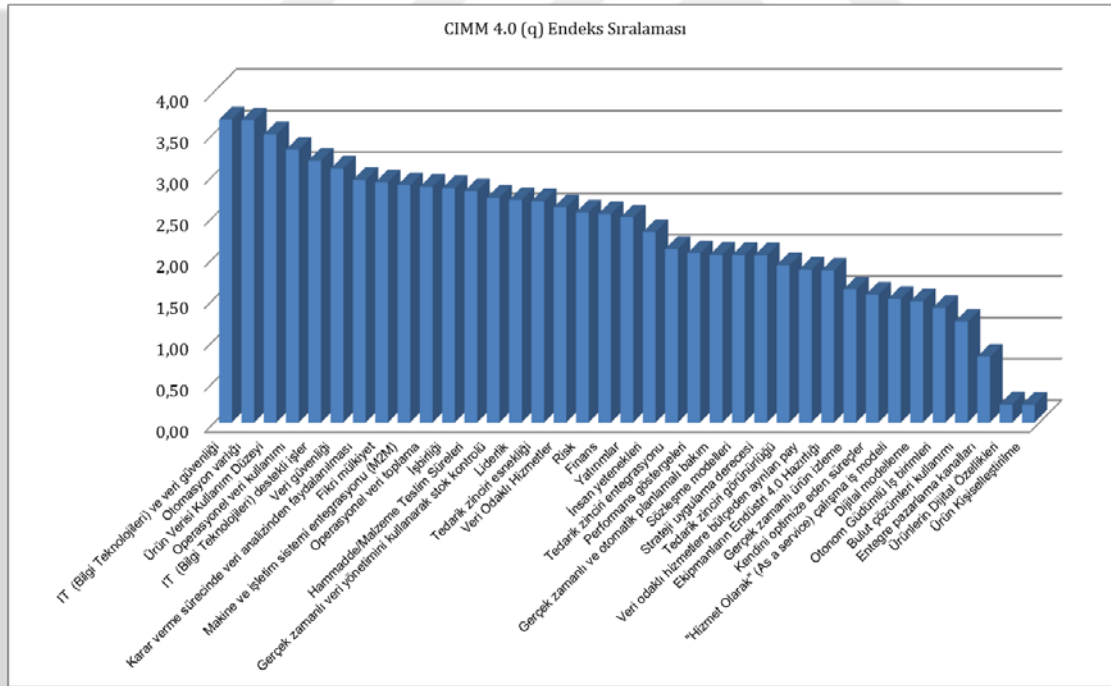
Daha önce belirlenmiş olan ağırlıklar ve sektörün ortalama olgunluk düzeyi verileri formüle uygulandığında boyut bazında CİMM 4.0 endeksi aşağıdaki Tablo 4.3.'te verilen şekilde bulunmuştur.

Tablo 4. 3. Boyut Bazında Sektörel CİMM 4.0 Endeksi

No	Boyut	Sektörel Dijital Olgunluk Seviyesi s'(q)	Hesaplanan Ağırlık p'(q)	CİMM 4.0 (q) (Boyut Bazlı Endeks)
1.	Ürün Kişiselleştirilme	1,06	16,02	0,22
2.	Ürünlerin Dijital Özellikleri	1,00	17,25	0,22
3.	Veri Odaklı Hizmetler	2,56	80,19	2,60
4.	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	3,06	89,84	3,48
5.	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	1,81	80,55	1,85
6.	Otomasyon varlığı	3,00	96,25	3,65
7.	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	2,63	86,33	2,87
8.	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	1,63	89,30	1,84
9.	Otonom Güdümlü İş birimleri	1,63	67,34	1,38
10.	Kendini optimize eden süreçler	1,56	78,20	1,55
11.	Dijital modelleme	1,50	77,19	1,46
12.	Operasyonel veri toplama	2,38	94,84	2,85
13.	Operasyonel veri kullanımı	2,75	94,77	3,30
14.	Bulut çözümleri kullanımı	1,69	57,11	1,22
15.	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	3,13	92,66	3,66
16.	Strateji uygulama derecesi	1,81	88,13	2,02
17.	Performans göstergeleri	1,94	83,44	2,05
18.	Yatırımlar	2,13	92,19	2,48
19.	İnsan yetenekleri	2,13	85,63	2,30
20.	İşbirliği	2,88	77,81	2,83
21.	Liderlik	2,38	89,45	2,69
22.	Finans	2,75	72,42	2,52
23.	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	2,31	92,81	2,72
24.	Tedarik zinciri entegrasyonu	1,88	88,36	2,10
25.	Tedarik zinciri görünürlüğü	1,69	89,06	1,90
26.	Tedarik zinciri esnekliği	2,38	88,98	2,67
27.	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	2,94	75,23	2,80
28.	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş	1,69	70,00	1,49

	modeli			
29.	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	2,56	90,39	2,93
30.	Gerçek zamanlı ürün izleme	1,44	88,44	1,61
31.	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	1,69	95,00	2,03
32.	Entegre pazarlama kanalları	1,38	45,70	0,80
33.	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	2,81	88,91	3,16
34.	Sözleşme modelleri	2,31	69,22	2,03
35.	Risk	2,94	68,28	2,54
36.	Veri güvenliği	2,63	92,42	3,07
37.	Fikri mülkiyet	3,06	74,92	2,90

Tablodaki verilerden hareketle boyut bazında ağırlıklandırılmış CİMM 4.0 (q) değerlerinin sıralanmış grafik gösterimi aşağıda verilmiştir. Sektörün en yüksek CİMM 4.0 (q) endeksine sahip olduğu boyut 3,66 puan ile “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği” olarak belirlenirken, 0,22 puan ortalaması ile “Ürün Kişiselleştirilme” ve “Ürünlerin Dijital Özellikleri” en düşük endekse sahip boyutlar olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 4. Boyut Bazında CİMM 4.0 (q) Değerlerinin Sıralaması

Boyut bazında belirlenen CİMM 4.0 (q) endeksleri kullanılarak, sektörün genel olgunluk düzeyini bulmak için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$CIMM\ 4.0 = \frac{\sum_{q=1}^{37} CIMM\ 4.0\ (q)}{37} \quad (5)$$

Formülde;

$CIMM\ 4.0$ = Dijital olgunluk endeksi

$CIMM\ 4.0\ (q)$ = q. boyutun $CIMM\ 4.0$ endeksi

olmak üzere her bir boyutun endeks değeri toplamı, boyut sayısına (37) bölünmüştür.

Bulunan değerler formülde yerine koyulduğunda;

$$CIMM\ 4.0 = \frac{83,76}{37} = 2,26$$

bulunmuştur. Bu hesaplamalar sonucunda, Türkiye’de çimento üretimi alanında faaliyet gösteren şirketlerin ortalama $CIMM\ 4.0$ dijital olgunluk endeksi 2,26 olarak belirlenmiştir. Normalize edilmiş durumda $CIMM\ 4.0$ dijital olgunluk endeksinin alabileceği maksimum değer 4, minimum değer 1’dir.

Örneğin, tüm olgunluk boyutlarında 1. seviyede olan bir firma için tekil endeks değerlerinin toplamının, boyut sayısına (37) bölünmesi işlemi tekrarlandığında;

$$CIMM\ 4.0 = \frac{\sum_{q=1}^{37} CIMM\ 4.0\ (q)}{37} \quad (5)$$

$$CIMM\ 4.0 = \frac{37}{37}$$

işlemi sonucunda endeks değeri 1 olarak bulunacaktır. Yine tüm olgunluk boyutlarında 4. seviyede olan bir firma için yukarıda yapılan hesaplama tekrarlandığında;

$$CIMM\ 4.0 = \frac{\sum_{q=1}^{37} CIMM\ 4.0\ (q)}{37} \quad (5)$$

$$CIMM\ 4.0 = \frac{148}{37}$$

işlemi sonucunda endeks değeri 4 olarak bulunacaktır.

4.2. Çimsa Uygulaması

Yapılan anket çalışması ve sonrasında hesaplanan ağırlıklar ve olgunluk seviyesi çalışmasının sonuçları dördüncü bölümde bilgileri verilen firma ile bu bölümde kıyaslanmıştır. Burada puanlama yapılırken odak grup sistematigi kullanılmıştır. Projenin Çimsa sorumlusu Dijital Teknolojiler Müdürü'nün yaptığı odak grup çalışmasına, Yurtiçi Satış Müdürü, Teknik Müdür, Tedarik Zinciri Müdürü, Finans Uzmanı, İnsan Kaynakları Bölüm Müdürü, Risk Yönetim Uzmanı pozisyonlarında görevli toplam 7 kişi destek vermiştir.

4.2.1. Çimsa'nın Mevcut Durumu ve CIMM 4.0 Endeksi

Bu bölümde tesisin mevcut durumu belirlenmiş ve puanlandırılmıştır. En düşük puan 1, en yüksek puan 4'tür. 1 en düşük olgunluk seviyesini (veya hiç olmadığını), 4 ise en yüksek olgunluk seviyesini ifade etmektedir. Yukarıda belirtilen çalışma grubu, ortak bir karar belirlemiş ve her boyut için tek bir puan belirlemiştir.

4.2.1.1. Çimsa'nın Mevcut Durumu

Çimsa şirketinin mevcut durumu için, proje sorumluları tarafından ilgili birimlerin görüşü alınmış ve tesisin tüm boyutlardaki mevcut olgunluk puanları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Ürün Kişiselleştirme (Puan: 2)

Çimsa'nın ülkelere göre farklı ürünler üretilbilme kabiliyeti mevcuttur. İncelik, dayanım ve beyazlık gibi bazı özellikler farklı speklere göre üretilbilmektedir. Bu ürünlerin siloları farklı olmakta, ayrı takip edilmektedir. Özellikle İsrail vb. özel tipte ürünler isteyen ülkelere uygun hizmet verilebilmektedir.

Ürünlerin Dijital Özellikleri (Puan:1)

Çimsa'da bu konuda bazı girişim ve geliştirmeler mevcuttur. IOS ve Android tabanlı olarak tasarlanan ve ücretsiz indirilebilen mobil uygulama "Formülün Adı" ile iş ortaklarına dijital deneyim sunulması amaçlanmaktadır. Bu mobil uygulama ile süper beyaz, aluminates ürün gruplarına ilişkin broşürler, teknik dokümanlar, güvenlik veri sayfaları görüntülenebilmektedir. Müşteriler, ihtiyaçları doğrultusunda numune ürün talebinde

bulunabilmekte, bir sorunları olduğunda Çimsa Teknik Destek Ekibi ile doğrudan temasa geçebilmektedirler. Ayrıca, beyaz çimento ve özel ürünlerle ilgili tüm gelişmeleri anlık olarak takip edilebilmektedir.

Veri Odaklı Hizmetler (Puan:3)

Çimsa'da müşteri şikâyeti yönetim sistemi ve sipariş sistemi mevcuttur. Bu anlamda müşteri entegrasyonu sağlanabiliyorken, henüz bir müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) modülü olmaması sebebi ile entegrasyon seviyesi zaman zaman kısıtlı kalabilmektedir.

Ürün Verisi Kullanım Düzeyi (Puan:2)

Çimsa'da tedarik zincirinin hemen her noktasından farklı miktarlarda veriler toplanmaktadır. Örneğin üretimde proses içi veriler, stoklara ilişkin veriler, bakım/onarım verileri vb.. Muhtelif süreçlere ilişkin çok sayıda veri toplanıyor olmasına karşın, yalnızca gerekli durumlarda bu veriler kullanılmaktadır.

Veri Odaklı Hizmetlere Bütçeden Ayrılan Pay (Puan:2)

Çimsa, veri odaklı hizmetlere azımsanamayacak bir bütçe ayırmaktadır. Örneğin, 2019 yılı bütçesinden ayrılan pay 15 Milyon TL olarak gerçekleşmiştir.

Otomasyon Varlığı (Puan: 3)

Çimsa tesislerinde bir çok ekipman otomasyonla kontrol edilmektedir. Ancak halen manuel kontrollü sistemler mevcuttur.

Makine ve İşletim Sistemi Entegrasyonu (M2M) (Puan: 3)

Sipariş, sevkiyat sistemleri mevcuttur. Müşteri, önceden sistemin öngördüğü sevkiyat miktar ve niteliğine göre ihtiyacını karşılayabilmektedir. Optimizasyon sistemleri üzerine pilot çalışmalar mevcuttur. Halihazırda değirmenlerde optimizasyon projesi devam etmektedir.

Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı (Puan: 2)

Özellikle yeni temin edilen ekipmanlar Endüstri 4.0'a uygundur. Ancak hâlihazırda var olan ekipmanlar için kapsamlı revizyonlar gerekebilir.

Otonom Güdümlü İş birimleri (Puan: 2)

Çimsa da aktif olarak kullanılan otonom güdümlü bir iş birimi yoktur. Ancak devam eden pilot çalışmalar vardır.

Kendini Optimize Eden Süreçler (Puan: 2)

Powitec marka expert sistem bazı fabrika ve tesislerde kullanılmaktadır, ayrıca SabancıDx ile yürütülen pilot çalışmaların 2020 yılı için yaygınlaştırma planı mevcuttur.

Dijital Modelleme (Puan: 2)

Çimsa'da üretim planlama alanında s&op, IBM Cplex üzerine kurulmuş bir sistem mevcuttur. Veri analitiği çalışmaları kapsamında hedef olarak Dijital İkiz oluşturma projesi de ayrı bir konu başlığı olarak yer almaktadır.

Operasyonel Veri Toplama (Puan: 3)

Qualist sisteminde sensör verileri toplanmaktadır. SAP ERP'de yoğun operasyonel veriler mevcuttur. SAP BW yeni Hana teknolojisi ile yatırım yapılmıştır ve Data Warehouse olarak yer almaktadır.

Operasyonel Veri Kullanımı (Puan: 3)

Çimsa'da bazı veriler süreç kontrol ve optimizasyonunda kullanılmaktadır.

Bulut Çözümleri Kullanımı (Puan: 3)

Çimsa'da MS Azure bulut çözümü ve ayrıca SAP Analytics Cloud raporlama ürünü kullanılmaktadır. Ayrıca Microsoft Office 365 ürünü de şirket genelinde kullanılan bulut çözümleridir.

IT (Bilgi Teknolojileri) ve Veri Güvenliği (Puan: 3)

Şirkette firewall, anti virüs vb. yazılımlar mevcuttur. Otomasyon tarafında OT çözümleri uygulama projeleri mevcuttur.

Strateji Uygulama Derecesi (Puan: 3)

Sabancı Holding ve Çimsa yönetim seviyesinde Dijitalleşme önemli bir stratejik başlık olarak yer almaktadır.

Performans Göstergeleri (Puan: 1)

Dijital dönüşüm konusu performans hedeflerinde göz önünde bulundurulmuyor. KPI'lar Endüstri 4.0 odaklı değildir.

Yatırımlar (Puan: 2)

Çimsa'da kısmi Endüstri 4.0 yatırımları mevcuttur. Örneğin devam eden kendi kendini optimize eden değirmen projesine ciddi miktarda finansal ve entelektüel sermaye ayrılmıştır.

İnsan Yetenekleri (Puan: 2)

Bazı dijital yeteneklere sahip çalışanlar mevcuttur, ancak yaygın bir yetenek sistemi mevcut değildir.

İşbirliği (Puan: 2)

Birimler arasında sınırlı işbirliği mevcuttur.

Liderlik (Puan: 3)

Holdingin dijitalleşme vizyonu mevcuttur. Danışmanlık ve finansal destek sağlanmaktadır. Aşağıya yayılımda etkinlik değerlendirmesi gerekebilir.

Finans (Puan: 3)

Endüstri 4.0 yatırımlarının bir bölümünde yıllık maliyet/fayda analizi mevcuttur. Devam eden değirmen optimizasyonu projesi için detaylı analizler mevcuttur.

Gerçek Zamanlı Veri Yönetimini Kullanarak Stok Kontrolü (Puan: 2)

Üretilen ürünün doğası itibariyle stok ölçümleri çok kolay olmamakla beraber, dökme ürün için otomasyonda seviye gösteren lazer seviye cihazları mevcuttur. Paketli ürünler için geliştirilmesi gereken alanlar mevcuttur.

Tedarik Zinciri Entegrasyonu (Puan: 2)

Çimsa'da Pratis tedarikçi portalinden otomatik ihale ve SAP entegrasyonu ile müşteri sipariş portalı üzerinden sipariş entegrasyonu gibi iletişim veri paylaşımı mevcuttur.

Tedarik Zinciri Görünürlüğü (Puan: 1)

Tedarikçi ve müşterilerle entegrasyon mevcut değildir.

Tedarik Zinciri Esnekliği (Puan: 3)

Çimsa, büyük şirket yapısı sebebi ile pazardaki değişikliklere anında tepki veremese de, orta seviye sayılabilecek tepki karakteristiği mevcut. Bazı müşteriler için kısmen özelleşmiş çözümler sunulabiliyor.

Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri (Puan: 2)

Bazı malzeme gruplarında teslim sürelerini kısaltmak için tedarikçilerle özel anlaşmalar yapılmaktadır.

"Hizmet Olarak" (As a service) Çalışma İş Modeli (Puan: 1)

"As a service" modeli konusunda ciddi bir çalışma mevcut değildir. Firma, bu tarz işleri kendisi üstlenmektedir.

Karar Verme Sürecinde Veri Analizinden Faydalanılması (Puan: 3)

Birçok kararda veri analizinden faydalanılmaktadır.

Gerçek Zamanlı Ürün İzleme (Puan: 2)

Ürünler, iç dağıtım alanları boyunca ve üretim prosesi içerisinde büyük oranda takip edilebilmektedir.

Gerçek Zamanlı ve Otomatik Planlamalı Bakım (Puan: 2)

Veri analitiği kapsamında kestirimci bakım ve IOT projeleri yapılması planlanmaktadır.

Entegre Pazarlama Kanalları (Puan: 2)

Çevrimiçi ve çevrimdışı kanalların birbiri ile önemli bir entegrasyonu mevcut değildir. Kanallar kendi içinde entegrasyona sahiptir.

IT (Bilgi Teknolojileri) Destekli İşler (Puan: 3)

Süreçlerde IT desteği mevcut, ancak tam entegrasyon mevcut değildir. İhtiyaç durumunda IT, kısa sürede destek sağlayabilmektedir.

Sözleşme Modelleri (Puan: 3)

Büyük ve kurumsal yapı sebebi ile sözleşmeler çok esnek olamıyor ancak bazı büyük projelerde farklı sözleşme modelleri kullanılabiliyor.

Risk (Puan: 3)

Mevcut riskler değerlendiriliyor, yeni riskler tanımlanıyor ve büyük oranda risk düşürme planları mevcut.

Veri Güvenliği (Puan: 2)

Veri güvenliği kapsamında devam eden birden fazla proje bulunuyor. KVKK tam uyum, yetkilendirme ve siber güvenlik projeleri yapılıyor.

Fikri Mülkiyet (Puan: 3)

Ürün ve hizmetlerde fikri mülkiyet hakları tanımlanmış ve kısmen tescillerin gerekli olup olmadığı ve gerekli adımların atılıp atılmadığına ilişkin değerlendirmeler yapılıyor.

4.2.1.2.Çimsa'nın CİMM 4.0 Endeksi

Proje sorumluları ile birlikte belirlenen ve yukarıda verilen puanlar, daha önce belirlenmiş ve Tablo 4.1'de sunulmuş olan olan ağırlıklar kullanılarak ağırlıklandırılmıştır.

Her bir boyutun ağırlığı $p'(q)$, Çimsa'nın olgunluk puanı $s'(q)$ ve normalizasyon katsayısı $\bar{p}$ olmak üzere ağırlıklandırılmış boyut puanları;

$$CİMM\ 4.0\ (q) = \frac{p'(q) \cdot s'(q)}{\bar{p}} \quad (6)$$

formülü ile hesaplanmış ve Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4. 4. Firmanın Ağırlıklandırılmış Puan Tablosu

Boyut No	Boyutlar	Boyut Ağırlığı $p'(q)$	Çimsa'nın Olgunluk Puanı $s'(q)$	Çimsa'nın Boyut Bazlı Endeksi $CİMM\ 4.0\ (q)$
1.	Ürün Kişiselleştirilme	16,02	2	0,41
2.	Ürünlerin Dijital Özellikleri	17,25	1	0,22
3.	Veri Odaklı Hizmetler	80,19	3	3,04
4.	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	89,84	2	2,27
5.	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	80,55	2	2,04
6.	Otomasyon varlığı	96,25	3	3,65
7.	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	86,33	3	3,28
8.	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	89,30	2	2,26
9.	Otonom Güdümlü İş birimleri	67,34	2	1,70
10.	Kendini optimize eden süreçler	78,20	2	1,98
11.	Dijital modelleme	77,19	2	1,95
12.	Operasyonel veri toplama	94,84	3	3,60

13.	Operasyonel veri kullanımı	94,77	3	3,60
14.	Bulut çözümleri kullanımı	57,11	3	2,17
15.	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	92,66	3	3,52
16.	Strateji uygulama derecesi	88,13	3	3,35
17.	Performans göstergeleri	83,44	1	1,06
18.	Yatırımlar	92,19	2	2,33
19.	İnsan yetenekleri	85,63	2	2,17
20.	İşbirliği	77,81	2	1,97
21.	Liderlik	89,45	3	3,40
22.	Finans	72,42	3	2,75
23.	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	92,81	2	2,35
24.	Tedarik zinciri entegrasyonu	88,36	2	2,24
25.	Tedarik zinciri görünürlüğü	89,06	1	1,13
26.	Tedarik zinciri esnekliği	88,98	3	3,38
27.	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	75,23	2	1,90
28.	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli	70,00	1	0,89
29.	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	90,39	3	3,43
30.	Gerçek zamanlı ürün izleme	88,44	2	2,24
31.	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	95,00	2	2,40
32.	Entegre pazarlama kanalları	45,70	2	1,16
33.	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	88,91	3	3,37
34.	Sözleşme modelleri	69,22	3	2,63
35.	Risk	68,28	3	2,59
36.	Veri güvenliği	92,42	2	2,34
37.	Fikri mülkiyet	74,92	3	2,84

Bu verilerden hareketle formüle;

CIMM 4.0 (q) = Her bir boyuta ilişkin tekil endeks

CIMM 4.0 (t) = Çimsa'nın olgunluk puanı

olmak üzere her bir boyutun tekil endeks değeri toplamı, boyut sayısına (37) bölünmüştür.

$$CIMM\ 4.0\ (t) = \frac{\sum_{q=1}^{37} CIMM\ 4.0\ (q)}{37} \quad (7)$$

formülü aracılığı ile yapılan işleme sonucunda Çimsa'nın CIMM 4.0 olgunluk endeksi;

$$CIMM\ 4.0\ (t) = 2,37$$

Bu hesaplamalar sonucunda, Çimsa'nın CIMM 4.0 dijital olgunluk endeksi 2,37 olarak belirlenmiştir. Normalize edilmiş durumda CIMM 4.0 dijital olgunluk endeksinin alabileceği maksimum değer 4, minimum değer 1'dir.

