

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİLGİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
AR-GE VE İNOVASYON YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SİBER FİZİKSEL ÜRETİM SİSTEMLERİ VE
İNOVASYON TABANLI BİR TASARIM
UYGULAMASI:
TEKA VTC ÜRETİM HATTI ÖRNEĞİ**

Hüseyin TUNA

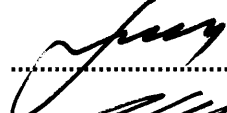


**Danışman
Prof. Dr. Yılmaz GÖKŞEN**

İZMİR – 2019

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAY SAYFASI

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : Hüseyin TUNA
Öğrenci No : 2017800182
Tez Başlığı : Siber Fiziksel Üretim Sistemleri ve İnovasyon Tabanlı Bir Tasarım Uygulaması: Teka VTC Üretim Hattı Örneği
Savunma Tarihi : 29.01.2019
Danışmanı : Prof.Dr.Yılmaz GÖKŞEN

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>	<u>İmza</u>
Prof.Dr.Yılmaz GÖKŞEN	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Prof.Dr.Berrin ONARAN	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	
Prof.Dr.Türker SUSMUŞ	EGE ÜNİVERSİTESİ	

Hüseyin TUNA tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği () / oy çokluğu () ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Metin ARIKAN
Müdür

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Siber Fiziksel Üretim Sistemleri ve İnovasyon Tabanlı Bir Tasarım Uygulaması: TEKA VTC Üretim Hattı Örneği**” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../ .../ 2019

Hüseyin TUNA

İmza

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Siber Fiziksel Üretim Sistemleri ve İnovasyon Tabanlı Bir Tasarım Uygulaması:

TEKA VTC Üretim Hattı Örneği

Hüseyin TUNA

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Bilgi Yönetimi Anabilim Dalı

Ar-Ge ve İnovasyon Yönetimi Programı

Günümüzde bilgi ve bilginin artan ulaşılabilirliği, üreticiden tüketiciye bilgi teknolojisi ve bilgi yönetim sistemlerinin daha yoğun kullanıldığı yeni bir akımı meydana getirmektedir. “Dijital Dönüşüm” veya “Endüstri 4.0” olarak da adlandırılan bu akım; müşteriler açısından fonksiyonellik ve hız noktasında opsiyonel, üreticiler içinse sürdürülebilirlik noktasında hayati bir önem arz etmektedir. Bu önem çerçevesinde üreticiler, üretim süreçleri başta olmak üzere tüm süreçlerini bilgiye dayalı olarak dönüştürmek ve yönetmek durumundadırlar. Literatürde “Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri” kavramına karşılık gelen bu üretim yönetimi; nesnelerin interneti, büyük veri analizi, bulut bilişim ve benzeri teknolojilerle mevcut üretim sürecinde üretilen verilerin siber ortamda işlenmesi ve sonrasında elde edilen bilgilerin fiziksel üretim ortamına dair öngörülerde bulunulması ve sürecin yönetimi için kullanılması fikrine dayanmaktadır.

Tanımdan hareketle geleneksel üretim sistemleriyle üreten bir işletmede siber-fiziksel üretim sistemlerine geçişte atılması gereken ilk adım, üretim alt yapısının veri üretebilir hale getirilmesi ihtiyacı olarak görülmektedir. Bu ihtiyacın uygulama düzeyinde giderilip değerlendirilmesi için çalışmanın uygulama alanı olarak İzmir’de lokalize TEKA VTC ocak üretim tesisi belirlenmiştir.

Siber fiziksel üretim sistemlerine geçişin tasarlandığı bu uygulamanın inovatif yanı, tesiste herhangi alt yapı değişikliği ve ciddi bir yatırıma gidilmeksizin üretim sürecinde yer alan bileşenlerin “Radyo Frekans Tanımla(RFID)” teknolojisiyle kimliklendirilmesidir. Bu sayede dijital olarak veri üretebilir hale gelen bileşenlerin ürettiği veriler, geliştirilen algoritmaya uygun olarak tek kart bir bilgisayarla siber ortamda işlenmek üzere toplanabilmekte ve süreç yönetiminde kullanılabilir.