4.2.2. Çimsa'nın Türkiye Geneli İle Karşılaştırılması

Genel CIMM 4.0 endeksi incelendiğinde, Çimsa firması 2,37 CIMM 4.0 endeks puanı ile 2,26 olan CIMM 4.0 Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.

Bu bölümde boyutsal anlamda Türkiye olgunluk puan ortalaması ile Çimsa firmasının boyutsal anlamda puanı karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tüm boyutların aynı grafikte gösterilmesinin ifade sıkıntısı yaratabileceği düşüncesi ile boyutlar orijinal çalışmadaki sistematığe uygun olarak gruplar halinde grafik olarak gösterilmiştir.

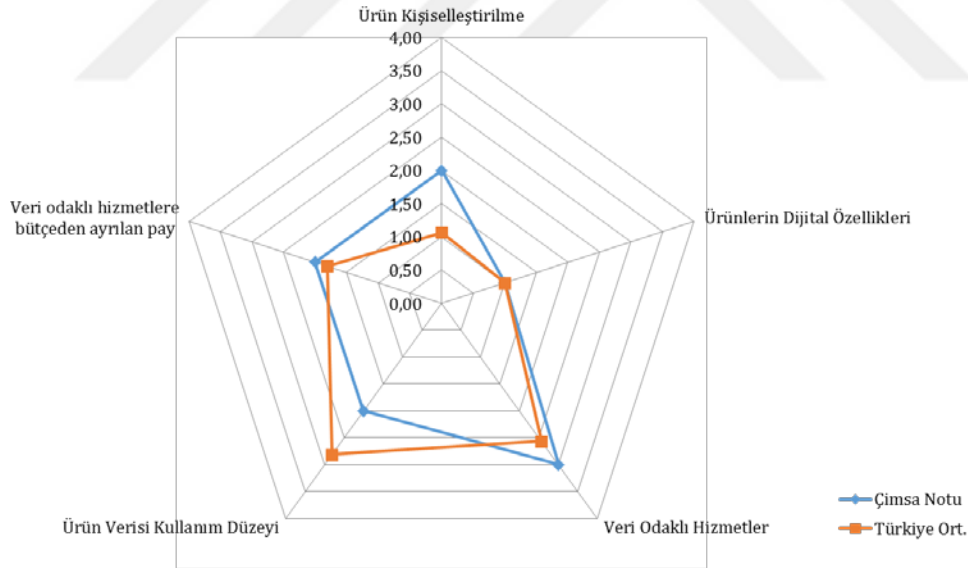
University Of Warwick çalışmasındaki gruplar hatırlatmak amacı ile Tablo 4.5.'de tekrar verilmiştir.

Tablo 4. 5. University Of Warwick Çalışmasındaki Ana ve Alt Boyutlar (Agca vd., 2017)

Ana Boyutlar	Alt Boyutlar
Ürünler ve Servisler	Ürün Kişiselleştirilme
	Ürünlerin Dijital Özellikleri
	Veri Odaklı Hizmetler
	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi
	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay
Üretim ve Operasyonlar	Otomasyon varlığı
	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)
	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı
	Otonom Güdümlü İş birimleri
	Kendini optimize eden süreçler
	Dijital modelleme
	Operasyonel veri toplama
	Operasyonel veri kullanımı
	Bulut çözümleri kullanımı
	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği
Strateji ve Organizasyon	Strateji uygulama derecesi
	Performans göstergeleri
	Yatırımlar
	İnsan yetenekleri
	İşbirliği

	Liderlik
	Finans
Tedarik Zinciri	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü
	Tedarik zinciri entegrasyonu
	Tedarik zinciri görünürlüğü
	Tedarik zinciri esnekliği
	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri
İş Modeli	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli
	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması
	Gerçek zamanlı ürün izleme
	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım
	Entegre pazarlama kanalları
	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler
Yasal Konular	Sözleşme modelleri
	Risk
	Veri güvenliği
	Fikri mülkiyet

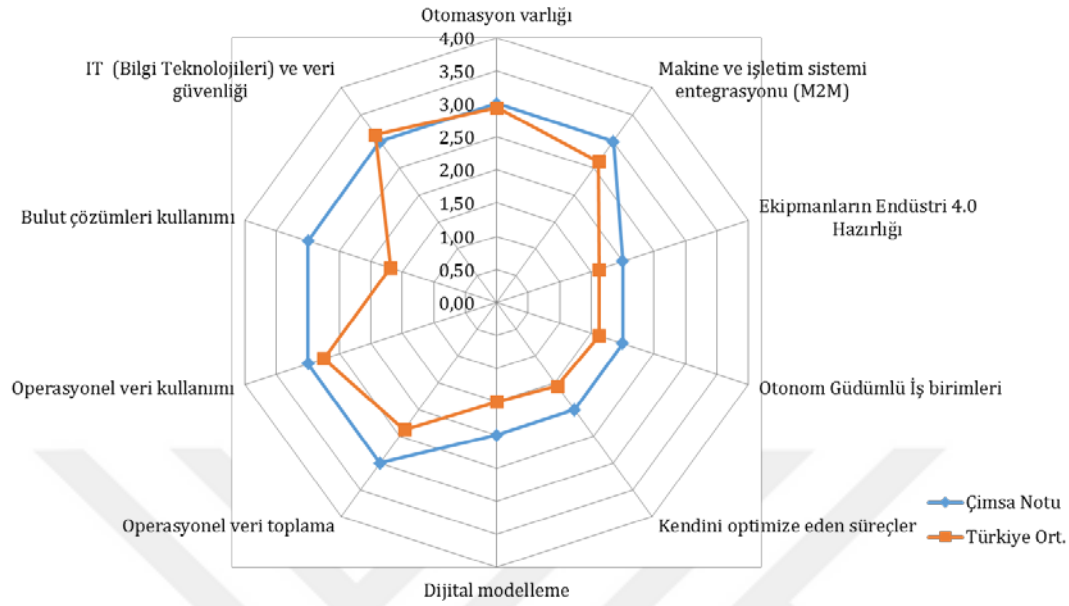
Bu grupta sistematığına göre hazırlanmış karşılaştırma grafikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4. 5. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Ürünler ve Servisler)

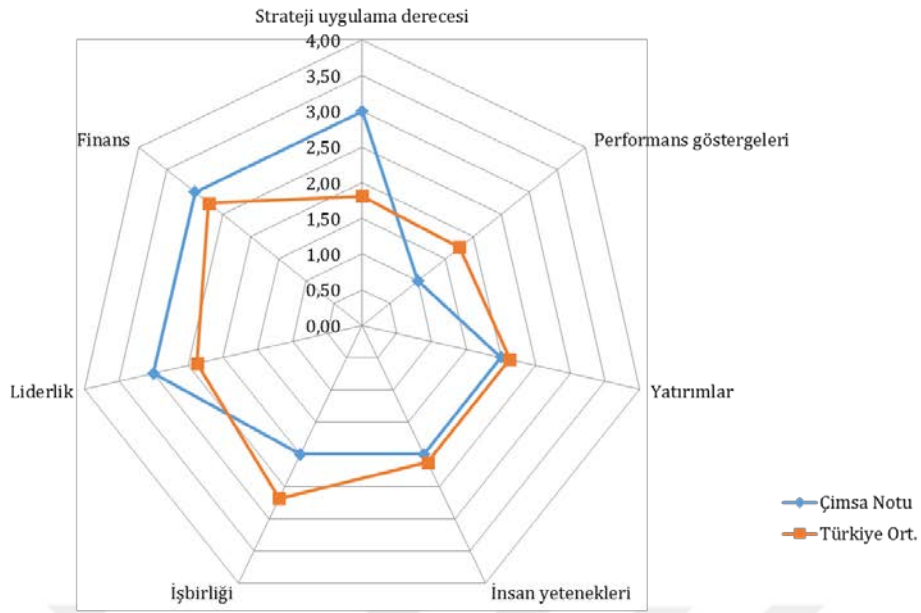
Ürünler ve servisler grubunun grafiği yukarıda verilmiştir. Ürün kişiselleştirme, veri odaklı hizmetler ve veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay boyutlarında Çimsa'nın Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, ürünlerin dijital özellikleri boyutunda Türkiye ortalamasında

olduğu, ürün verisi kullanım düzeyinde ise Türkiye ortalamasının altında kaldığı söylenebilir.



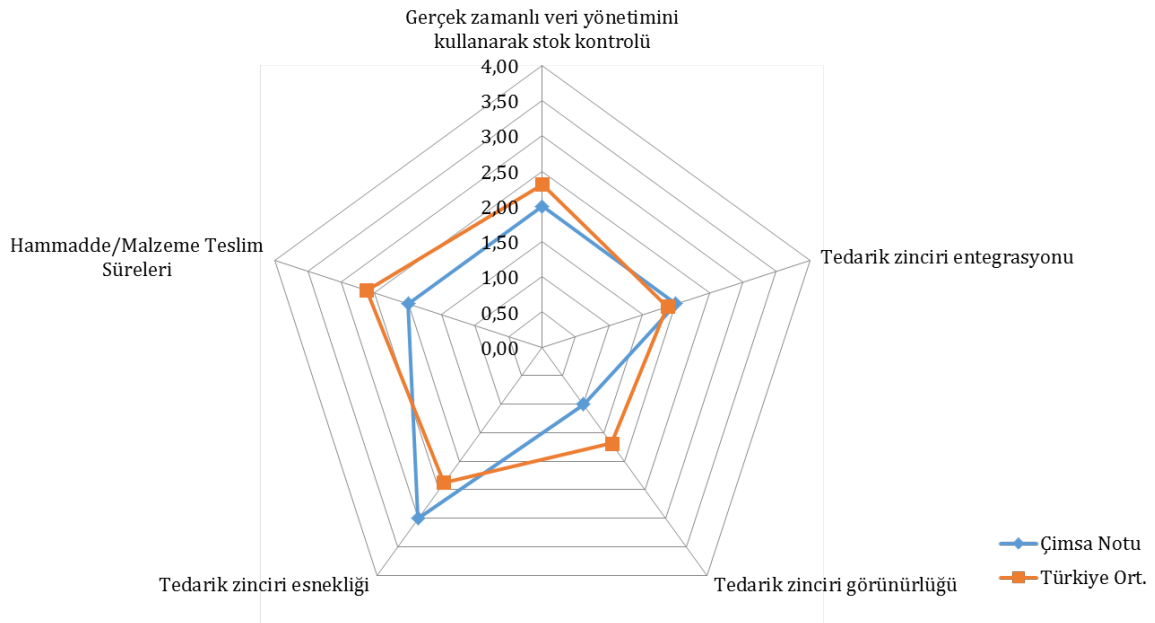
Şekil 4. 6. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Üretim ve Operasyonlar)

Üretim ve operasyonlar grubunun grafiği yukarıda verilmiştir. Otomasyon varlığı boyutunda Türkiye ortalamasında olan Çimsa'nın, IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği boyutunda Türkiye ortalamasının altında olduğu, diğer sekiz boyutta ise Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilir.



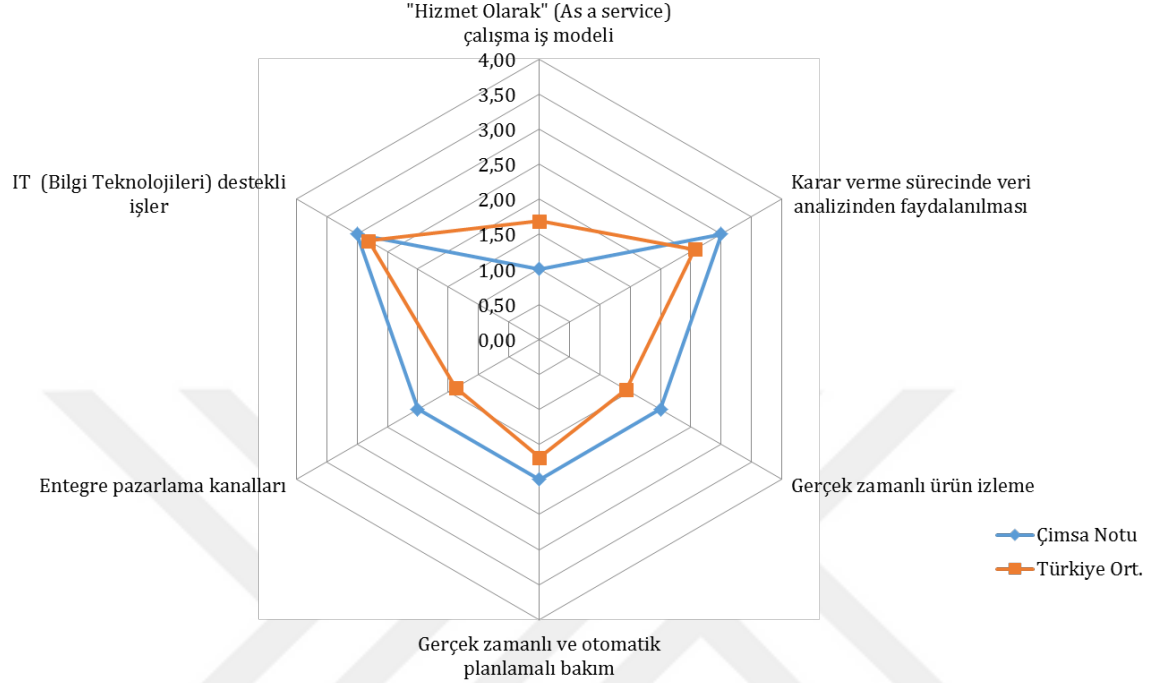
Şekil 4. 7. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Strateji ve Organizasyon)

Strateji ve organizasyon grubunun grafiği yukarıda verilmiştir. Strateji uygulama derecesi boyutunda Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde olan Çimsa'nın, finans ve liderlik boyutlarında da Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, diğer dört boyutta ise Türkiye ortalamasının altında olduğu söylenebilir.



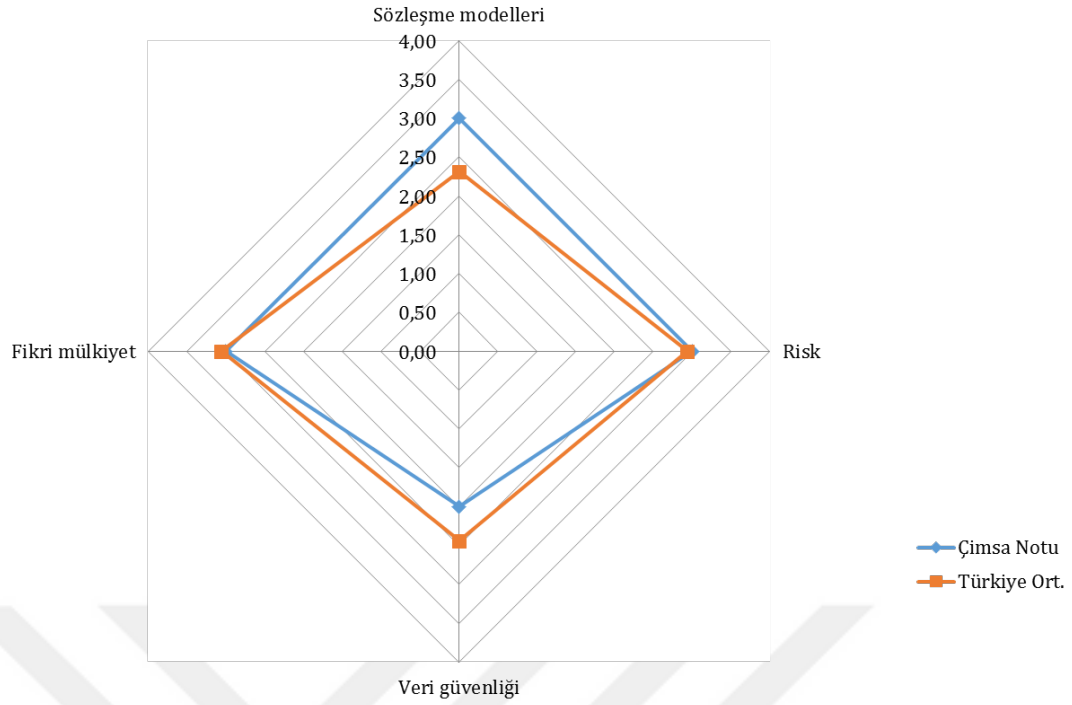
Şekil 4. 8. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Tedarik Zinciri)

Tedarik zinciri grubunun grafiği yukarıda verilmiştir. Tedarik zinciri esnekliği ve tedarik zinciri entegrasyonu boyutlarında Türkiye ortalamasının üzerinde olan Çimsa'nın, diğer üç boyutta ise Türkiye ortalamasının altında olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 9. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (İş Modeli)

İş modeli grubunun grafiği yukarıda verilmiştir. "Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli boyutunda ise Türkiye ortalamasının altında olan Çimsa'nın, diğer beş boyutta ise Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 10. Türkiye Puan Ortalaması / Çimsa Karşılaştırması (Yasal Konular)

Yasal konular grubunun grafiği yukarıda verilmiştir. Risk ve fikri mülkiyet boyutlarında Türkiye ortalamasında olan Çimsa'nın, sözleşme modelleri boyutunda Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, veri güvenliği boyutunda ise Türkiye ortalamasının altında olduğu söylenebilir.

4.2.3. Yol Haritası

Türkiye'de çimento sektörünün hesaplanan olgunluk seviyesi ve Çimsa firmasının hesaplanan olgunluk seviyesi değerlendirilerek, bununla beraber Çimsa firmasının stratejileri ve çağın gereksinimleri de göz önünde bulundurularak dijital olgunluk seviyesinin gelişimi için bir yol haritası tasarlanmıştır.

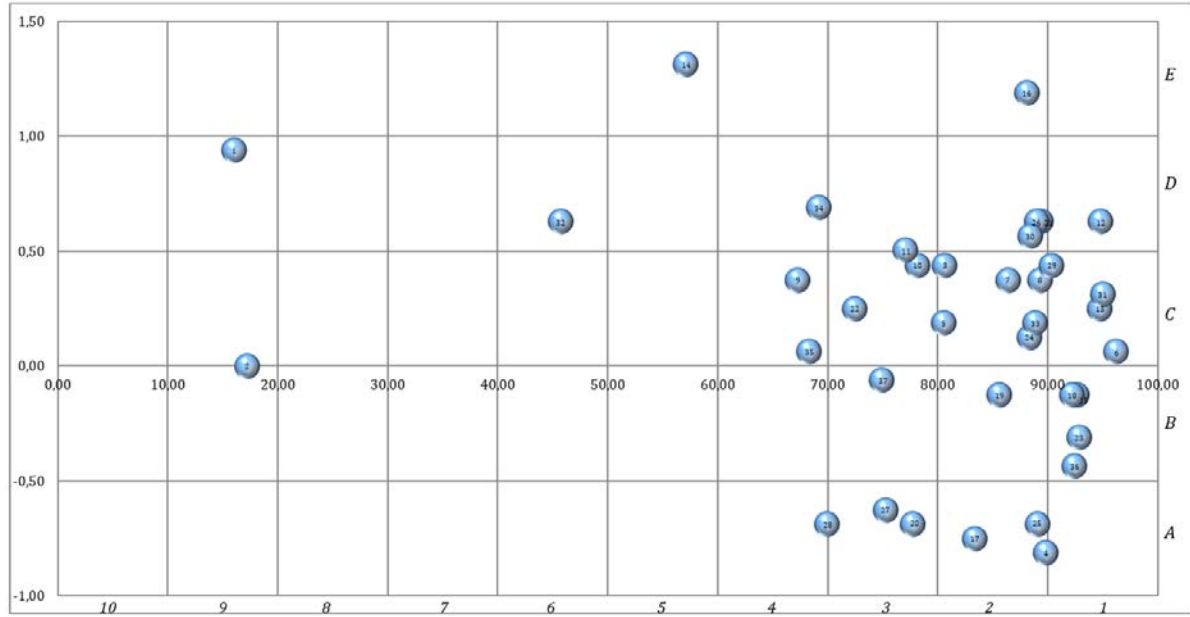
Proje ekibi (firma yetkilileri) ile yapılan görüşmeler sonucunda; önceliğin Türkiye ortalamasının altında kalan boyutlara verilmesi, sonrasında ağırlığı büyük olan boyutların değerlendirilmesi, ağırlığı 60 puanın altında olan boyutların etkisi düşünülerek gelişim planında en son sırada değerlendirilmesinin uygun olacağı görüşü bildirilmiştir. Bu bağlamda aşağıdaki Türkiye ortalama puanı-Çimsa puanı farkı ve boyut ağırlığı tablosu (Tablo 4.6.) oluşturulmuştur.