Üniversite sanayi işbirliğiyle gerçekleşen bu uygulamayla işletmede; bilgiye dayalı verimli üretim ve etkin yönetim imkânı perspektifinden dijital dönüşüm farkındalığı oluşturulmuş, akademik olarak da siber-fiziksel üretim sistemleri hakkında bilginin oluşumuna dayanan derinlikte bir uygulamalı araştırma ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bilgi Yönetimi, Bilgi Yönetim Sistemleri, Bilgi Teknolojileri, Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0, Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri, CPPS, RFID, İnovasyon Yönetimi, Akıllı Fabrika

ABSTRACT

Master's Thesis

**Cyber Physical Production Systems and Innovation Based Design Application:
Example of TEKA VTC Production Line**

Hüseyin TUNA

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Information Management

R&D and Innovation Management Program

Nowadays, information and the increasing accessibility to information brought a brand-new trend where the information technology and the information management systems are used more widely from the producer to the consumer. The trend named “Digital Transformation” or “Industry 4.0” has an optional importance for the consumers in terms of functionality and speed and plays a significant role for the producers in terms of sustainability. Within the frame of this importance producers have to transform and manage all the processes especially the production processes based on information. This production method which is referred as the notion of “Cyber-Physical Production Systems” in literature; is based on the idea of processing the data obtained from the existing production process via internet of things, big data analysis, cloud computing and similar technologies in a cyber environment and to use the obtained data in terms of prediction of the physical production environment and the management of the process.

In the light of the definition, the first step to be taken in the transition from traditional production systems to cyber-physical production systems in an organization, is considered to be the necessity of making the production infrastructure as being able to produce data. In order to fulfil the requirement at the level of practice, the implementation area of the study was determined as localized TEKA VTC hob production facility in İzmir.

The innovative side of this implementation designed for the transition to the cyber-physical production systems is the identification of the components taking place in the production process by means of “Radio Frequency Identification (RFID)” technology without requiring any infrastructural changes and a serious investment. Therefore, the data generated from the components being able to produce information digitally, could be collected to be processed in a cyber environment with a single board computer compatible to the developed algorithm and may be used in the process management.

With this implementation carried out through the cooperation between the university and the industries; a digital transformation awareness was developed from the perspective of information-based efficient production and efficient management in the facility, and an applied detailed research based on the information formation regarding cyber-physical production systems was performed academically.

Keywords: Information Management, Information Management Systems, Information Technologies, Digital Transformation, Industry 4.0, Cyber-Physical Production Systems, CPPS, RFID, Innovation Management, Smart Factory

**SİBER FİZİKSEL ÜRETİM SİSTEMLERİ VE İNOVASYON TABANLI BİR
TASARIM UYGULAMASI:
TEKA VTC ÜRETİM HATTI ÖRNEĞİ**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
EKLER LİSTESİ	xix
GİRİŞ	1

**BİRİNCİ BÖLÜM
BİLGİ YÖNETİMİ & TEKNOLOJİLER**

1.1. BİLGİ YÖNETİMİ	3
1.1.1. Bilgi ve Bilginin Oluşumu	3
1.1.2. Bilginin Yönetimi	4
1.1.3. Bilgi Sistemleri	5
1.1.3.1. Elektronik Veri İşleme Sistemleri	5
1.1.3.2. Yönetim Bilişim Sistemleri	7
1.1.3.3. Karar Destek Sistemleri	8
1.1.3.4. Üst Yönetim Destek Sistemleri	9
1.1.3.5. Uzman Sistemler	10
1.1.3.6. Organizasyon Bilgi Sistemleri	11

1.2. BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE OPERASYONEL TEKNOLOJİLER	14
1.2.1. Bilişim Teknolojileri	15
1.2.2. Operasyonel Teknolojiler	15
1.2.3. BT ve OT Karşılaştırılması	16
1.2.4. BT ve OT Karşılıklı Entegrasyonu	19
1.2.5. Entegratör Teknoloji Olarak: RFID	21
1.2.5.1. RFID Etiketler	22
1.2.5.2. RFID Okuyucu Sistemleri	23

İKİNCİ BÖLÜM

TEKNOLOJİ ENTEGRASYONUN SANAYİDE YARATTIĞI DEVRİM:

ENDÜSTRİ 4.0

2.1. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI VE TARİHÇESİ	25
2.2. ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ	28
2.2.1. Dijital Çağ Üretim Teknolojileri	28
2.2.1.1. Nesnelerin İnterneti	28
2.2.1.2. Büyük Veri ve Büyük Veri Analizi	30
2.2.1.3. Bulut Bilişim	31
2.2.1.4. Siber Güvenlik	32
2.2.1.5. Yatay ve Dikey Entegrasyon	33
2.2.2. İleri Seviye Üretim Teknolojileri	35
2.2.2.1. Eklemeli İmalat & 3 Boyutlu Yazıcılar	35
2.2.2.2. Otonom Robotlar	36
2.2.2.3. Simülasyon	37
2.2.2.4. Artırılmış Gerçeklik	38
2.3. ENDÜSTRİ 4.0' IN ÜRETİM METODOLOJİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	39
2.4. ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDEN FÜTÜRİSTİK YAKLAŞIMLARI	42
2.4.1. Siber Fiziksel Üretim Sistemleri	42
2.4.2. Akıllı Fabrika	47
2.4.3. Karanlık Fabrika	50

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

İNOVASYON TABANLI BİR GEÇİŞ PROJESİ TASARIM VE UYGULAMASI: TEKA VTC ÜRETİM HATTI ÖRNEĞİ

3.1. PROJE AMAÇ, KAPSAM VE HEDEFLERİ	53
3.1.1. Proje Amacı	53
3.1.2. Proje Kapsamı	54
3.1.3. Mevcut Durum Analizi	54
3.1.3.1. Mevcut Donanım Alt Yapısı	54
3.1.3.2. Mevcut Bilgi Alt Yapısı	56
3.1.4. Proje Hedefleri	57
3.2. LİTERATÜR ÖZETİ VE PROJE ÖZGÜN DEĞERİ	58
3.2.1. Literatür Özeti	58
3.2.2. Proje Özgün Değeri	60
3.3. PROJE YÖNTEMİ	61
3.3.1. Uygulamanın Blok Diyagram Üzerinden Modellenmesi	61
3.3.2. Algoritmanın Kurgulanması	62
3.3.3. Uygulama Sisteminin Tasarımı	64
3.3.3.1. Donanım Alt Yapısının Belirlenmesi	64
3.3.3.2. Yazılım Alt Yapısının Belirlenmesi	68
3.4. PROJE PLANI	69
3.5. PROJENİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	70
3.6. PROJE SAHA GEÇERLİLİK TESTLERİ	74
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA	82
EKLER	90

KISALTMALAR

- ABD** : Amerika Birleşik Devletleri
- ACATECH** : (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften)
Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi
- BDA** : (Big Data Analytic) Büyük Veri Analizi
- BT** : Bilişim Teknolojileri
- BTK** : Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
- CPS** : (Cyber Physical Systems) Siber Fiziksel Sistemler
- CPPS** : (Cyber Physical Production System) Siber Fiziksel Üretim Sistemleri
- CIO** : (Chief Information Officer) Üst Düzey Bilgi Yöneticisi
- CNC** : (Computer Numerical Controller) Bilgisayar Tabanlı Nümerik Kontrolcü
- CPS** : (Cyber-Physical Systems) Siber-Fiziksel Sistemler
- CRM** : (Customer Relationship Management) Müşteri İlişkileri Yönetimi
- DIKW** : (Data-Information-Knowledge-Wisdom)
Veri-Enformasyon-Bilgi- Bilgelik
- DM** : (Distribution Management) Distribütör Yönetimi

EBSO	: Ege Bölgesi Sanayi Odası
EMS	: (Energy Management System) Enerji Yönetim Sistemi
ERP	: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması)
FAM	: (Factory Assesst Management) Fabrika Varlık Yönetimi
FM	: (Financial Management) Malzeme Yönetimi
HR	: (Human Resource Management) İnsan Kaynakları Yönetimi
IP	: (Internet Protocol) İnternet Protokolü
IOT	: (Internet of Things) Nesnelerin İnterneti
MM	: (Material Management) Malzeme Yönetimi
MES	: (Manufacturing Execution System) Üretim Yönetim Sistemi
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OT	: (Operational Technology) Operasyonel Teknolojiler
PD	: (Product Development) Ürün Geliştirme
PLC	: (Programmable Logic Controller) Programlanabilir Lojik Kontrolcü
PP	: (Production Planning) Üretim Planlama