Tablo 4. 6. Türkiye Ortalaması/Çimsa Puan Farkı

Boyutlar	Boyut No	Boyut Ağırlığı	Çimsa Puanı	Türkiye Ortalama Puanı	Fark
Ürün Kişiselleştirilme	1	16,03	2	1,06	0,94
Ürünlerin Dijital Özellikleri	2	17,17	1	1	0,00
Veri Odaklı Hizmetler	3	80,68	3	2,56	0,44
Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	4	89,84	2	2,81	-0,81
Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	5	80,56	2	1,81	0,19
Otomasyon varlığı	6	96,27	3	2,94	0,06
Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	7	86,35	3	2,62	0,38
Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	8	89,29	2	1,62	0,38
Otonom Güdümlü İş birimleri	9	67,30	2	1,62	0,38
Kendini optimize eden süreçler	10	78,17	2	1,56	0,44
Dijital modelleme	11	77,14	2	1,5	0,50
Operasyonel veri toplama	12	94,84	3	2,37	0,63
Operasyonel veri kullanımı	13	94,76	3	2,75	0,25
Bulut çözümleri kullanımı	14	57,14	3	1,69	1,31
IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	15	92,62	3	3,13	-0,13
Strateji uygulama derecesi	16	88,10	3	1,81	1,19
Performans göstergeleri	17	83,41	1	1,75	-0,75
Yatırımlar	18	92,22	2	2,125	-0,13
İnsan yetenekleri	19	85,63	2	2,13	-0,13
İşbirliği	20	77,78	2	2,69	-0,69
Liderlik	21	89,44	3	2,37	0,63
Finans	22	72,46	3	2,75	0,25
Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	23	92,86	2	2,31	-0,31
Tedarik zinciri entegrasyonu	24	88,33	2	1,87	0,13
Tedarik zinciri görünürlüğü	25	89,05	1	1,69	-0,69
Tedarik zinciri esnekliği	26	88,97	3	2,37	0,63
Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	27	75,24	2	2,63	-0,63

"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli	28	70,00	1	1,69	-0,69
Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	29	90,40	3	2,56	0,44
Gerçek zamanlı ürün izleme	30	88,41	2	1,44	0,56
Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	31	95,00	2	1,69	0,31
Entegre pazarlama kanalları	32	45,71	2	1,37	0,63
IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	33	88,89	3	2,81	0,19
Sözleşme modelleri	34	69,21	3	2,31	0,69
Risk	35	68,33	3	2,94	0,06
Veri güvenliği	36	92,46	2	2,44	-0,44
Fikri mülkiyet	37	74,92	3	3,06	-0,06

Yukarıda görülen tablodaki puan farkı verileri ile boyut ağırlıkları aşağıdaki grafikte gösterilmiş, gelişim yol haritasında yer alacak sıralama belirlenmiştir.



Şekil 4. 11. Puan Farkı (y eksen) ve Boyut Ağırlıkları (x eksen)

Tablonun satırlarında “A” bölgesi, Çimsa ile Türkiye ortalaması arasındaki puan farkının negatif yönde maksimum olduğu bölge olmak üzere, “B” bölgesi ve “C” bölgesi puan farkının olmadığı (veya çok az olduğu) bölgedir. “D” bölgesi, Çimsa ile Türkiye ortalaması arasında pozitif yönde anlamlı bir farkın olduğu, “E” bölgesi ise Çimsa ile Türkiye ortalaması arasındaki puan farkının pozitif yönde maksimum olduğu bölgedir.

Tablonun sütunlarında “1” bölgesi boyut ağırlığının 90-100 arasında olduğu bölge olup, “10” bölgesine doğru gidildikçe boyut ağırlığı azalmaktadır. “10” bölgesi ise boyut ağırlığının 0-10 arasında olduğu bölgedir.

Yukarıda belirtildiği üzere önceliğin Türkiye ortalamasının altında kalan boyutlara öncelik verilmesi, sonrasında seviyesi düşük olan boyutların değerlendirilmesi, ağırlığı 60 puanın altında olan boyutların etkisi düşünülerek gelişim planında en son sırada değerlendirilmesinin uygun olacağı görüşü bildirilmiştir. Her durumda öncelik değerlendirmede ağırlıkların göz önünde bulundurulması uygun görülmüştür. Yani aynı satır için, sütun değerlerine göre önceliklendirme yapılmıştır.

Bu strateji yukarıdaki tabloya uyarlandığında, A1 satırından başlanarak sırasıyla A2, A3, A4, sonrasında sırasıyla B satırı, C satırı, D satırı ve E satırının ilk 4 sütunu önceliklendirilmiştir. Bu stratejiye uygun olan önceliklendirme tablosu verilmiştir (Tablo 4.7.).

Tablo 4. 7. Stratejiye Göre Belirlenmiş Boyut Öncelik Tablosu

BÖLGE	BOYUTLAR	ÖNCELİK
A2	4, 25, 17	1
A3	20, 27, 28	2
B1	23, 15, 36, 18	3
B2	19	4
B3	37	5
C1	6, 31, 13, 29	6
C2	8, 33, 24, 7, 3, 5	7
C3	10, 22	8
C4	35, 9	9
D1	12	10
D2	21, 26, 30	11
D3	11	12
D4	34	13
E2	16	14
C9	2	15
D6	32	16
D9	1	17
E5	14	18

Bu önceliklendirmeye göre, tüm boyutlar için ne tür gelişim faaliyetlerinin planlanabileceği, endüstride ne tür uygulamaların var olduğu aşağıda irdelenmiştir.

Ürün Verisi Kullanım Düzeyi (Öncelik sırası 1)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasının altında görünmektedir. Mevcut durumda yalnızca gerektiği durumda ürün verisi kullanılmaktadır. Dijital dönüşüm felsefesinin ana dayanaklarından birisinin veri analitiği olduğu düşünüldüğünde yalnızca gerektiğinde ürün verilerini kullanmak yeterli olmayacaktır. Ürünlere ilişkin verilerin toplanmasına yönelik gerek üretim süreci içinde, gerekse üretim süreci dışında yatırım yapılmalıdır. Ürünler uygun bir yöntemle (Örneğin RFID) tüm üretim sonrası süreçlerde takip edilebilir. Toplanacak veriler süreç optimizasyonu için çok ciddi bir girdi olabilir. Yalnızca halihazırda toplanan ürün verileri analize dahil edilerek çok düşük maliyetlerle olgunluk seviyesi arttırılabilir.

Örneğin Wipilot RTLS sistemi ile tesis içerisinde mamül/yarı mamül/ekipman vb varlıkların takibi yapılabilir, üretim süreçlerinin değerlendirilmesi ve mevcut sistemlerle entegre olarak süreçlerin iyileştirilmesi sağlanabilir. Bu sistemlerin MES ile entegrasyonu sağlanabilir.

Tedarik zinciri görünürlüğü (Öncelik sırası 1)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasının altında görünmektedir. Tedarikçi ve/veya müşterilerle halihazırda herhangi bir entegrasyon mevcut değilse de, bu alanda planlanan bazı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalara hız verilmesi ve geliştirilmesi, boyut ağırlığının yüksek olması sebebi ile zorunlu görünmektedir. Öncelikle birinci kademe tedarikçiler ve müşteriler olmak üzere tüm tedarik zinciri boyunca kapasite, stok ve operasyonlara ilişkin verilerin görünür olması, mümkünse gerçek zamanlı olarak görünür olması bu alanda Çimsa'ya oldukça büyük katkı sağlayacaktır.

Endüstriyel uygulama örnekleri arasında IBM'in tedarik zinciri görünürlüğü alanında geliştirmiş olduğu yapay zeka destekli çözümü oldukça ilgi çekicidir. Bu anlamda tüm paydaşların sipariş süreci, envanter, teslimat ve potansiyel tedarik zinciri kesintileri ile ilgili gerçek zamanlı verilere erişebildiği bir yapı kurulabilmektedir. Bu sayede, müşteri hizmetleri iyileştirilebilmekte, maliyetler düşürülebilmekte, yasal yönetmelikler takip edilebilmekte, yüklenici stok seviyelerini ve ürün teslimatını etkileyebilecek kesintiler azaltılabilmektedir (IBM, 2020).

IBM Sterling tedarik zinciri içgörü çözümü, izole sistemlerden alınan verileri hızla ilişkilendirerek, kurumsal bilgileri yakalayarak ve dijital kitaplar oluşturarak tedarik zinciri

performansını optimize etmek için gerçek zamanlı zeka sağlayan yapay zeka özellikli bir çözümdür (IBM, 2020).

Performans göstergeleri (Öncelik sırası 1)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. Ağırlığının da yüksek olması dolayısı ile Çimsa'nın en çok yol kat etmesi gereken boyutlardan birisi performans göstergeleridir. Ancak süreç, çok düşük maliyet ve eforla geliştirilebilir görünmektedir. Burada kritik başarı faktörü yönetim inisiyatifidir. Öncelikli olarak makro boyutta anahtar süreç göstergeleri Endüstri 4.0 odaklı olarak seçilebilir. Bu inisiyatif, mikro boyuta kadar yayılabilir, çalışanların bu yöndeki yetkinliklerini geliştirmek için bireysel planlar ortaya koyulabilir.

İşbirliği (Öncelik sırası 2)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının görünür bir şekilde altındadır. Bu alan gelişime oldukça açık bir alan olarak görünmektedir. Birimler arası işbirliğini geliştirmek adına eğitim programları, rotasyon planları, etkileşim programları düşünülebilir.

Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri (Öncelik sırası 2)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. Bu kapsamda hammadde alınan tedarikçilerin sayısı arttırılabilir. Bununla beraber 24, 25, 26 numaralı boyutlarda yapılacak iyileştirmeler bu boyutun olgunluk seviyesini ciddi bir biçimde yukarıya taşıyacaktır.

"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli (Öncelik sırası 2)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. IaaS, PaaS, SaaS gibi farklı türleri olan bu modeli kullanmak hem maliyet hem de hız anlamında Çimsa'nın elini güçlendirecektir. Özellikle bulut teknolojileri düşünüldüğünde bulut üzerinden sanal işlem, sanal depolama, sanal ağ kiralama avantajlı olacaktır. Ya da uygulamaları buluttan kullanıyor olmak hız kazandırabilir (CRM, ERP vb.).

Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü (Öncelik sırası 3)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. Bu boyutun ağırlığı görece oldukça yüksektir. Dökme ürün için gerçek zamanlı stok görüntüleme yapılırken, paketli ürünler için

manuel bir süreç söz konusudur. Boyut 7'de detaylı bahsedilmekle birlikte, verileri gerçek zamanlı toplamak, ERP ile üretim hatlarının arasındaki gecikmeleri kaldırır. Bu şekilde tam zamanlı, uygun maliyetli ve kaliteli bir şekilde üretim hatlarının kontrol edilmesine olanak tanınacaktır. Bu bağlamda paketli ürün stoklarını gerçek zamanlı takip etmek için projeler hayata geçirilebilir. RFID, M2M vb. farklı biçimlerde ürün stoklarının ERP ile haberleşmesi sağlanabilir. Kapsam genişletilerek profesyonel bir MES sistemi yatırım planlarına koyulabilir.

IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği (Öncelik sırası 3)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. Bu alanda olgunluk seviyesini geliştirebilmek için OT çözümlerinin yaygınlaştırılması, IT güvenlik çözümlerinin uygulama alanlarının tam yayılımı ve uyumluluğun gözden geçirilme sıklığının artırılması planlanabilir.

Veri güvenliği (Öncelik sırası 3)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. Ağırlığının da yüksek olması dolayısı ile Çimsa'nın önemle üzerinde durması gereken boyutlardan birisidir. Mevcut durumdan devam eden projelerin olması, KVKK tam uyum, yetkilendirme ve siber güvenlik projelerinin yapılıyor olması olumlu bir eğilim olarak görülebilir. Ancak her durumda Endüstri 4.0 uyumu mevcut olan, yeni bir "Genel Veri Koruma Yönetmeliği" 'nin varlığı olgunluk seviyesini yukarıya taşıyacaktır.

Yatırımlar (Öncelik sırası 3)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. Bu boyutun ağırlığı görece oldukça yüksektir. Bu boyutun geliştirilmesi ciddi finansal kaynak gerektirdiğinden, olgunlaşma dönemi uzun vadeye yayılabilir. Buna karşın, kısa ve orta vadede düşük bütçeli de olsa, tüm iş alanları için Endüstri 4.0 odaklı projeler için yatırım planı yapılabilir.

Endüstri 4.0 yatırımlarının tüm fabrikaların donanım ve otomasyon altyapılarının güncel, güvenli ve hazır hale getirilmesi için planlanması ve yapılması bu maddenin seviyesini arttırmak için etkili olacaktır.

İnsan yetenekleri (Öncelik sırası 4)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının altındadır. 18. boyuta paralel olarak, tüm iş alanlarında proje ve süreçleri yürütebilecek yetkinlikte çalışanların bulunması şirket

olgunluğuna olumlu yansiyacaktır. Bu yetkinlik seviyesinde çalışan ihtiyacını karşılamak amacıyla mevcut çalışanlar için gelişim programları uygulamaya geçirilebilir. Her birimden seçilecek adaylar, dijital dönüşüm, veri analizi, doğrusal programlama vb. konuları kapsayan "dijital dönüşüm okulu" süreçlerine dâhil edilebilir.

Tüm fonksiyonların teknoloji odaklı çalışanlara sahip olması için alınması gereken aksiyonların belirlenmesi ve belirli bir plana göre gerçekleştirilmesi faydalı olacaktır.

Fikri mülkiyet (Öncelik sırası 5)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasına yakındır. Boyutun ağırlığı görece düşüktür. Ürün ve hizmetlerdeki fikri mülkiyet haklarına ilişkin değerlendirmelerin daha sık yapılması olgunluk seviyesini arttırabilir.

Otomasyon varlığı (Öncelik sırası 6)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasındadır yorumu yapılabilir. Bu boyutun ağırlığı, 37 boyut arasında en yüksek olanıdır. Türkiye genelinde olduğu gibi Çimsa'da da çoğu makine ve ekipman otomasyonla kontrol edilmektedir. Bu olgunluğu en üst seviyeye taşımak için makine ve sistemlerin tamamının otomasyonla kontrol edilebilir olması gerekmektedir. Bu boyut için kısa, orta ve uzun vadeli planlamalarla mevcut manuel makine ve sistemlerin otomasyona dahil edilmesi veya otomasyonlu olanlarla değiştirilmesi planlanabilir. Yatırım maliyetleri yüksek olacağından dönüşüm uzun vadeye yayılabilir, devlet teşvikleri kullanılabilir.

Bu alanda KDV istisnası, faiz desteği, kurumlar vergisi indirimi vb. çok sayıda teşvik mevcuttur.

Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım (Öncelik sırası 6)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Ancak boyutun ağırlığının görece oldukça yüksek olması ve Çimsa'nın olgunluk düzeyinin 2 olması göz önünde bulundurulduğunda mutlak suretle geliştirilmesi gereken bir alan olduğu söylenebilir.

Mevcut durum irdelendiğinde kestirimci bakım ve IoT projelerinin planlanmakta olması olgunluk seviyesini yukarıya taşıyacak bir unsur olarak yorumlanabilir. Ancak seviyeyi daha yukarıya taşıyabilmek için self-diagnostik özellikli cihaz ve sistemlerin kullanılması veya mevcut sistemlere algoritmalar aracılığı ile bu özelliğin kazandırılması planlanabilir.

Ekipmanlarda smart sensörler kullanılarak kestirimci bakım ve otomatik bakım planlama yeteneği kazandırılabilir. Ayrıca, tüm bu süreçlerin yönetileceği profesyonel bir bakım/varlık yönetim sistemine geçilebilir.

Bu alanda endüstriyel uygulama örnekleri olarak ABB Smart sensör, SAP/PM verilebilir. ABB Smart sensör, üzerinde monte edildiği ekipmana ilişkin karakteristik ölçümler yapabilmekte, bunları farklı protokollerle iletebilmektedir.

SAP/PM ise SAP ERP sisteminin tesis bakım modülüdür. Tesisin bakım ve varlık yönetimi fonksiyonunu yönetebilen bu yazılım, otomatik planlama yapabilecek kapasiteye sahiptir. Bununla beraber, tesisin diğer fonksiyonlarının ERP'leri ile entegre çalışabilme özelliğine sahiptir.

Operasyonel veri kullanımı (Öncelik sırası 6)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Boyut 12 aracılığı ile temin edilen veriler, Çimsa uzmanlarınca veya dış kaynaklar tarafından kullanılabilir. Bu veriler optimizasyon, kestirimci bakım, karar verme vb. tüm süreçlerde kullanılabilir. Burada kritik başarı faktörü, doğru veriyi kullanıma sunacak veri analistlerinin varlığıdır.

Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması (Öncelik sırası 6)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bu olgunluk seviyesini en üst boyuta taşıyabilmek için mevcut tüm veriler ve potansiyel verilerin kullanılıp karar mekanizmalarını beslemesi sağlanabilir.

Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı (Öncelik sırası 7)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Tesis, birçok tesise göre eski olmasına ve ekipmanların daha yeni tesislerdekilere göre yaşlı olmasına rağmen ekipmanların Endüstri 4.0 'a hazırlık seviyesinin daha yüksek olması, firmanın bu konuya duyarlı olduğunu ve kaynak ayırdığını göstermektedir. Ancak yine de seviyenin 2 olması, kat edilmesi gereken ciddi bir yol olduğu anlamına gelmektedir. En azından orta vadede seviye 3'e gelebilmesi için yeni alınan ekipmanların daha yetenekli seçilmesi, analog cihazların ve sistemlerin tamamının değişimlerinin orta ve uzun vadede planlanması uygun olabilir. Daha bağlanabilir, daha otonom cihazlar ve sistemler tercih edilebilir.

Endüstriyel uygulama örneği olarak Festo firmasının, uyumlu standartlar, normlar ve ortak OPC UA gibi arayüzler, "tak & çalıştır" ve endüstri 4.0 konseptli akıllı ürünler için

çalışmaları mevcuttur. Ayrıca, bu çok amaçlı haberleşme arayüzü, modüler kontrol platformu CPX-E, esnek taşıma sistemi MCS (çoklu taşıyıcı sistem) ve robot kontrolörleri gibi çok sayıda elektrikli sürücü teknolojisi komponentine entegre etmiştir.

IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler (Öncelik sırası 7)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Boyutu en yüksek olgunluk seviyesine taşımak için IT'nin tüm iş süreçlerine entegre olması sağlanabilir. Mevcut durumda IT departmanlarının yalnızca donanımsal ve/veya yazılımsal destek olan bir departmandan öte, veri odaklı bir işletmenin birçok sürecinin içinde olan birimler olması gerektiği yönünde bir irade mevcuttur. Bu iradenin yayılarak devam etmesi IT yapısının güçlendirilmesi ve etki alanının artırılması, olgunluk seviyesini maksimuma taşıyacaktır.

Tedarik zinciri entegrasyonu (Öncelik sırası 7)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Halihazırda var olan bazı entegrasyon araçlarına rağmen kat edilecek aşamaların olduğu söylenebilir. Bu bağlamda mevcut SAP sistemine entegre edilecek SRM ve CRM modülleri ile baştan başa görünür bir tedarik zinciri yaratmak mümkün olabilir. Bu sayede tedarik zincirinin etkinliği artırılabilir, tüm süreçlerde maliyet avantajları sağlanabilir.

Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M) (Öncelik sırası 7)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Boyutun ağırlığının yüksek olduğu düşünüldüğünde geliştirilmesi gerekliliği görülmektedir. Ancak Çimsa için bu boyutu 4. seviyeye çıkarmak demek makine ve sistemler arasında tam entegrasyon olması demek. Bu da çok ciddi bir altyapı ve uyarlama maliyetine katlanmak anlamına gelmektedir. Ayrıca böylesi bir entegrasyonu yönetmek ciddi yetkinliklere sahip, daha fazla sayıda çalışan gerektirmektedir. Özellikle nakliye sistemlerinde araçların hareket bilgilerinin toplanması ve analizi süreçleri sıklıkla kullanılmakta, görece daha düşük maliyetlerle projeler gerçekleştirilebilmektedir. Tesis içi mobil araçların takibi, süreçlerin optimizasyonu konularında düşük bütçe ile projeler gerçekleştirilebilir.

Veya kestirimci bakım vb. faaliyetler için makinelerin alarm vermesi, otomatik bakım planlama gibi süreçler tasarlanabilir (ABB smart sensör). Üretim, bakım, paketleme ve paketleme sonrası sistemlerin M2M kabiliyetleri geliştirilerek tedarik zincirinin bu parçalarının görünürlüğü ve dolayısı ile optimize edilebilirliği geliştirilebilir.

RFID ile stoklardan online veri alınabilir, analiz ve stok yönetimi etkinliği arttırılabilir. Türkiye'de GSM operatörleri bu kapsamda uygun bütçeli projeler sunabilmektedir.

Veri Odaklı Hizmetler (Öncelik sırası 7)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerinde görünmektedir. Boyutun ağırlığının da yüksek olduğu düşünüldüğünde avantajlı konumdadır yorumu yapılabilir. Mevcut olan müşteri şikayeti yönetim sistemi ve sipariş yönetim sistemi müşteri ile entegrasyonu kuvvetlendirmektedir. Ancak bunlarla beraber CRM'nin diğer parçaları olan pazarlama yönetimi ve satış sonrası yönetim süreçleri eksik kalmaktadır. Mevcut müşterileri korumanın yanı sıra potansiyel müşterileri de kazanmak adına kapsamlı bir CRM sistemi tasarlanabilir. Böyle bir yapı Çimsa'nın bu boyuttaki olgunluk seviyesini 4'e taşıyacaktır.

Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay (Öncelik sırası 7)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerinde görünmektedir. Bu boyutun ağırlığı da görece yüksektir. Veri odaklı çalışmalara ayrılan bütçe 2019 yılı için 15 Milyon TL'dir. Sektör ortalamasının üzerinde olan bu bütçe azımsanmayacak orandadır. Orta ve uzun vade için bu bütçenin artırılarak planlanması uygun olacaktır. Bununla beraber bu konuda yürürlükte olan teşvik ve hibelerden faydalanılabilir.

Kendini optimize eden süreçler (Öncelik sırası 8)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Mevcut pilot uygulamaların yaygınlaştırılması olgunluk puanına olumlu yansıyacaktır. Otonom güdümlü iş birimleri boyutuna benzer bir şekilde mevcut yazılım ve otomasyon sistemlerine entegre edilecek algoritmalar çoğaltılarak düşük bütçelerle süreçlerin ve sistemlerin kendini optimize etmesi sağlanabilir.

Örnek endüstriyel uygulama olarak Festo firmasının yapay zeka uygulamaları üzerinde yaptığı bazı çalışmalar verilebilir. Festo firması, Resolto Informatik GmbH şirketini satın almıştır ve bu alanda uzmanlığını artırmayı planlamaktadır. Resolto, gerçek zamanda verileri analiz ederek yorumlayan ve anormallikleri raporlayan bir yazılım çözümü geliştirmiştir. Bu sistem ilave olarak, sürekli veri analizi yoluyla devamlı olarak öğrenmekte ve bilgi tabanını genişletmektedir. Bu otomatik öğrenme, akıllı proses izlemeyi mümkün hale getirmektedir.

CPX-E-CEC kontrolör ve servo sürücü CMMT-AS ile birlikte, eş zamanlı izlemeyi mümkün kılmaktadır. Resolto izleme yazılımı, motor akımlarını ve eksenin konum değerlerini

izlemekte, anormallikler oluşursa uyarı için kısa mesaj üretebilmektedir (Otomasyon Dergisi, 2020).