RFID : (Radio Frequency Identification) Radyo Frekanslı Tanımlama

RTU : (Remote Terminal Unit) Uzak Kontrol Birimi

SCADA : (Supervisory Control and Data Acquisition)
Merkezi denetleme ve bilgi toplama sistemi

QM : (Quality Management) Kalite Yönetimi

VİS : Veri İşleme Sistemleri

VTC : (Vitro Ceramic/Radiant) Radyan

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: Operasyonel Teknolojiler ve Bilişim Teknolojilerinin Farkları	s.18
Tablo 2: RFID Etiketlerin Karşılaştırılması	s. 23
Tablo 3: Yoğun Kullanılan RFID Çalışma Frekansları	s. 24
Tablo 4: İlk 3 Endüstri Devriminin Kronolojisi	s. 26
Tablo 5: Bugünün Fabrikasıyla Endüstri 4.0 Fabrikasının Karşılaştırması	s.41
Tablo 6: Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırması	s.43
Tablo 7: Proje İş Paketleri ve Zaman Planı	s.69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: DIKW Piramidi ve Kademelendirme Örnekleri	s. 3
Şekil 2: Bilginin Oluşması	s. 4
Şekil 3: Bilgi Yönetim Sistemleri ve Veri İşleme Sistemlerin İlişkisi	s. 6
Şekil 4: Elektronik Veri İşleme Sistem Yapısı Örneği	s. 7
Şekil 5: Uzman Sistemlerin Genel Yapısı	s. 10
Şekil 6: Fonksiyonel Bilişim Sistemleri	s. 11
Şekil 7: Operasyonel Teknolojiler ve Bilişim Teknolojilerin Farklılaştığı Alanlar	s.17
Şekil 8: Karşılık Entegrasyon Fayda Oranları	s. 20
Şekil 9: Temel bir RFID Sisteminin Çalışma Prensipteki Şeması	s. 21
Şekil 10: RFID Etiket İç Yapısı	s. 22
Şekil 11: Dairesel ve Doğrusal Anten Tarama Alanları	s. 24
Şekil 12: Endüstri 4.0 ve bileşenleri	s. 27
Şekil 13: Dikey ve Yatay Entegrasyon	s. 34
Şekil 14: 3 Boyutlu Yazıcı Yardımıyla Eklemeli İmalat Süreci	s. 35

Şekil 15: CPS Entegrasyonuna genel bakış	s. 43
Şekil 16: Siber Fiziksel Sistemler 5C Mimarisi	s. 45
Şekil 17: Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri	s. 46
Şekil 18: Akıllı fabrika merkezli Endüstri 4.0 mikro perspektifi	s. 48
Şekil 19: Karanlık fabrika örneği	s. 51
Şekil 20: Mevcut SETELSA Test Cihazı	s. 55
Şekil 21: Test cihazı Konfigürasyon Ekranı	s. 56
Şekil 22: Test cihazı Konfigürasyon Dosyası	s. 56
Şekil 23: Test Operatörü Kaşesi	s. 57
Şekil 24: Üretim Sahasında RFID Uygulamaları	s. 59
Şekil 25: Proje İstasyonu Blok Diyagramı	s. 61
Şekil 26: Proje Algoritma Akış Diyagramı	s. 63
Şekil 27: LattePanda Tek Kart Bilgisayar	s. 64
Şekil 28: İmpinj R420 RFID Okuyucu	s. 65
Şekil 29: Dairesel ve Doğrusal Anten Tarama Alanları	s. 66

Şekil 30: Dairesel RFID anten	s. 66
Şekil 31: Omni-ID IQ600 Metal Yüzey Etiket (Rulo)	s. 67
Şekil 32: Ekran Bağlantı Portu	s. 70
Şekil 33: Haberleşme Demo Programı	s. 70
Şekil 34: RFID okuyucu üst tabla montajı	s. 71
Şekil 35: Anten Montaj Aparatı	s. 71
Şekil 36: Anten Güç Ayarlama Arayüzü	s. 71
Şekil 37: Tek Kart Bilgisayarın Kurulumu	s. 72
Şekil 38: Projenin Üretim Sahasında Uygulaması	s. 73
Şekil 39: Üretim Bandı Üzerinde Üretilen RFID Etiketli Ürün	s. 74
Şekil 40: Arayüz Programının Tümüleşik Ekran Kesiti	s. 75
Şekil 41: Okuyucu ve Test Cihazı Bağlantı İndikatörleri	s. 75
Şekil 42: “Product Recognition” Alanda Tanımlanan Ürün	s. 75
Şekil 43: “Product Test” Alanında Yetki ve Konfigürasyon Kontrolü	s. 76
Şekil 44: “Product Test” Alanında Test Performans Ekranı	s. 76

Şekil 45: “Product Transfer” Alanında Uygunluk Testi

s. 77

Şekil 46: Tümüleşik Sistem Arayüzü

s. 77



EKLER LİSTESİ



GİRİŞ

Son yıllarda internet başta olmak üzere ağ teknolojilerine ulaşılabilirliğin tetiklediği küreselleşme hızı ve mikro elektronik teknolojilerinin düşen maliyeti; üreticiden tüketiciye her seviyede bilginin ve bilgi teknolojilerinin daha yoğun kullanımına imkân sağlayan bir süreci tetiklemiştir. “Endüstri 4.0” olarak da adlandırılan bu süreç sadece tüketicinin teknolojiyi etkin bir şekilde kullanımını ve pazara olan yaklaşımını değiştirmekle kalmayıp, bu duruma bağlı olarak üreticiyi de sürdürülebilir rekabetini devam ettirmek adına; bilişim teknolojileri ve operasyonel teknolojiler ekseninde geleneksel üretim metotlarını tekrar ele almaya zorlamaktadır.

Değişime zorlayan bu gelişmeler temelinde “Emek yoğun üretimden bilgi yoğun üretime geçiş” ihtiyacı kendini göstermektedir. Bu ihtiyaca paralel olarak başta nesnelerin interneti ve büyük veri analizi olmak üzere “Endüstri 4.0” teknolojileri vasıtasıyla siber dünyayı ve fiziksel üretim ortamını karşılıklı olarak bağlayan bir üretim yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

“Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri” olarak da tanımlanan bu yeni yaklaşımla temelde amaçlanan: üretim akışının lokasyon bazlı ve operatörden bağımsız olarak takibinin gerçekleştirilebilmesi, süreçlerin operatör inisiyatifi ve operatör hatasından arınmış olarak doğru analiz edilebilmesi, veri işleme sistemlerinden çıkan bilgiyle daha verimli üretim süreçlerinin kurgulanması suretiyle kayıpların azaltılmasıdır. Bahsi geçen bu amaçlar çerçevesinde siber-fiziksel üretim sistemleri, işletmenin bilgi temelli daha etkin yönetimini sağlayarak; işletmenin sürekliliği ve karlılığı açısından kritik bir önem arz etmektedir.

Araştırmanın konusu olan “Siber Fiziksel Üretim Sistemleri ve İnovasyon Tabanlı Bir Tasarım Uygulaması”, 5 ayrı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde araştırmanın temelini teşkil eden “Bilgi Yönetimi ve Bilişim Sistemleri” işlenmekte olup, ikinci bölümde “Bilişim Teknolojileri ve Operasyonel Teknolojiler” başlığında bu

teknolojilerin entegrasyonları ve bu entegrasyonda “RFID” teknolojisinin kritik rolüne değinilmektedir. Üçüncü bölümde “Teknoloji Entegrasyonun Sanayide Yarattığı Devrim: Endüstri 4.0” başlığı altında Endüstri 4.0 kavramı ve bu kavramı meydana getiren teknolojiler ele alınmaktadır. Dördüncü bölümde “Endüstri 4.0 perspektifinden Fütüristik Üretim Yaklaşımları ve Uygulama Örnekleri” incelenmektedir. Son bölümde “TEKA VTC Üretim Hattı Örneği” kapsamında, siber fiziksel üretim sistemlerine geçiş uygulamasının TEKA VTC üretim hattı özelinde tasarımı ve uygulaması anlatılmaktadır. Sonuç ve öneriler bölümünde de, çalışma itibarıyla ortaya konulan çıkarımlara ve sonraki çalışmalara öneri teşkil edilecek detaylara değinilmektedir.