Öte yandan Siemens tarafından geliştirilen “Intelligent Vana”, ısıtma sistemleri ve klima ünitelerine yönelik ısı transferi optimizasyonu sağlamaktadır. Direkt olarak buluta bağlanabilen ve kendi kendini optimize edebilen ürün sayesinde debi, gidiş-dönüş sıcaklıkları ve ısı çıkışı izlenerek vana ayarlarının adaptasyonu otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Siemens ABT Go uygulaması aracılığıyla kablosuz LAN üzerinden hızlı ve güvenilir bir şekilde devreye alınabilen Intelligent Vana, debi sensörü, vana ve kontrolörün ayrı olarak monte edilmesi ile esnek montaj kolaylığı sağlayabilmektedir. Bağlanabilirlik özelliği ile sürekli güncellik sağlayabilmekte ve ilave fonksiyonları buluttan istenildiği zamanda indirilebilmektedir (Siemens, 2020).

Risk (Öncelik sırası 9)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Boyutun ağırlığı görece düşüktür. İş dünyasındaki değişim çok yüksek hızda gerçekleşmekte, dolayısı ile riskler de aynı hızda değişmekte, evrilmektedir. Bu sebeple değişen risklerin doğru zamanda değerlendirilip aksiyon planlaması yapılması gerekebilir. Çimsanın bu değişken risk profilini daha yüksek frekansla değerlendirmesi ve aksiyona yönelik prosedürleri yayınlaması, olgunluk düzeyini en üst noktaya taşıyabilir.

Otonom Güdümlü İş birimleri (Öncelik sırası 9)

Görece puanı düşük olan bu boyutta Çimsa Türkiye ortalamasının üzerindedir. Pilot çalışmaların mevcut olması olumlu bir durumdur ancak seviyenin 2 olması kat edilmesi gereken ciddi süreçler olduğuna işaret etmektedir. Bu bağlamda mevcut yazılım ve otomasyon sistemlerine entegre edilecek algoritmalar çoğaltılarak düşük bütçelerle bazı iş birimlerinin otonom güdümlü hale gelmesi sağlanabilir. Seçilmiş bazı alanlarda otonom güdümlü iş birimlerinin varlığı, olgunluk seviyesini 3'e çıkaracaktır.

Operasyonel veri toplama (Öncelik sırası 10)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Olgunluk seviyesini en üste taşıyabilmek için tüm süreçlerden verileri toplamak gerekmektedir. Orta vadeli bir plan dahilinde eksik tüm süreçler için veri toplama planı yapılabilir, kablolu/kablosuz donanımsal

ihtiyaçların temini planlanabilir. Qualist sistemi, SAP sistemi halihazırda bulunduğundan donanımsal ihtiyaçlar karşılanarak gerekli tüm verilerin temini sağlanabilir.

Liderlik (Öncelik sırası 11)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Holdingin dijitalleşme vizyonunun mevcut olması çok ciddi bir avantaj olmakla birlikte, yayılımıda yaşanacak aksaklıklar hedefe ulaşmakta zorluklara sebep olacaktır. Endüstri 4.0 vizyonunun herkes tarafından benimsenebilmesi için İK destekli projelere ihtiyaç olabilir.

Tedarik zinciri esnekliği (Öncelik sırası 11)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bu olgunluk seviyesini en üst boyuta taşıyabilmek için tedarik zinciri geliştirme çalışmaları yapılabilir. Bu kapsamda, hammadde /malzeme/hizmet alınan tedarikçilerin sayısı arttırılabilir. Kurumsal yapıdan kaynaklanabilecek esneklik zafiyetlerinin önüne geçmek adına daha yatay bir organizasyonel yapı tasarlanabilir. İnorganik yatırım çalışmaları ile farklı coğrafyalardaki etkinlik arttırılabilir.

Gerçek zamanlı ürün izleme (Öncelik sırası 11)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. 4. seviye olan "ürün, yaşam döngüsünü tamamlayıncaya kadar takip edilebiliyor" seviyesinin çimento sektörü için hangi aşamaya kadar uygulanabilir olduğu irdelenmelidir. Dökme ürün için M2M (araç takip), paketli ürün için ise RFID vb. protokollerle ürün izlenebilir. Mevcut sistemlere ek kurulacak izleme sistemleri maliyetli olacağından, orta vadede finansal planlaması yapılabilir.

Dijital modelleme (Öncelik sırası 12)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Ancak dijital modellemenin ciddi anlamda kullanılmadığı görülmektedir. Dijital modelleme bağlamında mevcut veriler kullanılarak yapılacak makine öğrenmesi çalışmaları olgunluk seviyesine ciddi katkı sunacaktır. Dijital modelleme ile zamansal ve finansal maliyetlere katlanmadan proste değişiklik yapma, değişikliklerin etkilerini gözlemleme, optimizasyon çalışmaları vb. tüm süreçler yönetilebilir. Ayrıca çalışanların yetkinliklerini geliştirme adına yapılacak çalışmalar da dijital model ortamına taşınabilir.

Örnek endüstriyel uygulama olarak ECS/CEMulator, Çimento operatörlerini ve proses mühendislerini, simülatör ortamında eğitmeyi amaçlayan bir sistemdir. Çimento sektörüne özel proses kontrol yazılımları geliştiren FLSmidth Automation'un, ileri matematik ve proses modelleme teknolojilerini kullanarak geliştirdiği CEMulator sistemi, çimento prosesini son derece gerçekçi bir şekilde simüle edebilmektedir (Pacpro, 2020).

Sözleşme modelleri (Öncelik sırası 13)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Boyutun ağırlığı görece düşüktür. Yine de olgunluğu en üst seviyeye taşımak adına yapılabilecekler mevcuttur. Çimsa, büyük ve kurumsal yapısı sebebi ile sözleşmelerde yeteri kadar esnek olamıyor olabilir. Ancak daha modüler sözleşme modelleri ile bu dezavantaj aşılabılır. İş yapış şeklinde yapılacak değişikliklerle, düşük maliyetlerle bu alanda gelişim sağlanabilir.

Strateji uygulama derecesi (Öncelik sırası 14)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Buradan Endüstri 4.0 stratejisinin iş ile ilişkilendirildiği ve yaygın bir şekilde anlaşıldığı sonucu çıkarılmıştır. Olgunluğu en üst seviyeye taşımak için Endüstri 4.0 stratejisinin tüm iş alanlarına taşınması planlanabilir. Performans yönetim süreci mevcutsa, yukarıdan aşağıya yayılım aracılığıyla tüm alanlarda bu stratejinin benimsenmesi sağlanabilir.

Ürünlerin Dijital Özellikleri (Öncelik sırası 15)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasında görünmektedir. Bu boyutun ağırlığı da görece düşüktür. Ürünün mahiyeti düşünüldüğünde müşterinin dijital özellik beklentisi mevcut değildir. Ancak uzun vadede beklentiler değişebilir ve bu alana yatırım yapılması gerekebilir.

Entegre pazarlama kanalları (Öncelik sırası 16)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Boyutun ağırlığı oldukça düşüktür. Çimsa'nın B2B iş modeli ile çalıştığı da düşünülürse bu alanda kısa ve orta vadede ciddi bir yatırım yapmak bir avantaj sağlamayabilir.

Ürün kişiselleştirilme (Öncelik sırası 17)

Çimsa bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerinde görünmektedir. Ancak boyutun ağırlığının düşük olması ciddi avantaj sağlamayabilir. CEM I- SR5 - Sülfata Dayanıklı Portland Çimentosu benzeri daha özelleştirilmiş ürünler Çimsanın olgunluğunu artırabilir. Bununla beraber araştırma-geliştirme eforunda ve bütçesinde yapılacak değişikliklerle programlanabilir çimento, bükülebilir çimento, kendi kendini onaran çimento vb inovasyonlarla olgunluğunu arttırabilir. CIMM 4.0 endeks seviyesine olan kaykısı düşük olduğundan inovasyon yatırım kararı üst yönetimce tartışılabilir.

Örnek çalışmalar arsında Rice Üniversitesi'nde yapılan çalışmalar verilebilir. Üniversitede yapılan çalışmalarda, çimentonun kinetik özelliklerinin kodu çözülmüş ve çimento içerisinde yer alan mikroskobik, yarı kristal parçacıkları programlamanın yolu bulunmuştur. Böylece, parçacıkları düzensiz kümeler yerine küp, küre gibi düzenli şekillerde düzenlemek mümkün görünmektedir. Bu birleşim ile elde edilen malzeme daha az gözenekli ve daha dayanıklı hale getirilebilmektedir. Programlanabilir çimento, daha az beton gerektiren daha güçlü yapıların oluşmasına imkan sağlayabilmektedir. Bu sayede beton üretiminin azaltılması ve sonucunda ortaya çıkan karbon emisyonunu düşürülmesi hedeflenmektedir (Oral, 2020).

Yine farklı bir çalışmada; İsviçre Malzeme Bilim ve Teknolojileri Federal Laboratuvarları (EMPA), inşaatları daha güvenli, düşük maliyetli ve verimli bir şekilde yapmaya imkan sağlayacak yangın dayanımlı beton üretmiştir (Oral, 2020).

Singapur Nanyang Üniversitesi'nden bilim insanları ise, eğilebilir bükülebilir beton geliştirmişlerdir. Geleneksel betonların basınç altında çatlamasını önlemek için kalın bir kesitte beton dökülmesi gerekirken, eğilebilir bükülebilir betonda (aynı programlanabilir çimento da olduğu gibi) daha az beton dökülerek aynı performans sağlanabilmektedir. Böylece, dökülen ve üretilen beton miktarının azaltılması hedeflenmektedir (Oral, 2020).

Bath Üniversitesi'nde yapılan çalışmada, betonun parçalanmasına neden olan çatlakların doldurulması için bakterilerin kullanıldığı kendi kendini iyileştirebilen beton geliştirilmiştir (Oral, 2020).

Bulut çözümleri kullanımı (Öncelik sırası 18)

Çimsa, bu boyutta Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bu boyutun ağırlığının görece düşük olması sebebi ile puanın yüksekliği Çimsa'ya ciddi bir avantaj sağlamamaktadır. Ancak yine de uzun vade için yapılan planlarda bu olgunluk seviyesini en yüksek puana taşımak için fiziksel çözümlerin, bulut çözümlerine dönüştürülmesi düşünülebilir.

Kullanılan sunucuların ve kurumsal uygulamaların Microsoft Azure, Amazon AWS veya Google Cloud gibi bulut çözüm ortamlarında barındırılması ile bulut kullanımı yasaların izin verdiği çerçevede arttırılabilir.

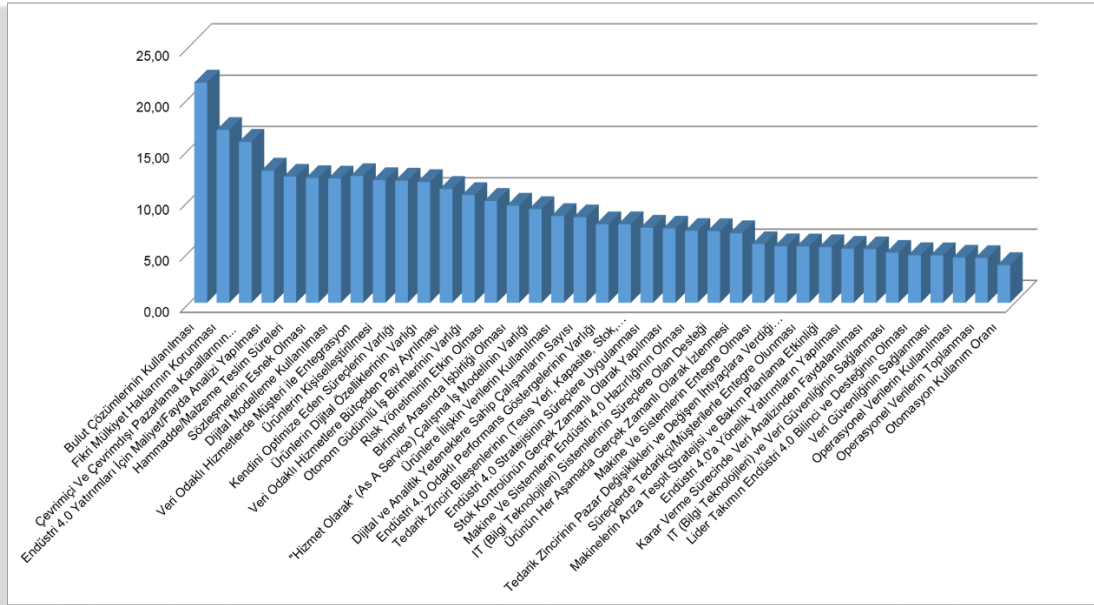
4.3. Elde Edilen Bulguların Genel Değerlendirmesi

Yapılan analizler sonucunda, örneklem kapsamındaki sektör uzmanlarının çimentoda dijital dönüşüm boyutlarının ağırlıklarına ilişkin görüşleri değerlendirilmiştir. 64 sektör uzmanının görüşleri değerlendirildiğinde, verilen boyutların çimento sektörü özelinde ağırlıkları belirlenmiştir.

Sonuçlarda dikkat çeken bir husus; 1. bölümde verilen boyutların önem durumuna göre 0 ile 100 arasında puanlandırılmasının istenmesine rağmen, istisnasız tüm sektör uzmanlarının 5'in katları olarak puanlandırma yapmaları olmuştur.

Genel hatları ile incelendiğinde otomasyon varlığı boyutu 96,25 ile en yüksek ağırlığa sahip boyut olarak belirlenirken, 16,02 puan ortalaması ile ürün kişiselleştirilme en düşük ağırlığa sahip boyut olarak belirlenmiştir.

Yapılan diğer bir değerlendirmede, uzmanların boyut ağırlıkları görüşleri arasındaki puan farklılıkları hesaplanmıştır. Yapılan standart sapma hesaplaması sonucunda standart sapmanın yüksek olması uzman görüşleri arasında zıtlıkların fazla olduğu, standart sapmanın düşük olması ise uzman görüşlerinin aynı doğrultuda olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bu bağlamda her bir boyuta ilişkin standart sapmalar hesaplanmış ve Şekil 4.12.'de verilmiştir.



Şekil 4. 12. Uzmanların Boyut Ağırlıkları Konusundaki Görüş Farkı Düzeyleri (Standart Sapma)

Uzman görüşleri arasındaki farklar incelendiğinde, en düşük standart sapmaya 3,67 puan ile otomasyon kullanım oranı boyutunun sahip olduğu görülmüştür. Bu alanda uzmanların boyut ağırlığı konusunda aynı doğrultuda düşündüğü yorumu yapılabilir.

En yüksek standart sapma ise 21,45 puan ile bulut çözümlerin kullanılması boyutunda gerçekleşmiştir. Bu boyutta uzmanlar arasında ciddi bir görüş farklılığı olduğu yorumu yapılabilir.

Bu adımlardan sonra, anketin ikinci bölümünden faydalanılarak Türkiye çimento sektörünün dijital olgunluk seviyesi hesaplanmıştır. Sektör uzmanlarının, görev yaptıkları tesisleri göz önünde bulundurarak verdikleri yanıtlar analiz edilmiş ve sektörün dijital olgunluk seviyesi belirlenmiştir.

Genel hatları ile incelendiğinde Türkiye çimento sektörünün en yüksek olgunluk seviyesine sahip olduğu boyut 3,13 puan ile “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği” olarak belirlenirken, 1,00 puan ortalaması ile “Ürünlerin Dijital Özellikleri” en düşük olgunluk seviyesine sahip boyut olarak belirlenmiştir.

Sonraki adım, bu tez kapsamında ortaya atılan ve çimento sektörüne özel bir dijital olgunluk modeli olan CIMM 4.0 katsayısını bulma olarak belirlenmiştir. Temel olarak model, boyut bazında olgunluk düzeyinin, belirlenen boyut ağırlıkları ile ağırlıklandırılması işlemini gerçekleştirmektedir. Bu sistematikten hareketle sektörün boyut bazında CIMM 4.0 katsayıları hesaplanmıştır.

Genel hatları ile incelendiğinde boyut bazında sektörün en yüksek CIMM 4.0 (q) endeksine sahip olduğu boyut 3,66 puan ile “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği” olarak

belirlenirken, 0,22 puan ortalaması ile “Ürün Kişiselleştirilme” ve “Ürünlerin Dijital Özellikleri” en düşük endekse sahip boyutlar olarak belirlenmiştir.

Bu verilerden hareketle, Türkiye’de çimento üretimi alanında faaliyet gösteren şirketlerin ortalama CİMM 4.0 dijital olgunluk endeksi 2,26 olarak belirlenmiştir.

Tüm bu veriler de göz önünde bulundurularak, bir çimento üretim tesisinde analiz ve uygulama gerçekleştirilmiştir. Ulusal ve uluslararası pazarda etkin bir şekilde faaliyet gösteren Çimsa Çimento şirketinin olgunluk seviyesinin tespiti için, proje sorumlusu ekiple birlikte yapılan değerlendirmenin sonuçları aşağıdaki tabloda paylaşılmıştır.

Çalışma grubu ile birlikte belirlenen olgunluk seviyeleri, daha önce belirlenmiş olan boyut ağırlıkları kullanılarak ağırlıklandırılmıştır.

Tablo 4. 8. Sektör Geneli ve Çimsa Olgunluk Seviyelerinin Karşılaştırması

No	Boyut	Sektörel Dijital Olgunluk Seviyesi	Sektörel CİMM 4.0 (q)	Çimsa Olgunluk Seviyesi	Çimsa CİMM 4.0 (q)
1.	Ürün Kişiselleştirilme	1,06	0,22	2	0,41
2.	Ürünlerin Dijital Özellikleri	1,00	0,22	1	0,22
3.	Veri Odaklı Hizmetler	2,56	2,61	3	3,06
4.	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	3,06	3,48	2	2,27
5.	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	1,81	1,85	2	2,04
6.	Otomasyon varlığı	3,00	3,65	3	3,65
7.	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	2,63	2,87	3	3,28
8.	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	1,63	1,84	2	2,26
9.	Otonom Güdümlü İş birimleri	1,63	1,38	2	1,70
10.	Kendini optimize eden süreçler	1,56	1,55	2	1,98
11.	Dijital modelleme	1,50	1,46	2	1,95
12.	Operasyonel veri toplama	2,38	2,85	3	3,60
13.	Operasyonel veri kullanımı	2,75	3,30	3	3,60
14.	Bulut çözümleri kullanımı	1,69	1,22	3	2,17
15.	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	3,13	3,66	3	3,52
16.	Strateji uygulama derecesi	1,81	2,02	3	3,35
17.	Performans göstergeleri	1,94	2,05	1	1,06
18.	Yatırımlar	2,13	2,48	2	2,33
19.	İnsan yetenekleri	2,13	2,30	2	2,17
20.	İşbirliği	2,88	2,83	2	1,97

21.	Liderlik	2,38	2,12	3	3,40
22.	Finans	2,75	1,99	3	2,75
23.	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	2,31	2,15	2	2,35
24.	Tedarik zinciri entegrasyonu	1,88	1,66	2	2,24
25.	Tedarik zinciri görünürlüğü	1,69	1,50	1	1,13
26.	Tedarik zinciri esnekliği	2,38	2,11	3	3,38
27.	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	2,94	2,21	2	1,90
28.	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli	1,69	1,18	1	0,89
29.	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	2,56	2,32	3	3,43
30.	Gerçek zamanlı ürün izleme	1,44	1,27	2	2,24
31.	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	1,69	1,60	2	2,40
32.	Entegre pazarlama kanalları	1,38	0,63	2	1,16
33.	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	2,81	2,50	3	3,37
34.	Sözleşme modelleri	2,31	1,60	3	2,63
35.	Risk	2,94	2,01	3	2,59
36.	Veri güvenliği	2,63	2,43	2	2,34
37.	Fikri mülkiyet	3,06	2,29	3	2,84

Genel olarak irdelendiğinde boyut bazında Çimsa'nın en yüksek CİMM 4.0 (q) endeksine sahip olduğu boyut 3,65 puan ile "Otomasyon varlığı" olarak belirlenirken, 0,22 puan ortalaması ile "Ürünlerin Dijital Özellikleri" en düşük endekse sahip boyutlar olarak belirlenmiştir.

Bu verilerin aritmetik ortalaması alındığında Çimsa'nın CİMM 4.0 endeks değeri 2,37 olarak belirlenmiştir. Sektörün CİMM 4.0 endeksinin 2,26 olduğu düşünüldüğünde Çimsa'nın sektör ortalamasına göre iyi durumda olduğu yorumu yapılmıştır.

Çalışmada, sektörün genel durumu ve Çimsa'nın mevcut durumu tespit edildikten sonra Çimsa'nın dijital dönüşüm yol haritasının belirlenmesi aşaması gerçekleştirilmiştir.

Firma yetkilileri ile oluşturulan çalışma grubuyla yapılan görüşmeler sonucunda; önceliğin Türkiye ortalamasının altında kalan boyutlara verilmesi, sonrasında ağırlığı büyük olan boyutların değerlendirilmesi, ağırlığı 60 puanın altında olan boyutların etkisi düşünülerek gelişim planında en son sırada değerlendirilmesinin uygun olacağı görüşü bildirilmiştir. Bu kapsamda standart olgunluk puanlarının farkı değerlendirilmiş ve belirlenen stratejiye göre sıralama oluşturulmuştur. Öncelik sırasına ilişkin veriler Tablo 4.7.'de verilmiştir. Bu önceliklendirmeye göre her bir boyut için gelişim planı ortaya koyulmuştur. Ayrıca analiz bölümünde örnek uygulamalar detaylı olarak verilmiştir.

Ürün verisi kullanım düzeyi boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, mevcut durumda yalnızca gerektiği durumda ürün verisi kullanıldığı belirtilmiştir. Ürünlerin uygun bir yöntemle (Örneğin RFID) tüm üretim sonrası süreçlerde takip edilebileceği, toplanacak verilerin süreç optimizasyonu için çok ciddi bir girdi olabileceği yorumu yapılmıştır.

Tedarik zinciri görünürlüğü boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, öncelikle birinci kademe tedarikçiler ve müşteriler olmak üzere tüm tedarik zinciri boyunca kapasite, stok ve operasyonlara ilişkin verilerin görünür olması, mümkünse gerçek zamanlı olarak görünür olmasının bu alanda Çimsa'ya oldukça büyük katkı sağlayacağı yorumu yapılmıştır.

Performans göstergeleri boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, ağırlığının da yüksek olması dolayısı ile Çimsa'nın en çok yol kat etmesi gereken boyutlardan biri olduğu, kritik başarı faktörünün yönetim inisiyatifi olduğu yorumları yapılmıştır. Öncelikli olarak makro boyutta KPI'ların Endüstri 4.0 odaklı olarak seçilebileceği, inisiyatifin mikro boyuta kadar yayılabileceği, çalışanların bu yöndeki yetkinliklerini geliştirmek için bireysel planların ortaya koyulabileceği yorumları eklenmiştir.

İşbirliği boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının görünür bir şekilde altında olduğu, birimler arası işbirliğini geliştirmek adına eğitim programları, rotasyon planları, etkileşim programlarının düzenlenebileceği yorumu yapılmıştır.

Hammadde/malzeme teslim süreleri boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, bu kapsamda hammadde alınan tedarikçilerin sayısının arttırılabileceği ve 24, 25, 26 numaralı boyutlarda yapılacak iyileştirmelerin de bu boyutun olgunluk seviyesini ciddi bir biçimde yukarıya taşıyabileceği yorumu yapılmıştır.

"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalama sınıfının altında olduğu, IaaS, PaaS, SaaS gibi farklı türleri olan bu modeli kullanmanın hem maliyet hem de hız anlamında Çimsa'nın elini güçlendirebileceği, özellikle bulut teknolojileri düşünüldüğünde bulut üzerinden sanal compute, storage, networking vb kiralamanın avantajlı olabileceği yorumları yapılmıştır (CRM, ERP vb.).

Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, verileri gerçek zamanlı toplamanın ERP ile üretim hatları arasındaki gecikmeleri kaldıracabileceği, paketli ürün stoklarını gerçek zamanlı takip etmek için projeler hayata geçirilebileceği, RFID, M2M vb. farklı biçimlerde ürün stoklarının ERP ile haberleşmesinin sağlanabileceği, kapsamın genişletilerek profesyonel bir MES sisteminin yatırım planlarına koyulabileceği yorumları yapılmıştır.

IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, OT çözümlerinin yaygınlaştırılmasının, IT güvenlik çözümlerinin uygulama

alanlarının tam yayılımının ve uyumluluğun gözden geçirilme sıklığının artırılmasının planlanabileceği yorumları yapılmıştır.

Veri güvenliği boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, devam eden projelerin olması, KVKK tam uyum, yetkilendirme ve siber güvenlik projelerinin yapıyor olmasının olumlu bir eğilim olduğu, bununla beraber Endüstri 4.0 uyumu mevcut olan, yeni bir "Genel Veri Koruma Yönetmeliği" 'nin varlığının faydalı olacağı yorumu yapılmıştır.

Yatırımlar boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının altında olduğu, boyutun geliştirilmesinin ciddi finansal kaynak gerektirdiği ve bu sebeple olgunlaşma dönemi uzun vadeye yayılabileceği, bununla beraber kısa ve orta vadede düşük bütçeli de olsa, tüm iş alanları için Endüstri 4.0 odaklı projeler için yatırım planı yapılabileceği yorumu yapılmıştır.

İnsan yetenekleri boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasına yakın olduğu, 18. boyuta paralel olarak, tüm iş alanlarında proje ve süreçleri yürütebilecek yetkinlikte çalışanların bulunması şirket olgunluğuna olumlu yansıtacağı, bu yetkinlik seviyesinde çalışan ihtiyacını karşılamak amacıyla mevcut çalışanlar için gelişim programları uygulamaya geçirilebileceği, her birimden seçilecek adayların, dijital dönüşüm, veri analizi, doğrusal programlama vb. konuları kapsayan "dijital dönüşüm okulu" süreçlerine dâhil edilebileceği yorumu yapılmıştır.

Fikri mülkiyet boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasına yakın olduğu, ürün ve hizmetlerdeki fikri mülkiyet haklarına ilişkin değerlendirmelerin daha sık yapılmasının olgunluk seviyesine olumlu yansıtacağı yorumu yapılmıştır.

Otomasyon varlığı boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasında olduğu, bu olgunluğu en üst seviyeye taşımak için makine ve sistemlerin tamamının otomasyonla kontrol edilebilir olması gerektiği, kısa, orta ve uzun vadeli planlamalarla mevcut manuel makine ve sistemlerin otomasyona dahil edilmesi gerektiği, yatırım maliyetleri yüksek olacağından dönüşümün uzun vadeye yayılabileceği, KDV istisnası, faiz desteği, kurumlar vergisi indirimi vb. teşviklerden faydalanılabileceği yorumu yapılmıştır.

Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, hâlihazırda devam eden kestirimci bakım ve IOT projelerinin olgunluk seviyesini yukarıya taşıyacak bir unsur olacağı, self-diagnostik özellikli cihaz ve sistemlerin kullanılması veya mevcut sistemlere algoritmalar aracılığı ile bu özelliğin kazandırılmasının faydalı olacağı, ekipmanlarda smart sensörler kullanılarak kestirimci bakım ve otomatik bakım planlama yeteneği kazandırılabilceği, tüm bu süreçlerin yönetileceği profesyonel bir bakım/varlık yönetim sistemine (SAP/PM vb.) geçilebileceği yorumu yapılmıştır.

Operasyonel veri kullanımı boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, operasyonlardan temin edilen verilerin, Çimsa uzmanlarınca veya dış kaynaklar tarafından kullanılabileceği, verilerin optimizasyon, kestirimci bakım, karar verme vb. tüm

süreçlerde kullanılabileceği, kritik başarı faktörünün doğru veriyi kullanıma sunacak veri analistlerinin varlığı olduğu yorumu yapılmıştır.

Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, bu olgunluk seviyesini en üst boyuta taşıyabilmek için mevcut tüm veriler ve potansiyel verilerin kullanılıp karar mekanizmalarını beslemesinin sağlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Ekipmanların endüstri 4.0 hazırlığı boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, ekipmanların daha yetenekli seçilmesi, analog cihazların ve sistemlerin tamamının değişimlerinin orta ve uzun vadede planlanmasının uygun olacağı, daha bağlanabilir, daha otonom cihaz ve sistemlerin tercih edilebileceği yorumu yapılmıştır.

IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, boyutu en yüksek olgunluk seviyesine taşımak için IT'nin tüm iş süreçlerine entegre olması sağlanabileceği, IT yapısının güçlendirilmesi ve etki alanının artırılması ile olgunluk seviyesinin maksimuma taşınabileceği yorumu yapılmıştır.

Tedarik zinciri entegrasyonu boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, mevcut SAP sistemine entegre edilecek SRM ve CRM modülleri ile baştan başa görünür bir tedarik zinciri yaratmanın mümkün olabileceği, böylece tedarik zincirinin etkinliğinin artırılabilmesi, tüm süreçlerde maliyet avantajı sağlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M) boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, boyutu en üst seviyeye taşıyabilmek için makine ve sistemler arasında tam entegrasyon olması gerektiği, nakliye sistemlerinde araçların hareket bilgilerinin toplanması ve analizi süreçlerinin sıklıkla kullanıldığı, tesis içi mobil araçların takibi, süreçlerin optimizasyonu konularında düşük bütçe ile projeler gerçekleştirilebileceği, bunun dışında kestirimci bakım vb. faaliyetler için makinelerin alarm vermesi, otomatik bakım planlama gibi süreçlerin tasarlanabileceği (ABB smart sensör), üretim, bakım, paketleme ve paketleme sonrası sistemlerin M2M kabiliyetleri geliştirilerek tedarik zincirinin bu parçalarının görünürlüğü ve dolayısı ile optimize edilebilirliğin geliştirilebileceği yorumu yapılmıştır. Ayrıca RFID ile stoklardan online verinin alınabileceği, analiz ve stok yönetim etkinliğinin artırılabilmesi, Türkiye'de GSM operatörlerinin bu kapsamda uygun bütçeli projeler sunabildiği belirtilmiştir.

Veri odaklı hizmetler boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, mevcut uygulamalarla beraber CRM'nin diğer parçaları olan pazarlama yönetimi ve satış sonrası yönetim süreçlerinin entegre edilebileceği, mevcut müşterileri korumanın yanı sıra potansiyel müşterileri de kazanmak adına kapsamlı bir CRM sistemi tasarlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, veri odaklı çalışmalara ayrılan bütçe 2019 yılı için 15 Milyon TL

olduğu belirtilmiş, orta ve uzun vade için bu bütçenin artırılarak planlanmasının uygun olacağı, bu konuda yürürlükte olan teşvik ve hibelerden faydalanılabileceği yorumu yapılmıştır.

Kendini optimize eden süreçler boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, mevcut yazılım ve otomasyon sistemlerine entegre edilecek algoritmaların çoğaltılarak düşük bütçelerle süreçlerin ve sistemlerin kendini optimize etmesinin sağlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Risk boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, değişen risklerin doğru zamanda değerlendirilip aksiyon planlaması yapılması gerektiği, bu değişken risk profilini daha yüksek frekansla değerlendirmesi ve aksiyona yönelik prosedürleri yayınlamasının gerektiği yorumları yapılmıştır.

Otonom güdümlü iş birimleri boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, mevcut yazılım ve otomasyon sistemlerine entegre edilecek algoritmaların çoğaltılarak düşük bütçelerle bazı iş birimlerinin otonom güdümlü hale gelmesinin sağlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Operasyonel veri toplama boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, seviyesini en üst noktaya taşıyabilmek için tüm süreçlerden verileri toplamanın gerektiği, orta vadeli bir plan dahilinde eksik tüm süreçler için veri toplama planının yapılabileceği, kablolu/kablosuz donanımsal ihtiyaçların temininin planlanabileceği, halihazırda Qualist sistemi, SAP sistemi bulunduğu donanımsal ihtiyaçların karşılanarak gerekli tüm verilerin temininin sağlanabileceği yorumları yapılmıştır.

Liderlik boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, Holdingin dijitalleşme vizyonunun mevcut olmasının çok ciddi bir avantaj olmakla birlikte, yayılımda yaşanacak aksaklıkların hedefe ulaşmakta zorluklara sebep olabileceği, Endüstri 4.0 vizyonunun herkes tarafından benimsenebilmesi için İK destekli projelere ihtiyaç olabileceği yorumları yapılmıştır.

Tedarik zinciri esnekliği boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, hammadde/malzeme/hizmet alınan tedarikçilerin sayısının arttırılabileceği, kurumsal yapıdan kaynaklanabilecek esneklik zafiyetlerinin önüne geçmek adına daha yatay bir organizasyonel yapının tasarlanabileceği, inorganik yatırım çalışmaları ile farklı coğrafyalardaki etkinliğin arttırılabileceği yorumları yapılmıştır.

Gerçek zamanlı ürün izleme boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, dökme ürün için M2M (araç takip), paketli ürün için ise rfid vb. protokollerle ürün izleme yapılabileceği, mevcut sistemlere ek kurulacak izleme sistemleri maliyetli olacağından, orta vadede finansal planlama yapılabileceği yorumları yapılmıştır.

Dijital modelleme boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, bu bağlamda mevcut veriler kullanılarak yapılacak makine öğrenmesi çalışmalarının olgunluk

seviyesine ciddi katkı sunabileceği, dijital modelleme ile zamansal ve finansal maliyetlere katlanmadan proseste değişiklik yapma, değişikliklerin etkilerini gözlemleme, optimizasyon çalışmaları vb. tüm süreçlerin yönetilebileceği yorumu yapılmıştır.

Sözleşme modelleri boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, şirketin büyük ve kurumsal yapısı sebebi ile sözleşmelerde yeteri kadar esnek olamıyor olabileceği, daha modüler sözleşme modelleri ile bu dezavantajın aşılabileceği, iş yapış şeklinde yapılacak değişiklikler sayesinde düşük maliyetlerle bu alanda gelişim sağlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Strateji uygulama derecesi boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, olgunluk seviyesini en üste taşımak için Endüstri 4.0 stratejisinin tüm iş alanlarına taşınmasının planlanabileceği, performans yönetim süreci mevcutsa, yukarıdan aşağıya yayılım aracılığıyla tüm alanlarda bu stratejinin benimsenmesinin sağlanabileceği yorumu yapılmıştır.

Ürünlerin dijital özellikleri boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasında olduğu, ürünün mahiyeti düşünüldüğünde müşterinin dijital özellik beklentisinin mevcut olmadığı, ancak uzun vadede beklentilerin değişebileceği ve bu alana yatırım yapılması gerekebileceği yorumu yapılmıştır.

Entegre pazarlama kanalları boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, Çimsa'nın B2B iş modeli ile çalıştığı da düşünüldüğünde bu alanda kısa ve orta vadede ciddi bir yatırım yapmanın bir avantaj sağlamayabileceği yorumu yapılmıştır.

Ürün kişiselleştirilme boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, CEM I- SR5 - Sülfata Dayanıklı Portland Çimentosu benzeri daha özelleştirilmiş ürünlerin Çimsa'nın olgunluğunu arttırabileceği, bununla beraber araştırma-geliştirme eforunda ve bütçesinde yapılacak değişikliklerle programlanabilir çimento, bükülebilir çimento, kendi kendini onaran çimento vb inovasyonlarla olgunluğun arttırabileceği, CIMM 4.0 seviyesine olan katkısı düşük olduğundan inovasyon yatırım kararının üst yönetimce tartışılabileceği yorumu yapılmıştır.

Bulut çözümleri kullanımı boyutunda Çimsa'nın, Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, uzun vade için yapılan planlarda bu olgunluk seviyesini en yüksek puana taşımak için fiziksel çözümlerin, bulut çözümlerine dönüştürülmesinin düşünülebileceği yorumu yapılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya’da küreselleşmenin etkilerinin her alanda fazlasıyla hissedilmeye başlandığı günümüzde, küresel rekabetin yarattığı bu baskının en büyük etkileri üretim sistemlerinde kendini göstermektedir.

İşgücü maliyetleri, ölçek ekonomisi, lojistik faktörler vb. avantajları iyi kullanan Uzakdoğulu üreticiler, tüm dünya üreticileri için büyük bir tehdit haline gelmiştir. Küresel rekabette oyun dışında kalmak istemeyen özellikle Avrupalı üreticiler için tek şans endüstriyel bir devrim olarak görülmüştür.

2011 yılında Almanya’da, Hannover Messe ticaret fuarında lansmanı yapılan, Almanya’nın devlet destekli stratejisi olan “Endüstri 4.0”, bu noktada yeni bir endüstriyel devrim olarak nitelendirilmiştir.

Temelde bir dijital dönüşüm felsefesini barındıran Endüstri 4.0 kavramı, tanıtım çalışmalarının başarısı sayesinde bu süreçlerde çoğu zaman tek başına anılan bir kavram olmuştur. Aslında bu süreç öncesinde başta Japonya ve ABD olmak üzere birçok ülkede dijital dönüşüm alanında stratejiler halihazırda mevcuttu.

Üretime ilişkin mümkün olan tüm faaliyetlerin dijital ortama taşınması üzerine kurulu bir kavram olan dijital dönüşüm, küresel rekabetin tekrar tesis edilebilmesi için önemli bir felsefe olarak görülmektedir. Üretim süreçlerinin dijital ortama taşınmasında temel beklentiler; işgücü maliyetinin bir avantaj olmaktan çıkması, tedarik zincirinin dijitalleşmesi sayesinde stok maliyetlerinin azalması, esnek üretim hatları sayesinde hem özelleştirilmiş hem de ölçek üretimine uygun üretimin yapılabilmesidir.

Lansmanının yapılmasının üzerinden neredeyse on yıl geçmiş olmasına karşın, Endüstri 4.0 kavramı geniş çevreler tarafından halen tam olarak anlaşılamamıştır. Tanıtımlarda sıklıkla endüstriyel robotların kullanılmış olması dolayısı ile kavram genellikle üretimde robot kullanılmasından ibaret olarak algılanmaktadır. Ancak üretim tarihine bakıldığında, üretimde robotların kullanılmasının 1960’larda gerçekleştiği görülmektedir.

Bu felsefeyi tam olarak anlamasına karşın nereden başlanması gerektiği, neler yapılması gerektiği konusunda ciddi sorunlar yaşayan endüstri çevreleri azımsanamayacak boyuttadır. Yalnızca kobi statüsünde olan şirketler değil, küresel ölçekte üretim yapan şirketlerin bile zaman zaman kayıtsız kaldığı görülmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, Endüstri 4.0 konusuna biraz daha açıklık kazandırmak, nereden başlanması ve neler yapılması gerektiği konusunda sistematik bir model ortaya koymaktır. Bu bağlamda Endüstri 4.0’ın anlaşılması, uyarlama ve uygulamanın nasıl gerçekleştirilebileceğinin anlaşılması, hangi süreçlerde nasıl değişiklikler yaşanacağını, hangi

alanlara nasıl yatırım yapılması gerektiğinin öngörülebilmesi gibi hususların çözüme kavuşturulması amaçlanmıştır.

Yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda bir işletmenin olgunluk seviyesi belirlenmiş, seviyenin geliştirilmesi için yapılabilecekler irdelenmiştir.

Literatürde dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 olgunluğunu değerlendiren çok sayıda olgunluk modeli olmasına karşın, bu çalışmaların tamamı üretim sistemleri genelini incelemektedir. Sektör özelinde yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda yapılan bu çalışma, çimento sektörü özelinde gerçekleştirildiğinden, literatürde ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Geneli kapsayan çalışmalar, sektör dinamiklerini göz önünde bulundurmamakta, sektör için önem arz etmeyen boyutları da sürece dahil etmektedir. Bu çalışma ile, çimento sektörü için çok önemli olmayan veya önem derecesi yüksek olan olgunluk boyutlarını ağırlıklandırarak, başarı oranı daha yüksek olabilecek bir modelin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Çalışmada ilk olarak dört endüstri devriminin etkileri, dijital dönüşüme ilişkin temel kavramlar, süreçler irdelenmiştir. Bu bağlamda teknolojik, yönetsel ve felsefi değişimler incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan verilerin temini için bir anket hazırlanmış , ankette The University Of Warwick'in iki özel danışmanlık firması ile beraber hazırlamış olduğu "An Industry 4 readiness assessment tool" raporunda verilen 6 ana boyutun altında toplanmış 37 alt boyut kullanılmıştır. Bu 37 dijital olgunluk boyutuna ilişkin sektör uzmanlarının görüşleri toplanmıştır.

Hazırlanan bu anket çimento sektöründe belirlenen tesis ve bu tesislerde görev yapan uzmanlar tarafından yanıtlanmıştır. Çalışmada çimento sektörünün seçilmesinin ana nedenleri; sektörün, farklı tesislerde benzer süreç, üretim ve teknolojik dinamiklerine sahip olması beklentisinin mevcut olması, çalışmanın etki alanının geniş olmasının istenmesi, örneklem hacminin geniş tutulmasının istenmesi ve şirketlere ilişkin bazı temel verilere ulaşabilmek istenmesi (pay senetleri Borsa İstanbul'a kote olan şirketlerin seçilmesi) olarak sıralanabilir.

Yukarıda belirtilen gerekçelerle, Türkiye'de çimento üretimi alanında faaliyet gösteren ve Borsa İstanbul'a (2019 yılında) kote olan 16 şirket seçilmiş, bunların olgunluk seviyelerine ilişkin veriler ve olgunluk boyutlarının ağırlıkları konusunda uzman görüşleri anket yolu ile temin edilmiştir.

Belirtilen şirketlerin üretim/bakım/operasyon /IT alanlarında çalışan, en az mühendis/uzman seviyesinde olan 268 profesyonele, profesyonel sosyal paylaşım platformu üzerinden anket gönderilmiştir. 64 kişi anketi tam olarak doldurup yanıtlayan, geriye kalan 204 kişi, anketi tam olarak doldurmayan, hiç yanıt vermeyen veya çeşitli gerekçelerle olumsuz yanıt verenlerden oluşmuştur. Bu bağlamda ankete katılım oranı %23,88 olarak gerçekleşmiştir.

Anket yanıtları sonucu, verilen dijital olgunluk boyutlarının çimento sektörü özelinde ağırlıkları hesaplanmıştır. Otomasyon varlığı 96,25 puan ile en yüksek ağırlığa sahip boyut olarak belirlenirken, 16,02 puan ortalaması ile ürün kişiselleştirilme en düşük ağırlığa sahip boyut olarak belirlenmiştir.

Yine anket sonuçlarından Türkiye çimento sektörünün, verilen 37 boyut için mevcut olgunluk seviyesi hesaplanmıştır. Sektörün en yüksek olgunluk seviyesine sahip olduğu boyut 3,13 puan ile “IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği” olarak belirlenirken, 1,00 puan ortalaması ile “Ürünlerin Dijital Özellikleri” en düşük olgunluk seviyesine sahip boyut olarak belirlenmiştir.

Boyutlara ilişkin olgunluk seviyelerinin, boyut ağırlıkları ile ağırlıklandırılması sonucunda elde edilen endekse İngilizce çimento sektörü olgunluk modeli anlamına gelen “Cement Industry Maturity Model” kelimelerinin baş harfleri ve 4. Sanayi devrimini temsilen 4.0 rakamının bir araya getirilmesi ile elde edilen CİMM 4.0 endeksi adı verilmiştir. Yapılan hesaplamalar Türkiye’de çimento üretimi alanında faaliyet gösteren şirketlerin ortalama CİMM 4.0 endeksi 2,26 olarak belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarının bir üretim tesisinde uygulanması kapsamında Mersin’de üretim tesisi bulunan Çimsa firması ile ortak çalışma yapılmıştır. Proje ekibi Mersin fabrikasında olsa da, merkezi yapı sebebi ile bazı konularda genel merkez (İstanbul) ve diğer fabrikalardan destek alınmıştır.

Firma ile yapılan ortak çalışmalar sonucunda Çimsa’nın CİMM 4.0 endeksi 2,37 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda Çimsa’nın endeks değerinin, Türkiye ortalamasının (2,26) üzerinde olduğu görülmüştür.

Firmanın olgunluk seviyeleri, Türkiye ortalaması ile karşılaştırılmış, sektör ortalamasına göre güçlü ve zayıf boyutları ortaya koyulmuştur. Çimsa, bulut çözümleri kullanımı ve strateji uygulama derecesi boyutlarında sektör ortalamasına göre ciddi anlamda güçlü iken, sektör ortalamasına göre zayıf olduğu boyutlar ürün verisi kullanım düzeyi ve performans göstergeleri olarak belirlenmiştir.