BİRİNCİ BÖLÜM

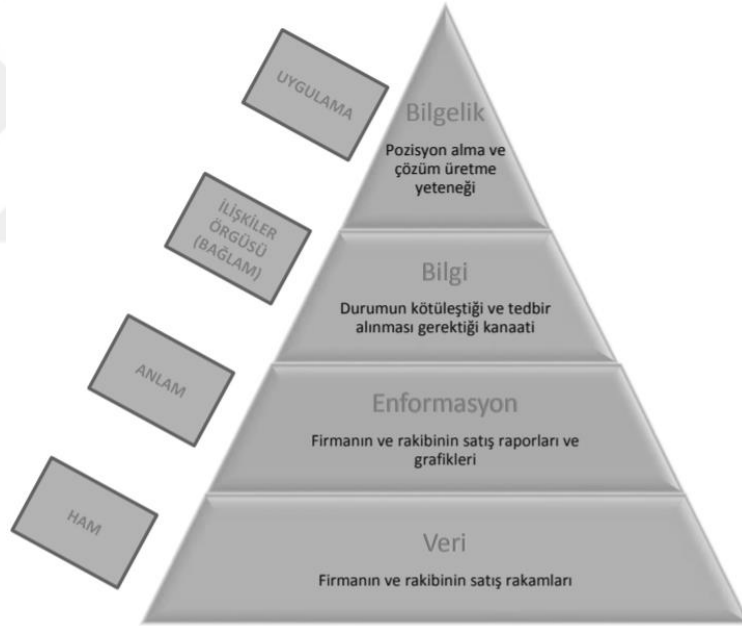
BİLGİ YÖNETİMİ & TEKNOLOJİ

1.1. BİLGİ YÖNETİMİ

1.1.1. Bilgi ve Bilginin Oluşumu

Bilgi kavramını bilgi hiyerarşisi olarak da bilinen Veri-Enformasyon-Bilgi-Bilgelik(DIKW) piramidinde ele almak bilgi için daha doğru bir tanıma ulaşılmasını sağlayacaktır. Şekil 1’de net bir şekilde görülebildiği üzere; veri enformasyona, enformasyonda bilgiye bir temel teşkil etmektedir.

Şekil 1: DIKW Piramidi ve Kademelendirme Örnekleri



Kaynak: Özen, 2015: 5

Sırasıyla tanımlanacak olursa veri, işlemlerin amaçları doğrultusunda herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın kayıt altına alınması ile oluşan olgulardır. Bu olgular henüz herhangi bir işleme tabi tutulmamış olup, gerçekliği kısmen açıklar genelde yorumlanmamış salt kayıttan ibarettirler. Bu yönüyle karar verme sürecinde güvenilir bir referans olarak kullanılması söz konusu değildir.

Enformasyon ise yapısal veya ilişkisel olarak tasnif edilmesi ile oluşan anlamlı veri grupları olarak da tanımlanabilir. Bilgi ile veri arasında kalan, veriye göre işlenmiş, bilgiye göre işlenmesi gereken ham bilgi olan enformasyon, anlamlıdır, amacı vardır ve konuyla ilgili olup belirli bir amaç için şekillendirilmiştir (Tutar,2010: 75).

Bu tanımlardan hareketle bilgi kavramının tanımları ele alınırsa birde fazla tanıma ulaşılır:

- Biçimlendirilmiş veri olup gerçekliğin bir temsilidir (Jessup ve Valacich,2003: 7),
- Bir konunun anlaşılmasına değer katan verilerdir (Chaffey ve Wood, 2005: 223)
- Bir amaç için insan perspektifinde değer kazandıracak anlamlı ve yararlı bir forma dönüşen verilerdir. (Laudon ve Laudon, 2006:13)

Şekil 2: Bilginin Oluşması



Kaynak: Güçlü ve Sotirofski, 2016: 354

1.1.2. Bilginin Yönetimi

Bilginin miktarı ve önemi insanlığın varoluş tarihine paralel olarak sürekli artış göstermiş. Artan bu önem ve miktar bilgi kullanıcılarını, bilgiyi sistematik dâhilinde ele alıp bu işlemeye zorunlu kılmıştır. Bu sistematik kapsamına giren tüm metot ve araçların kullanımı vasıtasıyla bilginin ele alınması, bilgi yönetimini kavramı ortaya çıkmıştır. Bilgi yönetimi, örtülü ve açık bilgi açısından ele alındığında, örtülü bilginin birey, grup veya örgüt bazında toplanması; ayıklanması, sıralanması, canlandırma ve iletme yoluyla açık bilgi haline dönüştürülmesi ve oluşan yeni bilginin test edilerek katma değer yaratma çabalarına katılması olarak tanımlanmaktadır (Nemati ve diğerleri, 2002: 143-161).