Bu veriler ışığında firma için bir yol haritası tasarlanmıştır. Proje ekibi (firma yetkilileri) ile yapılan görüşmeler sonucunda; önceliğin Türkiye ortalamasının altında kalan boyutlara verilmesi, sonrasında ağırlığı büyük olan boyutların değerlendirilmesi, ağırlığı 60 puanın altında olan boyutların etkisi düşünülerek gelişim planında en son sırada değerlendirilmesinin uygun olacağı görüşü bildirilmiştir. Bu kabullerden yola çıkılarak öncelikli değerlendirilecek boyutlar belirlenmiş, diğer boyutlar da irdelenmiştir.

Endüstri 4.0, dünyada üretim alanındaki tüm sektörlerde olduğu gibi çimento sektöründe de derin bir etki yaratacaktır. Zamanında ve yeteri derecede dönüşüm sağlayamayan şirketler, zaman içerisinde rekabet gücünü kaybedeceklerdir. Kapasite, hız,

esneklik, maliyet vb. tüm değişkenlerde geride kalacaklardır. Bazı boyutlar çimento sektörü için çok önemli bulunmasa da, zaman içerisinde sektördeki beklentilerin değişmesi ile bu boyutlar daha önemli hale gelecektir.

Genel anlamda sektörlerden bahsedilse de, Endüstri 4.0 dönüşümünde en büyük rol ülkelere düşmektedir. Hangi ülke olursa olsun, sınırları içerisinde faaliyet gösteren şirketlerin kat edeceği yolda en büyük pay kuşkusuz ki o ülkenin olacaktır. Ülkenin Endüstri 4.0 stratejilerinin varlığı ve etkinliği, o ülkede faaliyet gösteren şirketlerin dönüşüm hızını belirleyecektir. Birçok boyutun finansal kaynak gerektiriyor olması, şirketlerin ekonomik anlamda da desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Gelecekteki Çalışmalara Tavsiyeler

Daha önce de belirtildiği üzere, bu çalışma çimento sektörünün dijital olgunluk dinamikleri ve Türkiye’de çimento sektörünün olgunluğu konularına odaklanmıştır.

Çalışma sırasında karşılaşılan en önemli zorluklardan biri, anket uygulaması içeren tüm çalışmaların ortak ana sorunu olan örneklem hacmi olmuştur. Anketin yalın olarak hazırlanması, potansiyel katılımcılarla anket öncesi yakın iletişim kurulmasına karşın, geri dönüş oranı düşük kalmıştır. Sonraki çalışmalar kurgulanırken bu risk göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışma, Endüstri 4.0 ve dijital olgunluk seviyesinin çimento sektörü özelinde belirlenmesini amaçlamış olup, gelecek çalışmalarda benzer yöntem ve sistematipler kullanılarak farklı sektörler için özelleşmiş olgunluk modelleri geliştirilebilir. Ancak farklı sektörler için yapılacak çalışmalarda, anket geri dönüşlerinin sayıca düşük kalması ihtimaline karşın, sektörde erişilebilecek uzman sayısına ilişkin ciddi bir ön çalışma yapılması faydalı olacaktır.

Bu çalışmada boyutların ağırlıkları (önem dereceleri), yapılan anket yolu ile sektör uzmanları tarafından belirlenmiştir. Ancak boyutların ağırlıkları belirlenirken farklı yollar da izlenebilir. İleriki çalışmalarda, boyut ağırlıklarını belirlemek için açıklayıcı faktör analizi kullanılabilir. Farklı bir çalışma sistematiği de AHP yöntemi kullanılarak kurgulanabilir. Faktörlerin (boyutların) ağırlıkları bu yolla tespit edilebilir.

Bu çalışma üzerinden devam edecek çalışmalarda, zaman içerisinde çimento sektörü için önemini yitirecek olan boyutlar ile yine zaman içerisinde çimento sektörü için önemli hale gelecek boyutlar irdelenerek model güncellenebilir. Ayrıca henüz mevcut olmayan, zamanla ortaya atılacak yeni boyutlar da olacaktır. İleriki çalışmalarda bu yeni boyutlar da irdelenebilir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, analizi yapılan tesisin öz değerlendirmesi ve çalışmada elde edilen ortalama ile kıyaslanması için uygundur. Ancak firmaların birbiri ile

kıyaslanması için yeterli bir yapıdan bahsetmek mümkün değildir. Bu duruma çözüm olarak bir üst yapının oluşturacağı dinamik bir platform tasarlanabilir. Örneğin Türkiye Çimento Mühtasilleri Birliği vb bir örgütün uygulamaya koyacağı dinamik bir yapı ile, tüm çimento üreticileri sektörün ve sektörde faaliyet gösteren firmaların dijital olgunluk seviyelerini takip edebilir. Bu seviyeleri kullanarak kıyaslama metoduyla dijital gelişim yol haritasını yeniden şekillendirilebilir.

Bununla beraber, farklı ülkeler için çimento sektörü verileri temin edilerek, işletme/ülke bazında olgunluk seviyeleri karşılaştırılabilir.



KAYNAKLAR

- [1]. Acatech. (2018). *Industrie 4.0 maturity index*. Hamburg: Acatech
- [2]. Agca, O, Gibson, J., Godsell, J., Ignatus, J., Wyn Davies, C., ve Xu, O. (2017). *An industry 4 readiness assessment tool*. Coventry: Warwick Üniversitesi
- [3]. Aktepe, A., Pınarbaşı M., ve Yüzükırmızı, M. (2009). Bilgisayar bütünleşik imalat (cim) parametrelerinin oc (operating characteristic) eğrisine etkileri. 9. *Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*. 549-550. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi
- [4]. Akyurt, İ. Z. (2010). *Modern üretim sistemleri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık Ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- [5]. Abran, A., Laframboise, L., ve Bourque, P. (2004). *A risk assessment method and grid for software measurement programs*. Montreal: Université du Québec
- [6]. Alkhamisi, A., O., ve Monowar, M., M. (2013). Rise of augmented reality: current and future. *International Journal of Internet and Distributed Systems*, (1), 25-34.
- [7]. Altınpulluk, H. (2015). Artırılmış gerçekliği anlamak: kavramlar ve uygulamalar. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 123-131.
- [8]. Astm. *Additive manufacturing*. 25 Şubat 2019 tarihinde <https://www.astm.org/industry/additive-manufacturing-overview.html> adresinden erişildi.
- [9]. Avunduk, H. (2019). Yalın altı sigma: bir pet şişirme makinesinde süreç iyileştirme uygulaması. *Electronic Journal of Social Sciences*, 18(70), 633-653.
- [10]. Backman, A., ve Omne, O. (2019). *Sandvik*. 17 Kasım 2019 tarihinde https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/mww/pages/inn_amcenter.aspx adresinden erişildi.
- [11]. Başer, N. E. (2011). *I. sanayi devriminde teknolojik gelişmenin rolü*. Yayımlanmış doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
- [12]. Bayraktar, C., ve Gökçen, H. (2019). Makineler arası iletişim sistemlerinde güvenli veri aktarımı için bir hibrit güvenlik şema önerisi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(1), 56-65.
- [13]. Bhavar, V., Kattire, P., Patil, V.B., Khot, S., Gujar, K., ve Singh, R.R. (2014). A review on powder bed fusion technology of metal additive manufacturing. *4th International conference and exhibition on Additive Manufacturing Technologies*, (ss. 4). Hindistan: Bangalore.
- [14]. Bogner, E., Voelklein, T., Schroedel, O., ve Franke, J. (2016). Study based analysis on the current digitalization degree in the manufacturing industry in germany. *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, (ss.14-19). Almanya: Friedrich-Alexander University.
- [15]. Botti, V., ve Boggino, A., G. (2008). *ANEMONA: a mulit-agent methodology for holonic manufacturing systems*. Londra: Springer .
- [16]. Bulut, S. (2012). *Beyaz eşya yan sanayi sektöründe erp ve yalın üretim*. Yayımlanmış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- [17]. Canetta, L., Barni, A., ve Montini, E. (2018). Development of a digitalization maturity model for the manufacturing sector. *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation*, (ss.1-7). Almanya: Stuttgart.
- [18]. Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., ve Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, (ss.13-20). İtalya: Politecnico di Milano.
- [19]. Chen, D., Heyer, S., Ibbotson, S., Salonitis, K., Steingrimsdottir, J., G., ve Thiede, S. (2015). Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications. *Journal of Cleaner Production*, 107, 615-625.
- [20]. Chused, B. (2015). *4th platform*. 17 Aralık 2020 tarihinde <https://infocus.delltechnologies.com/ben-chused1/here-comes-the-4th-platform/> adresinden erişildi.
- [21]. Coopers, P. (2016). *Industry 4.0: building the digital enterprise*. Berlin: Pwc
- [22]. Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve simülasyon. *International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry*, 1(1), 9-26.
- [23]. Çelik, K., ve Özkan, A. (2017). Eklemeli imalat yöntemleri ile üretim ve onarım uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 107-121.
- [24]. Çimsa. (2018). *Çimsa entegre faaliyet raporu*. İstanbul: Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş. .
- [25]. Danford, M. (2019). *Additive manufacturing*. 15 Kasım 2019 tarihinde <https://www.additivemanufacturing.media/articles/is-direct-digital-manufacturing-right-for-you> adresinden erişildi.
- [26]. Dedeakayoğulları, H., ve Kaçal, A. (2020). Eklemeli imalat teknolojileri ve kullanılan talaşlı imalat yöntemleri üzerine yapılan çalışmaların değerlendirilmesi. *İmalat Teknolojileri ve Uygulamaları*, 1(1), 1-12.
- [27]. Deloitte. (2017). *Using autonomous robots to drive supply chain innovation*. Londra: Deloitte
- [28]. Demirel, M., Y., ve Karaağaç, İ. (2014). Bilgisayar destekli üretim süreçlerine genel bir bakış. *Mühendis ve Makina*, 55(652), 51-61.
- [29]. Devicioğlu, S., ve Yücel, A., S. (2012). Spor sektörü ve altı sigma yönetim modeli. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, (1), 17-24.
- [30]. Digitalage. *Dijital liderlerin gözünden covid-19'un dijital dönüşüme etkisi*. 4 Eylül 2020 tarihinde <https://digitalage.com.tr/dijital-liderlerin-gozunden-covid-19un-dijital-donusu-me-etkisi/> adresinden erişildi.
- [31]. Doğan, S., ve Demirel, Ö. (2008). Yalın yöntemler ve altı sigmayı içeren bütünleşik bir yaklaşım: yalın altı sigma. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(1), 343-366.
- [32]. Durgun, İ. (2018). Otomotiv ürün geliştirme sürecinde doğrudan dijital imalat. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7(1), 90-96.

- [33]. Educase. *Consider the three ds when talking about digital transformation*. 20 Ağustos 2020 tarihinde <https://er.educause.edu/blogs/2020/6/consider-the-three-ds-when-talking-about-digital-transformation> adresinden erişildi.
- [34]. Efil, İ. (1995). *Toplam kalite yönetimi ve toplam kaliteye ulaşmada önemli bir araç: iso 9000 kalite güvence sistemi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- [35]. Elagöz, İ. (2006). *Tedarik zinciri yönetimi yaklaşımının maliyet hesaplama çalışmalarına etkisi*. Yayınlanmış doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
- [36]. Elagöz, İ. (2008). *Tedarik zinciri yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının mevcut durumu ve geleceğe ilişkin değerlendirmeler*. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 6(1), 129-144.
- [37]. Endustri40. *Endüstri tarihine kısa bir yolculuk*. 30 Mart 2020 tarihinde <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> adresinden erişildi.
- [38]. Fuchs, C. (2018). Industry 4.0: the digital german ideology. *Triple C*, 16(1), 280-289.
- [39]. Ganzarain, J., ve Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in sme's toward industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(5), 1119-1128.
- [40]. Gartner. *Digitization*. 20 Ağustos 2020 tarihinde <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitization> adresinden erişildi.
- [41]. Gartner. *Digitalization*. 20 Ağustos 2020 tarihinde <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization> adresinden erişildi.
- [42]. Gartner. *Digital transformation*. 20 Ağustos 2020 tarihinde <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-transformation> adresinden erişildi.
- [43]. Gerger, A., ve Demir, B. (2010). Otomotiv servis hizmetlerinde yalın altı sigma kullanımı ile servis. *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 33-47.
- [44]. Gökalp, E., Şener, U., ve Eren, E. (2017). Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-mm. *17th International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination (SPICE)*. İspanya: Palma de Mallorca
- [45]. Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: a framework for research and development. *International Journal Of Production Economics*, 62(2), 87-105.
- [46]. Hinchcliffe, D. (2015). *4th platform*. 17 Aralık 2020 tarihinde <https://dionhinchcliffe.com/2015/05/04/the-rise-of-the-4th-platform-pervasive-community-data-devices-and-intelligence/> adresinden erişildi.
- [47]. Holubek, R., ve Kostal, P. (2013). The intelligent manufacturing systems. *Advanced Science Letters*, 19(3), 972-975.
- [48]. Huang, T. (2017). *Development of small-scale intelligent manufacturing system (SIMS)*. Yayınlanmış yüksek lisans tezi. The Arctic University Of Norway, Norveç.
- [49]. ICT. *The coming of third platform*. 20 Ağustos 2020 tarihinde <https://ict3765.blogspot.com/2015/09/the-coming-of-third-platform.html> adresinden erişildi.

- [50]. IBM. *Supply chain insights*. 9 Şubat 2020 tarihinde <https://www.ibm.com/products/supply-chain-insights?loc=tr-tr> adresinden erişildi.
- [51]. IBM. The coming of third platform. 9 Şubat 2020 tarihinde <https://ict3765.blogspot.com/2015/09/the-coming-of-third-platform.html> adresinden erişildi.
- [52]. İnovatif Kimya Dergisi. *Betondaki son inovasyonlardan: programlanabilir çimento*. 3 Kasım 2020 tarihinde <https://inovatifkimyadergisi.com/betondaki-son-inovasyonlardan-programlanabilir-cimento> adresinden erişildi.
- [53]. Kesayak, B. *Endustri 4.0*. 29 Mart 2020 tarihinde <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> adresinden erişildi.
- [54]. İbrahim, A. A. (2014). Quality management and its role in improving service quality in public sector. *Journal of Business and Management Sciences*, 2(6), 123-147.
- [55]. Israel, G. D. (2003). *Determining sample size*. University Of Florida, Florida.
- [56]. Kansoy, O., ve Dirgar, E. (2009). Altı sigma nedir. *Journal of New World Sciences Academy*, 4(1), 15-16.
- [57]. Karaboğa, T., ve Zehir, C. (2020). Henri Fayol ve yönetim alanına katkıları üzerine bir inceleme . *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 7, 53-68.
- [58]. Kaygın, E., Zengin, Y., ve Topçuoğlu, E. (2019). Endüstri 4.0'a akademik bakış. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1065-1081.
- [59]. Kobu, B. (2017). *Üretim yönetimi*. İstanbul: Beta.
- [60]. Kosky, P., Balmer, Robert T., Keat, William D., Wise, G. (2013). *Exploring engineering, third edition: an introduction to engineering and design 3rd edition*. Londra: Elsevier Science & Technology
- [61]. Kumar, V. (2010). Jit based quality management: concepts and implications in indian context. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(1), 40-50.
- [62]. Lamon, E., Franco, A., Peternel, L., ve Ajoudani, A. (2019). A capability-aware role allocation approach to industrial assembly tasks. *IEEE Robotics And Automation Letter*, 1-8
- [63]. Lee, J., Bagheri, B., ve Kao, H. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- [64]. Lee, S., G., Ma, Y., S., Thimm, G., L., ve Verstraeten, J. (2008). Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul. *Computers in Industry*, 59(2-3), 296-303.
- [65]. Levente, B., ve Dumitras, D. (2017). Holonic crisis handling model for corporate sustainability. *Sustainability*, 9(12), 1-17.
- [66]. Leyh, C., Schäffer, T., Bley, K., ve Forstenhäusler, K. (2016). SIMMI 4.0 - a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on industry 4.0. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, (ss. 1297-1302). Polonya: Gdansk.

- [67]. Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., ve Schröter, M. (2015). *Industry 4.0 readiness*. 25 Ocak 2020 tarihinde https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_Readiness_Study_1529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8 adresinden erişildi.
- [68]. Malavasi, M. (2017). *Lean manufacturing and industry 4.0: an empirical analysis between sustaining and disruptive change*. Yayınlanmış yüksek lisans tezi, Politecnico Di Milano School of Industrial and Information Engineering, Milano.
- [69]. Maleka, M. S. (2014). *Critical assessment of the effectiveness of performance management system of the department of communications*. Yayınlanmış yüksek lisans tezi, Management College of Southern Africa, Durban.
- [70]. Mandru, L., Patrascu, L., Carstea, C., G., Popescu, A., ve Birsan, O. (2011). Paradigms of total quality management. *International ISI Conference on Manufacuring Engineering, Quality and Production Systems*, (ss. 121-126). Romanya: Braşov.
- [71]. Manufacturing Lounge. *Additive vs subtractive manufacturing whats the difference*. 15 Aralık 2019 tarihinde <http://www.manufacturinglounge.com/additive-vs-subtractive-manufacturing-whats-the-difference/> adresinden erişildi.
- [72]. Meriç, A. (2011). *Yalın üretim ile kurumsal kaynak planlamasının bütünleştirilmesi*. Yayınlanmış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [73]. Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time, 4th Edition*. USA: CRC Press.
- [74]. Monostori, L., Kadar, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W., ve Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621-641.
- [75]. Morriss, S. B. (2000). *Automated manufacturing systems*. Boston: Springer.
- [76]. Nagalingam, V., ve Lin, C. (2008). CIM—still the solution for manufacturing industry. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24, 332-344.
- [77]. Newman, S., T., Zhu, Z., Dhokia, V., ve Shokrani, A. (2015). Process planning for additive and subtractive manufacturing technologies. *CIRP Annals*, 64(1), 467-470.
- [78]. Neyestani, B. (2017). *Principles and contributions of total quality mangement (tqm) gurus on business quality improvement*. Manila: De La Salle University
- [79]. Norman, J. (2013). *Geroge devol invents unimate, the first industrial robot*. 3 Ekim 2020 tarihinde <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4071> adresinden erişildi.
- [80]. Oral, O. M. (2017). *Betondaki son inovasyonlardan: programlanabilir çimento*. 10 Şubat 2020 tarihinde <https://inovatifkimyadergisi.com/betondaki-son-inovasyonlardan-programlanabilir-cimento> adresinden erişildi.
- [81]. Otomasyon Dergisi. (2019). *Endüstri 4.0 konsepti akıllı ürünler için gerekli koşulları yaratıyor*. 10 Şubat 2020 tarihinde <http://otomasyondergisi.com.tr/bolumler/fokus/endustri-4-0-konsepti-akilli-urunler-icin-gerekli-kosullari-yaratiyor/> adresinden erişildi.

- [82]. Özdemir, A. (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23), 87-96.
- [83]. Özer, M. A. (2013). Kalite yönetimini Edwards Deming'le yeniden okumak. *Humanitas*, 1(2), 127-150.
- [84]. Özgener, Ş. (2003). *Toplam kalite yönetimi*. Konya: Damla Ofset.
- [85]. Öztürk, İ. (2017). Altı sigma, yalın üretim ve yalın altı sigma metodolojisinin tarımsal işletmelerde verimlilik ve kalite üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(3), 201-208.
- [86]. Pacpro. *Cemulator proses simülatörü*. 11 Şubat 2020 tarihinde <http://pacpro.com/p/cemulator-proses-simulatu> adresinden erişildi.
- [87]. Pande, P., S., Neuman, R., P., ve Cavanagh, R. (2003). *Six sigma yolu*. İstanbul: Klan Yayınları.
- [88]. Park, H., S., ve Tran, N., H. (2011). An autonomous manufacturing system for adapting to disturbances. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (56), 1159-1165.
- [89]. Parlak, Z. (2000). *Yeni uluslararası iş bölümü yaklaşımının eleştirel bir değerlendirmesi*. Ankara: Türk Ağır Sanayi ve Hizmet Sektörü Kamu İşverenleri Sendikası Yayınları.
- [90]. Pekmezci, T., ve Demireli, C. (2005). Esnek üretim sistemleri: esnek üretim sistemlerinin tekstil işletmelerinde uygulanabilirliği üzerine bir araştırma. *C.Ü. İİBF Dergisi*, 6(1), 131-146.
- [91]. Peschl, M., Link, N., Hoffmeister, M., Gonçalves, G., ve Almeida, F., L. (2011). Designing and implementation of an intelligent manufacturing system. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 4(4), 718-745.
- [92]. Peshkin, M. A. (2001). Cobot architecture. *IEEE Transactions On Robotics And Automation*, 17(4), 377-390.
- [93]. Pirim, H. (2006). *Modern üretim sistemlerinin modellenmesinde canlı hücresi tabanlı yaklaşımlar ve bir senaryo uygulaması*. Yayımlanmış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [94]. Plessis, C. J. (2017). *A framework for implementing industrie 4.0 in learning factories*. Yayımlanmış yüksek lisans tezi, Stellenbosch Üniversitesi, Stellenbosch.
- [95]. Popkova, E., G., Ragulina, Y., V., ve Bogoviz, A., V. (2019). *Industry 4.0: industrial revolution of the 21st century*. İsviçre: Springer International Publishing.
- [96]. Pouspourika, K. (2019). *The 4 industrial revolutions*. 3 Ekim 2020 tarihinde <https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/> adresinden erişildi.
- [97]. Rockwell. (2014). *The connected enterprise*. Milwaukee: Rockwell Automation
- [98]. Ruzgas, T., Jakubeliene, K., ve Buivyte, A. (2016). Big data mining and knowledge discovery. *Journal of Communications Technology, Electronics and Computer Science*, (9), 5-9.
- [99]. Saaksvuori, A. I. (2008). *Product lifecycle management third edition*. Berlin: Springer.

- [100]. Sandvik-Coromant. (2018). *Tasarımın katkısız üretimle yeniden tanımlanması*. 25 Şubat 2020 tarihinde https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/mww/pages/inn_amcenter.aspx adresinden erişildi.
- [101]. Saydan, R. (2004). 1900'lerin ilk yıllarında Ford - General Motors rekabeti. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(11), 153-159.
- [102]. Sayer, S., ve Ülker, A. (2014). Ürün yaşam döngüsü yönetimi. *Mühendis ve Makina*, 55(657), 65-72.
- [103]. Schrauf, S., ve Bertram, P. (2015). *Industry 4.0 how digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused*. Berlin: Pwc
- [104]. Schumacher, A., Erol, S., ve Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, (52), 161-166.
- [105]. Scienceandindustrymuseum. (2019). *Richard Arkwright: Father of the factory system*. 5 Mart 2020 tarihinde <https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/richard-arkwright> adresinden erişildi.
- [106]. Siemens. (2019). *Siemens'in buluta bağlı yeni nesil ürünü 'Intelligent Vana'*. 10 Şubat 2020 tarihinde https://www.siemens.com.tr/web/1199-19165-1-1/siemens_turkiye_-_tr/siemens_turkiye/basin_bultenleri/siemensin_buluta_bagli_yeni_nesil_urunu_intelligent_vana adresinden erişildi.
- [107]. 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 moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people. *Research-Technology Management*, 61, 22-31.
- [108]. Skempton, A., W., Rennison, R., W., Cox, R., C., ve Ruddock, T. (2002). *Biographical dictionary of civil engineers in Great Britain and Ireland: 1500-1830*. Londra: Thomas Telford Ltd.
- [109]. Stanford. *Notes on the works of W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa and Genichi Taguchi*. 6 Eylül 2020 tarihinde https://web.stanford.edu/class/msande269/six_scholars_comparison.html adresinden erişildi.
- [110]. Starhub. (2018). *How the third platform has reshaped the business world*. 3 Eylül 2020 tarihinde <https://www.starhub.com/business/resources/blog/how-the-third-platform-has-reshaped-the-business-world.html> adresinden erişildi.
- [111]. Sugimura, N., Moriwaki, T., ve Hozumi, K. (1996). A study on holonic manufacturing systems and its application to real time scheduling problems. *International Working Conference on the Design of Information Infrastructure Systems for Manufacturing*, (ss. 411-422). Japonya: Kyoto.
- [112]. Sulzer. (2018). *Sulzer technical review*. 10 Mart 2020 tarihinde https://www.sulzer.com/-/media/files/about-us/sulzer-technical-review/str/2018-issue-2/str_2_2018.ashx?la=en adresinden erişildi.
- [113]. Suri, K., Cuccuru, A., Cadavid, C., Gerard, S., Gaaloul, W., ve Tata, S. (2017). Model-based development of modular complex systems for accomplishing system integration for industry 4.0. *5th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, (ss. 487-488). Portekiz: Setubal .

- [114]. Susanto, H., Almunawar, M., M., ve Kang, C., C. (2012). Toward cloud computing evolution: efficiency vs trendy vs security. *Computer Science Journal*, 2(2), 1-12.
- [115]. Szabolcs, C., L., ve Macedon, G. (2010). Examples of flexible manufacturing systems for milling machines with horizontal axis. *Annals Of The Oradea University. Fascicle Of Management And Technological Engineering*, 9(19), 68-71.
- [116]. Şakrak, M. (1997). *Maliyet yönetimi*. İstanbul: Yasa Yayınları.
- [117]. Şengün, H. Ü. (2017). Tam zamanında üretim (tzü)'nün kapsamı ve tzü'de temel sayılan kavramların incelenmesi. *International Journal of Management and Administration*, 1(1), 24-29.
- [118]. Taş, H. Y. (2018). Dördüncü sanayi devrimi'nin (endüstri 4.0) çalışma hayatına ve istihdama muhtemel etkileri. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 1817-1836
- [119]. TDK. 3 Eylül 2020 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/> adresinden erişildi.
- [120]. Tezel, T., Topal, E., S., ve Kovan, V. (2018). Hibrit imalat: eklemeli imalat ile talaşlı imalat yöntemlerinin birlikte kullanılabilirliğinin incelenmesi. *International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry*, 2(3), 60-65.
- [121]. Toker, K. (2018). Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri. *İstanbul Management Journal*, 29(84), 51-64.
- [122]. TÜBİTAK. (2016). *Yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası*. Ankara: TÜBİTAK.
- [123]. Türkan, Ö. U. (2010). Üretimde yalın dönüşümün temel performans kriterleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 28-41.
- [124]. Uluyol, Ç., ve Eryılmaz, S. (2015). Examining pre-service teachers' opinions regarding to augmented reality learning. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(3), 403-413.
- [125]. Upsteer. (2014). 30 Mart 2020 tarihinde <http://upsteer.com/iot.html> adresinden erişildi.
- [126]. Uysal, Ş. (2015). Performans yönetimi sisteminin tanımı, tarihçesi, amaç ve temel unsurlarına genel bir bakış. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 5(2), 32-39.
- [127]. Vazquez, D., ve Avella, L. (2006). Agile manufacturing: industrial case studies in Spain. *Technovation*, 26(10), 1147-1161.
- [128]. Weber, C., Konigsberger, J., Kassner, L., ve Mitschang, B. (2017). M2DDM – a maturity model for data-driven manufacturing. *Procedia CIRP*, 63, 173-178.
- [129]. WHO. (2020). *Coronavirus disease*. 4 Eylül 2020 tarihinde <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-coronaviruses#:~:text=symptoms> adresinden erişildi.
- [130]. Wikipedia. *Holon*. 10 Mart 2020 tarihinde [https://en.wikipedia.org/wiki/Holon_\(philosophy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Holon_(philosophy)) adresinden erişildi.
- [131]. Wikipedia. *The ghost machine*. 10 Mart 2020 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/The_Ghost_in_the_Machine adresinden erişildi.

- [132]. Xia, F., Yang, L., T., Wang, L., ve Vinel, A. (2012). Internet of things. *International Journal Of Communication Systems*, 25(9), 1101-1102.
- [133]. Yaşlıoğlu, M. M. (2017). Sosyal bilimlerde faktör analizi ve geçerlilik: keşfedici ve doğrulayıcı faktör analizlerinin kullanılması. *Istanbul University Journal of the School of Business*, 46(0), 74-85.
- [134]. Yusuf, Y., Sarhadi, M., ve Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. *International Journal Of Production Economics*, 62(1-2), 33-43.



EKLER**EK.1. ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ENDÜSTRİ 4.0 YAKLAŞIMINA İLİŞKİN UZMAN GÖRÜŞLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ANKETİ**

Sayın İlgili,

Bu çalışmanın amacı, çimento sektöründe Endüstri 4.0 yaklaşımına ilişkin uzman görüş ve düşüncelerini ortaya koymaktır. Ankette bulunan sorulara vereceğiniz cevaplar tarafımızca saklı tutulacak ve tamamen bilimsel amaçlı olarak kullanılacaktır.

Bu anket üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, ilgili boyutların çimento sektörü için önemini belirlemek amacıyla hazırlanan sorulardan; ikinci bölüm ise Türkiye çimento sektörünün bu boyutlar açısından hangi seviyede olduğunu belirlemek amacıyla hazırlanan sorulardan, üçüncü bölüm ise demografik sorulardan meydana gelmektedir.

Anket sonuçlarının sağlıklı olabilmesi bakımından, soruları samimi ve doğru olarak yanıtladığınız için teşekkür ederiz. Lütfen anketlerin üzerine isim belirtmeyiniz.

İlgi ve yardımlarınız için teşekkür ederiz.

BİRİNCİ BÖLÜM

Bu bölümde çimento sektörünü göz önünde bulundurduğunuzda maliyetleri düşürmek, karlılığı arttırmak ve operasyonları hızlandırmak için aşağıdaki boyutların ne kadar önemli olduğunu belirtiniz. Hiç önemi olmadığını düşündüğünüz boyuta 0 puan, en önemli olduğunı düşündüğünüz boyuta 100 puan veriniz.

BOYUT NO	BOYUT ADI	BOYUT ÖNEM DERECE
1	Ürünlerin Kişiselleştirilmesi	
2	Ürünlerin Dijital Özelliklerinin Varlığı	
3	Veri Odaklı Hizmetlerde Müşteri ile Entegrasyon	
4	Ürünlere İlişkin Verilerin Kullanılması	
5	Veri Odaklı Hizmetlere Bütçeden Pay Ayrılması	
6	Otomasyon Kullanım Oranı	
7	Makine Ve Sistemlerin Entegre Olması	
8	Makine Ve Sistemlerin Endüstri 4.0 Hazırlığının Olması	
9	Otonom Güdümlü İş Birimlerinin Varlığı	
10	Kendini Optimize Eden Süreçlerin Varlığı	
11	Dijital Modelleme Kullanılması	
12	Operasyonel Verilerin Toplanması	
13	Operasyonel Verilerin Kullanılması	
14	Bulut Çözümlerinin Kullanılması	
15	IT (Bilgi Teknolojileri) ve Veri Güvenliğinin Sağlanması	

16	Endüstri 4.0 Stratejisinin Süreçlere Uygulanması	
17	Endüstri 4.0 Odaklı Performans Göstergelerinin Varlığı	
18	Endüstri 4.0'a Yönelik Yatırımların Yapılması	
19	Dijital ve Analitik Yeteneklere Sahip Çalışanların Sayısı	
20	Birimler Arasında İşbirliği Olması	
21	Lider Takımın Endüstri 4.0 Bilinci ve Desteğinin Olması	
22	Endüstri 4.0 Yatırımları İçin Maliyet/Fayda Analizi Yapılması	
23	Stok Kontrolünün Gerçek Zamanlı Olarak Yapılması	
24	Süreçlerde Tedarikçi/Müşterilerle Entegre Olunması	
25	Tedarik Zinciri Bileşenlerinin (Tesis Yeri, Kapasite, Stok, Operasyonlar) Tedarik Zinciri Boyunca Gerçek Zamanlı Olarak Görünür Durumda Olması Ve Optimizasyon İçin Kullanılması	
26	Tedarik Zincirinin Pazar Değişiklikleri ve Değişen İhtiyaçlara Verdiği Tepki Süresi	
27	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	
28	"Hizmet Olarak" (As a Service)* Çalışma İş Modelinin Varlığı	
29	Karar Verme Sürecinde Veri Analizinden Faydalanılması	
30	Ürünün Her Aşamada Gerçek Zamanlı Olarak İzlenmesi	
31	Makinelerin Arıza Tespit Stratejisi ve Bakım Planlama Etkinliği	
32	Çevrimiçi Ve Çevrimdışı Pazarlama Kanallarının Entegre Olması	
33	IT (Bilgi Teknolojileri) Sistemlerinin Süreçlere Olan Desteği	
34	Sözleşmelerin Esnek Olması	
35	Risk Yönetiminin Etkin Olması	
36	Veri Güvenliğinin Sağlanması	
37	Fikri Mülkiyet Haklarının Korunması	

* "Hizmet Olarak" (As a service) modeli, yazılım-platform vb bulut bilişim ihtiyaçları tamamı ile satın almak yerine, bu ihtiyaçların hizmet olarak karşılanmasıdır. Örneğin iş için gerekli olan bir yazılımın indirilmesi ve kurularak masaüstünde çalıştırılması yerine bir internet tarayıcısı üzerinden kullanılması sürecine "Hizmet Olarak Yazılım" modeli (SaaS) denir. Bunun dışında "Hizmet Olarak Altyapı" (IaaS) ve "Hizmet Olarak Platform" (PaaS) gibi modeller de mevcuttur.

İKİNCİ BÖLÜM

Bu bölümde, aşağıdaki boyutlar için düzenlenmiş ifadelerden yola çıkarak, görev yapmakta olduğunuz tesiste yürütülmekte olan çalışmaları en iyi ifade eden yalnızca 1 tanesini (X) koyarak işaretleyiniz.

Seviye 1, Seviye 2, Seviye 3, Seviye 4 seçeneklerinden yalnızca birine işaret (X) koyarak cevaplandırınız.

Boyut No	BOYUTLAR	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
1.	Ürün Kişiselleştirilme	Üründe kişiselleştirme yok, standartlaşmış kütle üretimi yapılıyor ()	Ürünlerin çoğunluğu büyük partiler halinde yapılıyor, sonradan sınırlı olarak farklılaştırılabilir ()	Ürünler büyük ölçüde özelleştirilebilir, ama hala standart taban mevcuttur ()	Tamamen kişiselleştirilebilen ürünler mevcuttur ()
2.	Ürünlerin Dijital Özellikleri	Ürünlerin sadece fiziksel değerleri mevcuttur ()	Ürünlerin fikri mülkiyetten gelen lisans değerleri mevcuttur ()	Ürünlerin bazı dijital özellikleri ve fikri mülkiyetten gelen lisans değerleri mevcuttur ()	Ürünlerin ileri seviye dijital özellikleri ve fikri mülkiyetten gelen lisans değerleri mevcuttur ()
3.	Veri Odaklı Hizmetler	Veri odaklı hizmetlerde müşteri entegrasyonu yoktur ()	Veri odaklı hizmetler küçük müşteri entegrasyonlarıyla sunulabilir ()	Veri odaklı hizmetler müşteri entegrasyonlarıyla sunulabilir ()	Veri odaklı hizmetler müşteriye tamamen entegrasyonla sunuluyor ()
4.	Ürün Verisi Kullanım Düzeyi	Veri kullanımı yok ()	Toplanan verinin %0-%20'si kullanılıyor ()	Toplanan verinin %20-%50'si kullanılıyor ()	Toplanan verinin %50'den fazlası kullanılıyor ()
5.	Veri odaklı hizmetlere bütçeden ayrılan pay	Veri odaklı hizmetlere ayrılan pay ilk seviyede (<%2,5) ()	Veri odaklı hizmetlere ayrılan pay orta seviyede (<%7,5) ()	Veri odaklı hizmetlere ayrılan pay ileri seviyede (%7,5-%10) ()	Veri odaklı hizmetler, bütçede önemli bir rol oynuyor (>%10) ()
6.	Otomasyon varlığı	Bazı makineler otomasyonla kontrol ediliyor ()	Bazı makine ve sistemler otomasyonla kontrol ediliyor ()	Çoğu makine ve sistemler otomasyonla kontrol ediliyor ()	Makine ve sistemler tamamen otomasyonla kontrol ediliyor ()
7.	Makine ve işletim sistemi entegrasyonu (M2M)	Makine ve sistemlerin M2M kabiliyeti yok ()	Makine ve sistemler bir dereceye kadar birlikte çalışabiliyor ()	Makine ve sistemler arasında kısmen entegrasyon mevcuttur ()	Makine ve sistemler arasında tam entegrasyon mevcuttur ()
8.	Ekipmanların Endüstri 4.0 Hazırlığı	Endüstri 4.0'la tanışmak için çok ciddi revizyonlar gerekiyor ()	Bazı makine ve sistemler güncellenmelidir ()	Makineler bazı gerekliliklere sahiptir ve gerekirse güncellenebilecek durumdadır ()	Makine ve sistemler tüm gelecek gereksinimlere sahiptir ()
9.	Otonom Güdümlü İş birimleri	Otonom güdümlü işbirimi mevcut değildir ()	Otonom güdümlü işbirimi mevcut değil ancak pilot çalışmalar mevcuttur ()	Seçilmiş bazı alanlarda otonom güdümlü işbirimleri mevcuttur ()	Otonom güdümlü işbirimleri geniş alanlarda mevcuttur ()

10.	Kendini optimize eden süreçler	Kendini optimize eden süreçler mevcut değildir ()	Kendini optimize eden süreçler mevcut değil ancak gelişmiş işlerde pilot çalışmalar mevcuttur ()	Seçilmiş bazı alanlarda kendini optimize eden süreçler mevcuttur ()	Kendini optimize eden süreçler geniş alanlarda mevcuttur ()
11.	Dijital modelleme	Dijital modelleme mevcut değildir ()	Bazı süreçlerde dijital modelleme kullanılıyor ()	Çoğu süreçte dijital modelleme kullanılıyor ()	Tüm ilgili süreçlerde tam dijital modelleme kullanılıyor ()
12.	Operasyonel veri toplama	Gerekli durumlarda manuel veri toplanıyor (Ör: Kalite kontrol amaçlı örnekleme) ()	Belirli alanlarda gereken veriler dijital olarak toplanıyor ()	Birçok alanda kapsamlı dijital veri toplanıyor ()	Tüm süreçlerde kapsamlı dijital veriler toplanıyor ()
13.	Operasyonel veri kullanımı	Veriler sadece kalite amacı ile ve düzenleyici amaçla kullanılıyor ()	Bazı veriler süreç kontrolünde kullanılıyor ()	Bazı veriler süreç kontrol ve optimizasyonunda kullanılıyor (Ör: Kestirimci bakım) ()	Tüm veriler hem süreçleri optimize etmek için hem de karar vermede kullanılıyor ()
14.	Bulut çözümleri kullanımı	Bulut çözümleri mevcut değildir ()	Bulut tabanlı yazılımlar, veri depolama ve veri analizi için temel seviye çözümler planlanmıştır ()	Bazı iş alanlarında pilot çözümler uygulanıyor ()	İş süreçleri genelinde çoklu çözümler uygulanıyor ()
15.	IT (Bilgi Teknolojileri) ve veri güvenliği	IT güvenlik çözümleri planlanmıştır ()	IT güvenlik çözümleri kısmen uygulanıyor ()	Kapsamlı IT güvenliği çözümleri uygulanıyor ()	IT güvenlik çözümleri ilgili tüm alanlarda uygulanıyor ve uyumluluğu sık sık gözden geçiriliyor ()
16.	Strateji uygulama derecesi	Endüstri 4.0, birimler bazında tanınmaktadır ancak stratejiye entegre edilmemiştir ()	Endüstri 4.0, iş stratejisine dahil edilmiştir ()	Endüstri 4.0 stratejisi, iş ile ilişkilendirilmiştir ve yaygın bir şekilde anlaşılmıştır ()	Endüstri 4.0 stratejisi tüm iş alanlarına uygulanmaktadır ()
17.	Performans göstergeleri	KPI*'lar Endüstri 4.0 odaklı değildir ()	Endüstri 4.0 destekleyen bazı ölçümler mevcuttur ()	İş ile ilgili Endüstri 4.0 metrikleri yaygın olarak anlaşılmıştır ve aylık raporlarda kullanılmaktadır ()	İş metrikleri ve kişisel gelişim planları Endüstri 4.0 hedeflerine odaklanmıştır ()
18.	Yatırımlar	Bir iş alanında temel Endüstri 4.0 yatırımı mevcuttur ()	Daha gelişmiş iş alanlarında Endüstri 4.0 yatırımları mevcuttur ()	Birden fazla iş alanında Endüstri 4.0 yatırımları mevcuttur ()	Tüm iş alanlarında Endüstri 4.0 yatırımları mevcuttur ()

* KPI : Key Performance Indicator (Anahtar-Temel Performans Göstergesi) kelimelerinin ilk harflerinden oluşan kısaltmadır. İşin herhangi bir süreci için belirlenmiş, sistematik ve ölçülebilir hedefleri ifade etmektedir.

19.	İnsan yetenekleri	Çalışanların dijital teknoloji konusunda çok az deneyimi var veya hiç deneyimi yok ()	Teknoloji odaklı iş alanlarında bazı dijital yeteneklere sahip çalışanlar mevcuttur ()	Çoğu iş alanında geliştirilmiş dijital ve veri analizi yetenekleri mevcuttur ()	Tüm iş süreçleri genelinde dijital ve analitik yetenekler mevcuttur ()
20.	İşbirliği	İş süreçleri sadece fonksiyonel birimlerde yürütülüyor ()	Birimler arasında sınırlı etkileşim var ()	Birimler çapraz fonksiyonel işbirliğine açıktır ()	Birimler, şirketler arası çapraz fonksiyonel işbirliğine açıktır ()
21.	Liderlik	Lider takımı Endüstri 4.0 yatırımlarının öneminin farkında değil ()	Lider takım, Endüstri 4.0'ın potansiyel faydalarını araştırıyor ()	Lider takım, Endüstri 4.0'ın finansal faydalarını biliyor ve yatırım planları geliştiriyor ()	Lider takım ve diğer iş birimleri Endüstri 4.0'a yaygın destek veriyor ()
22.	Finans	Kayda değer bir Endüstri 4.0 yatırımı yoktur ()	Devam eden Endüstri 4.0 yatırımları için maliyet/fayda analizi yoktur ()	Endüstri 4.0 yatırımları için yıllık maliyet/fayda analizi mevcuttur ()	Endüstri 4.0 yatırımları için 3 aylık periyotlarda maliyet/fayda analizi mevcuttur ()
23.	Gerçek zamanlı veri yönetimini kullanarak stok kontrolü	Stok seviyeleri belirlenmiştir ()	Stok seviyelerinin manuel güncellendiği bilgisayar veritabanı kullanılıyor ()	Stok seviyelerinin akıllı cihazlarla güncellendiği bilgisayar veritabanı kullanılıyor ()	Stok seviyelerinin akıllı cihazlarla güncellendiği gerçek zamanlı veritabanı kullanılıyor ()
24.	Tedarik zinciri entegrasyonu	Tedarikçiler ve müşterilerle reaktif iletişim mevcuttur ()	Gerektiğinde tedarikçiler ve müşterilerle temel seviye iletişim ve veri paylaşımı mevcuttur ()	Kilit stratejik tedarikçiler/müşterilerle veri transferi mevcuttur ()	Tedarikçi/müşterilerle, uygun süreçlerde tamamen entegre sistemler mevcuttur ()
25.	Tedarik zinciri görünürlüğü	Tedarikçi veya müşterilerle entegrasyon mevcut değil ()	Tesis yeri, kapasite, stok ve operasyonlar birinci kademe tedarikçiler ve müşteriler arasında görünür durumdadır ()	Tesis yeri, kapasite, stok ve operasyonlar tedarik zinciri boyunca görünür durumdadır ()	Tesis yeri, kapasite, stok ve operasyonlar tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı olarak görünür durumda ve optimizasyon için kullanılıyor ()
26.	Tedarik zinciri esnekliği	Pazardaki değişikliklere yavaş tepki veriliyor ()	Pazardaki değişikliklere orta seviye tepki veriliyor ve genel müşteri ihtiyaçları değişimi karşılanıyor ()	Pazardaki değişikliklere orta seviye tepki veriliyor ve özelleşmiş müşteri ihtiyaçları değişimi karşılanıyor ()	Pazardaki değişikliklere hemen tepki veriliyor ve özelleşmiş müşteri ihtiyaçları değişimi karşılanıyor ()
27.	Hammadde/Malzeme Teslim Süreleri	Yüksek stok seviyeleri ile sonuçlanan uzun malzeme teslim süreleri mevcuttur ()	Bazı malzeme gruplarında teslim sürelerini kısaltmak amacı ile iyileştirmeler belirlenmiştir ()	Kritik malzemelerde teslim sürelerini kısaltmak için bazı geliştirmeler yapılmıştır ()	Sipariş üzerine üretim sistemini verimli kullanabilmek için farklılaşmış stok politikaları ve teslim süreleri uygulanmaktadır ()

28.	"Hizmet Olarak" (As a service) çalışma iş modeli	Farkındalık yoktur ()	Farkındalık mevcut ve başlangıç seviyesinde gelişim planları mevcuttur ()	Yüksek farkındalık ve uygulama planları geliştiriliyor ()	"Hizmet Olarak" modeli uygulanıyor ve müşteriye teklif ediliyor ()
29.	Karar verme sürecinde veri analizinden faydalanılması	Veri yaygın bir şekilde analiz edilmiyor ()	Bazı veriler analiz ediliyor ve iş raporlarında kullanılıyor ()	Çoğu veri analiz ediliyor ve sonuçları iş kararlarında dikkate alınıyor ()	İlgili tüm veriler analiz ediliyor ve iş kararlarını besliyor ()
30.	Gerçek zamanlı ürün izleme	Sınırlı ürün takibi yapılabilir ()	Ürün, üretim ve iç dağıtım alanları boyunca takip edilebiliyor ()	Ürün, müşterinin dağıtım alanına varıncaya kadar, üretim ve dağıtım alanları boyunca takip edilebiliyor ()	Ürün, yaşam döngüsünü tamamlayıncaya kadar takip edilebiliyor ()
31.	Gerçek zamanlı ve otomatik planlamalı bakım	Ekipmana, bakım planına uygun olarak manuel bakım yapılıyor ()	Bazı makineler performans sorunu olduğunda operatörü uyarıyor ve manuel olarak bir bakım planı oluşturulmasını sağlıyor ()	Bazı makinelerin kendi arızasını tespit özelliği var ve bakım planlama sistemine otomatik olarak veri aktarıyor ()	Makineler genelde kendi arızalarını tespit ediyor ve bakım planı makinelerden gelen gerçek zamanlı bilgilerle kendi kendini düzenliyor ()
32.	Entegre pazarlama kanalları	Çevrimiçi varlıklar çevrimdışı kanallardan tamamen ayrılmıştır ()	Çevrimiçi ve çevrimdışı kanallar kendi içinde entegrasyona sahiptir ancak kanalların birbiri ile entegrasyonu yoktur ()	Entegre kanallar ve kişiselleştirilmiş müşteri yaklaşımı mevcuttur ()	Tüm kanallarda entegre müşteri deneyim yönetimi mevcuttur ()
33.	IT (Bilgi Teknolojileri) destekli işler	Ana iş süreçleri IT tarafından destekleniyor ()	Bazı iş süreçleri IT tarafından destekleniyor ve entegredir ()	Süreçlere tam IT desteği var ancak tamamen entegre değildir ()	IT sistemleri tüm şirket süreçlerini destekliyor ve entegredir ()
34.	Sözleşme modelleri	Sözleşme süreçleri tanımlanmış ve değiştirilmiyor ()	Sözleşme süreçlerinde, operasyonel değişiklikleri yansıtan bazı değişiklikler mevcut ()	Bazı 'amiral gemisi' projeleri yeni sözleşme modelleri içeriyor ancak tüm süreçlerde standart değil ()	Tüm sözleşmeler davranışsal ve en iyi sonuç için tarafları teşvik ediyor ()
35.	Risk	Yeni riskler belirlenmemiş ve değerlendirilmiyor ()	Yeni riskler belirlenmiş veya değerlendirilmiş ancak azaltma planı mevcut değildir ()	Yeni riskler belirlenmiş veya değerlendirilmiş, sınırlı azaltma planları mevcuttur ()	Değişen risk profili değerlendiriliyor ve bunları azaltmaya yönelik prosedürler mevcuttur ()
36.	Veri güvenliği	Veri korumaya yönelik politika ve prosedür mevcut değildir ()	İç politikalar var ancak tedarikçi/müşterilerle uyum göz önünde bulundurulmuyor ()	İyi anlaşılmış güçlü politika ve prosedürler mevcut ancak genel veri koruma yönetmeliğine göre güncellenmiyor ()	Yeni bir Genel Veri Koruma Yönetmeliği denetimi yapılmış ve Endüstri 4.0 uyumu mevcuttur ()

37.	Fikri mülkiyet	Yeni ürün ve hizmetlerdeki fikri mülkiyet hakları tespit edilmemiş veya korunmuyor ()	Yeni ürün ve hizmetlerde fikri mülkiyet bilinci mevcut ancak hiçbir yasal koruma tanımlanmamış veya uygulanmıyor ()	Ürün ve hizmetlerde fikri mülkiyet hakları tanımlanmış ve kısmen tescillerin /sözleşmeye bağlı hakların gerekli olup olmadığı ve gerekli adımlar atılıp atılmadığına ilişkin değerlendirmeler yapılıyor ()	Ürün ve hizmetlerdeki fikri mülkiyet hakları tanımlanmış ve kayıtların/ sözleşmeye bağlı hakların gerekli olup olmadığı ve gerekliyse uygun adımlar atılıp atılmadığına ilişkin değerlendirmeler yapılıyor ()
-----	-----------------------	---	---	--	---



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Bu bölümde 1-11 arası sorulardaki demografik bilgileri ve şirkete ilişkin bilgileri, en uygun seçeneğe (X) koyarak işaretleyiniz. Yalnızca 1 seçeneği işaretleyiniz. 12. soruyu metin olarak belirtiniz.

1.	Eğitim Durumunuz	Lise ()	Ön lisans ()	Lisans ()	Yüksek Lisans ()	Doktora ()
2.	Tesisteki Pozisyonunuz	Mühendis - Uzman ()	Şef - Yönetici ()	Müdür ()	Direktör ()	Direktör Üzeri ()
3.	Yaşınız					
4.	Şirketteki İş Tecrübeniz (Yıl)					
5.	Toplam İş Tecrübeniz (Yıl)					
6.	Tesisinizin Bulunduğu İl					

EK.2. ÇİMSA İLE İMZALANAN GİZLİLİK SÖZLEŞMESİ

GİZLİLİK SÖZLEŞMESİ

Madde 1 - Taraflar

İşbu gizlilik sözleşmesi (“Sözleşme”) merkezi ALLIANZ TOWER PLAZA KÜÇÜKBAKKALKÖY MAHALLESİ KAYIŞDAĞI CADDESİ NO :1 KAT:23-24 ATAŞEHİR/İSTANBUL adresinde bulunan Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Çimsa) ile diğer tarafta, 32425649106 T.C. kimlik numaralı GÖKCE YÜCE (Kişi) adlı kişi arasında 23.10.2019 tarihinde imzalanmıştır.

Bundan sonra Çimsa ile Kişi ayrı ayrı “Taraflar” birlikte “Taraflar” olarak anılacaktır.

Madde 2 – Konu ve Kapsam

İşbu Sözleşme’nin konusu ve amacı, Kişi’nin “ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK MODELİ ÖNERİSİ” konulu doktora tezinin (“Tez”) uygulamasını Çimsa’da yapmasına yönelik olarak Çimsa’nın Dijital olgunluk seviyesinin çıkarılmasına yönelik olarak karşılıklı bilgi ve belge paylaşmaktır (“Uygulama”). Uygulama Çimsa’nın Dijital Karnesinin çıkarılmasını hedeflemekte olup, . ilgili bilgi ve belge paylaşımı, bu sürece ilişkin olarak kullanılmak amacıyla paylaşılacaktır (“Amaç”).

Taraflar, Uygulama kapsamında ilişki içinde olacağından ve Amaç gereği yazılı veya sözlü olarak bilgi ve belge alışverişinde bulunacaklarından, bu bilgi ve belgelerin gizliliğini teminen işbu Sözleşme’nin imzalanması hususunda anlaşmaya varmışlardır.

İşbu Sözleşme hiçbir şekilde Çimsa’ya Kişi ile başka sözleşmeler imzalama yükümlülüğü veya Uygulama’yı gerçekleştirmeye ilişkin bir yükümlülük getirmez.

Madde 3 - Gizli Bilginin Tanımı

İşbu Sözleşme kapsamında gizli bilgi, sayılacakları içermek ve fakat bunlarla sınırlı olmamak üzere, Taraflar’ın kendisi, işçileri, acenteleri ya da çalışanlarınca; diğer Taraf’ın işçileri, acenteleri ya da çalışanlarına, yazılı, sözlü veya elektronik ortamda ya da her ne yöntemle olursa olsun; açıklanan her türlü, bilgi, belge, buluş, iş, metot, ilerleme ve patent, telif hakkı, marka, evrak, veri, çizimler, teknik çizimler, fikirler, özellikler, teknik resimler, diyagramlar, ayrıntılı tasarımlar, modeller, örnekler, akış diyagramları, bilgisayar programları, diskler, veri taşıyan her türlü gereç, teknoloji, know-how, finansal ve ticari bilgi, pazarlama politikaları, fiyat politikaları, tedarikçi firmalar, müşteriler, bayiler ve tecrübe, ticari sır olarak yasal korumaya konu olamasa bile diğer her türlü yenilik ve tarafların aralarındaki ticari ilişki esnasında yazılı ya da sözlü yoldan öğrenecekleri ve özellikle tüm ticari, mali, teknik bilgiler; bilgiyi paylaşan taraf tarafından gizlilik niteliği belirtilmemiş olsa dahi Gizli Bilgi olarak kabul edilir.

Kişi, işbu Sözleşme metninin, işbu Sözleşmede ayrıntıları verilen Uygulama’nın, Uygulama çerçevesinde Kişi tarafından yapılacak çalışmalar ve ortaya çıkacak sonuçların da Gizli Bilgi olduğunu, söz

konusu çalışma ve sonuçların yalnızca Çimsa kullanımına özgü olduğunu, bunları 3. Kişilere hiçbir surette açıklamayacağını ve kendisi ya da başka projeler için kullanmayacağını ve bu Gizli Bilgiler’i herhalükarda sadece Amaç ile limitli olarak kullanacağını kabul, beyan ve taahhüt eder.

Madde 4 - Gizli Bilginin Korunması

Taraflardan her biri kendine ait Gizli Bilgiler üzerinde münhasıran hak sahibidir. Taraflar kendilerine diğer taraf tarafından açıklanan Gizli Bilgiyi sadece Uygulama ve Amaç çerçevesinde kullanmayı ve gizliliğine hâlel getirecek her türlü davranıştan kaçınarak korumayı, herhangi bir üçüncü kişiye her ne suretle olursa olsun vermemeyi ve/veya alenileştirmemeyi ve doğrudan ya da dolaylı olarak aralarındaki ilişkinin Amacı dışında kullanmamayı, ayrıca Gizli Bilgi’nin korunması ve ifşasının engellenmesine yönelik olarak gerekli hertürlü önlemi almayı ve aksi halde aykırılıktan kaynaklı olarak tüm zarar ve ziyandan bizzat sorumlu olmayı kabul ve taahhüt eder.

Taraflar, diğer tarafın önceden alınmış yazılı izni olmaksızın Gizli Bilgiyi Uygulama ve Amaç dışında hiçbir surette kullanmamayı ve/veya bu Gizli Bilgiden bir kısmını ve/veya tamamını kullanarak bir menfaat temin etmemeyi veya üçüncü kişilere böyle bir menfaat olanağı yaratmamayı kabul beyan ve taahhüt eder.

Taraflar kendi gizli bilgilerini korumakta gösterdiği özenin en az aynısını diğer tarafın gizli bilgilerini korumakta da göstermeyi kabul ve taahhüt eder. Taraflar ancak Uygulama ve Amaç’ın gerçekleştirilmesine yönelik olarak zorunlu hallerde ve işi gereği bu bilgiyi, öğrenmesi gereken işçilerine “bilmesi gereken” prensibine göre vermeyi, alt çalışanlarına ve kendilerine bağlı olarak çalışan diğer kişilere konu ile ilgisi ve kendisinden beklenen hizmetlerle sınırlı kalmak ve karşı tarafın yazılı onayını almak kaydıyla ve işbu Sözleşme hükümlerine uymalarını sağlamak şartıyla verebilir. Bu durumlarda Kişi bilginin gizliliği hususunda işçilerini, alt çalışanlarını ve kendilerine bağlı olarak çalışan diğer kişileri önceden bilgilendirecek ve korunması gerekliliğine yönelik olarak sıkı bir şekilde uyaracak ve zaman zaman ihlallerin olmasını önlemek adına denetleyecektir. Taraflar, işçilerinin, alt çalışanlarının ve kendilerine bağlı olarak çalışan diğer kişilerin işbu Sözleşme yükümlülüklerine aykırı davranmayacaklarını ve böyle davranmaları halinde doğabilecek her türlü zarardan bizzat kendisinin doğrudan sorumlu olacağını peşinen kabul ve taahhüt eder.

Taraflar, Amaç’ın yerine getirilmesi için gerekli olan haller dışında Gizli Bilgiler’i tamamen veya kısmen herhangi bir şekilde kopyalamamayı veya çoğaltmamayı; eğer diğer tarafın ön yazılı onayına istinaden tamamen veya kısmen kopyalanmış veya çoğaltılmışsa, kopyalanmış veya çoğaltılmış nüshaların üzerinde de Sözleşme’de yeralan gizlilik yükümlülüğünün devam ettiğini bilmektedirler.

Taraflar, bu Sözleşme’ye aykırı davranış halinde, diğer Taraf’ın, Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Sınai Mülkiyet Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti’nin imzalamış olduğu uluslararası anlaşmalar, Türk Ceza Kanunu ve mevzuatın kendisine tanıdığı hukuki ve cezai her türlü yasal hakkını kullanacağını bilincinde olduğunu ve masrafları bu şekilde aykırı davranan Taraf nam ve hesabına olmak üzere, bilginin bu şekilde ifşasının durdurulmasına yönelik ihtiyati tedbir de dahil hertürlü önlemi alma hakkı olduğunu kabul beyan ve taahhüt eder.

Gizli Bilgileri ifşa eden taraf, bu Sözleşme'yi ihlal ederek Gizli Bilgileri kullanmasından veya ifşa etmesinden dolayı, ortaya çıkan her türlü masraf, gider, zarar, tazminat, dava ve kovuşturmayaya karşı diğer tarafı zarardan azade tutmayı ve her türlü zararlarını ilk talepte nakden ve defaten tazmin etmeyi taahhüt etmektedir.

Madde 5 - Gizli Bilgi Tanımına Girmeyen Bilgiler

Aşağıda gösterilen bilgiler, Gizli Bilgi niteliğinde değildir: (i) Yürürlükte olan kanun ya da düzenlemeler ya da verilmiş olan bir mahkeme kararı, idari emir gereğince açıklanması gereken bilgiler ki, bu durumda dahi gizli bilgiyi açıklamak zorunda olan Taraf açıklamadan makul bir süre önce diğer Tarafı durumdan haberdar edecek ve sadece açıklanması gereken/talep edilen kısmını açıklayacaktır; (ii) Kamu tarafından halihazırda zaten bilinen bilgiler.

Madde 6 - Alınması Gereken Önlemler

Taraflar sorumlu olduğu kişilerce diğer Taraf'a ait Gizli Bilgilerin Sözleşme'ye aykırı biçimde açıklandığından haberdar olduğunda, derhal ve yazılı olarak bilgileri açıklanan Taraf'a durumu bildirmekle ve bu ifşayı engellemek veya etkisini azaltmak için gerekli tüm önlemleri almakla yükümlüdür. Bilgileri açıklanan Taraf, bu bildirim üzerine veya kendiliğinden, masrafları diğer Tarafa ait olmak kaydıyla tüm yasal yollara başvurma ve uğradığı her türlü zararın giderilmesini talep etme hakkına sahiptir.

Madde 7 - Gizli Bilgilerin İadesi

Gizli Bilgiler içeren her türlü materyal, bilginin sahibi Tarafça talep edilmesi halinde 3 (üç) gün içinde eksiksiz olarak yazılı bir teslim teslim tutanağı mukabilinde bu Taraf'a iade edilir veya tamamlandıktan sonra bir yazılı beyan ile tevsik edilmek kaydıyla imha edilir. İade veya imha tarihinden sonra, söz konusu materyallerin kopyalarının saklanması, bu Sözleşme hükümlerine aykırılık teşkil eder.

Madde 8 - Gizli Bilgilerin Açıklanabilmesi

Taraflar, diğer tarafın yazılı ön izni olmaksızın kanunda açıkça belirtilen haller dışında Gizli Bilgiyi üçüncü kişilere hiçbir şekilde aktaramaz, herhangi bir şekilde ya da herhangi bir yolla dağıtamaz, basın yayın organları ve medya kuruluşları vasıtasıyla açıklayamaz, reklam amacıyla kullanamaz.

Madde 9 - Süre ve Devir

İşbu Sözleşme imza tarihinde yürürlüğe girer ve Taraflar arasındaki ticari ilişki herhangi bir sebeple sona erse dahi işbu Sözleşme'deki gizlilik yükümlülükleri geçerli olmaya devam edecektir. Bu

Sözleşme ya da buradaki herhangi bir hak, diğer tarafın önceden verilmiş yazılı ön izni olmaksızın tamamen ya da kısmen devredilemez.

Madde 10 - Yetkili Mahkeme ve Uygulanacak Hukuk

Bu sözleşme sebebiyle ortaya çıkacak olan tüm uyuşmazlıklarda İstanbul (Çağlayan) Mahkemeleri ve İcra Daireleri yetkili olup, Türk Hukuku uygulanır.

Madde 11 - Kısmi Geçersizlik

İşbu Sözleşme maddelerinden herhangi biri mahkeme kararı ile ya da mevzuat gereği geçersiz hale gelir ya da iptal edilirse, bu durum Sözleşme'nin diğer maddelerinin geçerliğine etki etmez. Taraflar, Sözleşmenin geçerliğine etki etmemekle birlikte geçersiz sayılan ya da iptal edilen madde veya alt-maddelerin yerine geçerli olanını yürürlüğe sokmak için iyi niyetle çaba gösterirler.

Madde 12 - Sözleşme Değişikliği

Bu Sözleşme taraflarca daha önce özellikle gizlilik konusunda yapılmış olabilecek yazılı ve sözlü tüm sözleşmelerin yerine geçer. Sözleşme değişiklikleri ancak yazılı yapılabilir.

Madde 13- Bildirimler

Bu Sözleşme gereğince yapılacak tüm bildirimler işbu sözleşmenin 1. maddesinde belirtilen Taraf adreslerine noter kanalıyla yapılır.

Madde 14 - Feragat

Taraflardan birinin işbu Sözleşmeden kaynaklanan haklarını kullanmaması, bu haklardan ya da hakların kullanımından tamamen vazgeçtiği anlamına gelmez. Taraflardan birinin işbu Sözleşmede belirtilen yükümlülüklerine aykırı hareket etmesi halinde, diğer Taraf'ın bu duruma göz yumması ya da haklarını kullanmaması, bu ihlale sürekli şekilde katlanacağı ve haklarını kullanmayacağı anlamına gelmez. Haklardan feragat, ancak yazılı ve açık şekilde yapılmış ise geçerlidir.

Madde 15 – İmza

Bu Sözleşme, Taraflar namına yetkili temsilcilerince, Çimsa'da kalacak tek nüsha olarak, 23.10.2019 tarihinde imzalanarak aynı tarihte yürürlüğe girmiştir. Çimsa, Sözleşme'nin aslı gibidir yapılmış bir kopyasını Kişi'ye verecektir.

Çimsa

Kişi

EK.3. ÇİMSA İLE YAPILAN ÇALIŞMA PLANI**DİJİTAL KARNE ÇALIŞMASI SÜREÇ ŞEMASI**

GÖREV ADI	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	ÇALIŞMA SÜRESİ	İLGİLİ	TAMAMLANMA ORANI	21.10.2019					28.10.2019					4.11.2019				
						43					44					45				
						PZT	SAL	ÇRŞ	PRŞ	CM	PZT	SAL	ÇRŞ	PRŞ	CM	PZT	SAL	ÇRŞ	PRŞ	CM
Faz I (Ağırlıklandırma)																				
Tanışma ve yol haritasının çıkarılması	10/23	10/23	1	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
Boyut ağırlıklandırma çalışmasının yapılması	10/23	10/23	1	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
Ağırlıklandırma çalışması sonuçlarının konsolide edilmesi	10/23	11/11	14	Gökce Yüce	100%															
Genel sonuçların çıkarılması ve katsayıların bulunması	11/11	11/22	10	Gökce Yüce	100%															
Faz II (Mevcut Durumun Tespiti)																				
Mevcut durumun tespiti	11/28	12/13	12	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
				Durhasan Pınar, Çimsa Proje																
Mevcut durumun tespiti fabrika tarafı	12/16	12/21	5	Grubu	100%															
Durum tespiti çalışmasının konsolide edilmesi	12/23	12/29	5	Gökce Yüce	100%															
Faz III (Boyutların Geliştirilmesi İçin Yapılabileceklerin Tespiti)																				
Boyutların Geliştirilmesi İçin Yapılabileceklerin Tespiti ortak çalışma	1/6	1/11	5	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
Boyutların Geliştirilmesi İçin Yapılabileceklerin Tespiti bireysel çalışma	1/13	1/17	5	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
Nihai sonuçların tartışılması	1/20	1/20	1	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
Gelişim fırsat ve planlarının konsolide edilmesi	1/21	1/25	4	Gökce Yüce	100%															
Faz IV (Sonuçların Tartışılması Ve Rapor Yazılması)																				
Sonuçların tartışılması	1/27	1/27	1	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															
Rapor yazılması	1/28	2/10	10	Gökce Yüce	100%															
Bitiş																				
Projenin tamamlanması	2/25	2/25	1	Gökce Yüce, Durhasan Pınar	100%															

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Gökce YÜCE

Doğum Tarihi : 16.12.1984

E-mail : gyuce@sisecam.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Elektrik Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2002-2006
Yüksek Lisans	İşletme	Yıldız Teknik Üniversitesi	2006-2007
Doktora	İşletme	Mersin Üniversitesi	2016-

Görevler :

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Kontrol Mühendisi	Sismik Yapı A.Ş., İstanbul	2006-2007
Elektrik Bakım Mühendisi	Şişecam / Soda Sanayi A.Ş., Mersin	2008-2014
Öğretim Görevlisi	Mersin Üniversitesi	2019-2020
Elektrik Bakım Şefi	Şişecam / Soda Sanayi A.Ş., Mersin	2014-

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

Makaleler

1. Yüce, G., Temiz, İ. (2017). "Multi Criteria Decision Making Methods Approach to Asynchronous Electric Motor Selection". *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 5 (2): 171-190.
2. Yüce, G. (2019). "The Relationship Between The Book Reading Ratio And The Automobile Preferences; An Application On Turkey". *Journal Of Social And Humanities Sciences Research*, 6 (34): 722-728