Başka bir tanıma göre bilgi yönetimi; rekabet odaklı olarak değer ortaya koyma adına organizasyon içerisinde bilgilerin etkin bir şekilde kullanımı ve yönetimi ile ilgili faaliyetlerin tamamıdır.

Yukarıda ifade edilen tanımlardan hareketle bilgi yönetimi, birey ve örgüt düzeyinde bilginin toplanması, derlenmesi, etkin bir metotla dağıtımı, uygulanması ve içinde bulunan zamanın gerekliliklerine paralel olarak yeniden ele alınması adımlarını içeren sistematik bir koordinasyon olarak ifade edilebilir. Bilgi yönetiminde sürdürülebilir bilgi temelli rekabetin anahtarı bilginin yeniden ele alınarak güncellenmesi veya güncelliğini yitirdiyse arşivlenmesi olarak öne çıkmaktadır (Boztaş ve Özırmak, 2012: 65-79).

1.1.3. Bilgi Sistemleri

Bilgi sistemleri, örgütte operasyonel süreçler sonunda elde edilen verilerden elde edilen enformasyonları ve bu enformasyonlardan elde edilen bilgilerin yönetimini sağlayan teknolojileri, uyulması gereken kuralları kapsayan sistematik yapıdır.

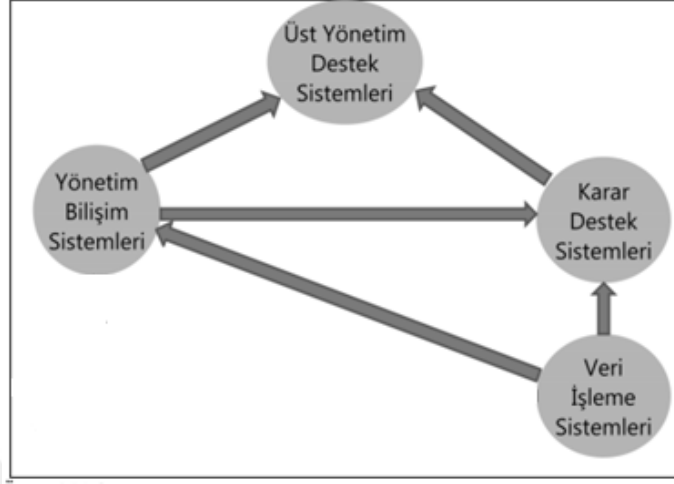
Benzer şekilde bilgi yönetim sistemleri tanımı yapılacak olursa; fonksiyonel ve yönetsel örgüt operasyonlarını daha verimli gerçekleştirmek ve örgüt içerisindeki yönetim kademesinin kararlarının etkinliğini artırmak adına bilgi akış sürecini organize eden sistemlere bilgi yönetim sistemleri denir. Bilgi yönetim sistemleri tarafından üretilen bilgi örgütün farklı yönetim kademelerine ihtiyaç ve sorumlulukları düzeyinde önceden tanımlanmış bir sistematik çerçevesinde iletilir. Diğer bir tanıma göre örgüte dair yönetsel faaliyetleri ilgili kademelerde daha etkin bir şekilde yapılması adına bilgi akışına destek olan sistemlerdir.

Bilgi yönetim sistemleri kendi içerisinde; elektronik veri işleme sistemleri, yönetim bilgi sistemleri, karar destek sistemleri, üst yönetim destek sistemleri, uzman sistemler olarak sınıflandırılabilir.

1.1.3.1. Elektronik Veri İşleme Sistemleri

Bilgi yönetim sistemlerinin ilk tipi olarak ortaya çıkan elektronik veri işleme sistemlerinin taktiksel ve stratejik yönetsel seviyeden daha çok amaçların önceden belirlendiği operasyonel seviye de hizmet vermektedir. Organizasyonun farklı kademelerinde yer alan bilgi sistemleri kendi içlerinde bağlı ve iletişim halindedirler. Bu sistemsel iletişimin temelini teşkil eden ve bu iletişime temel sağlayan elektronik veri işleme sistemleridir.

Şekil 3: Bilgi Sistemleri ve Veri İşleme Sistemlerin İlişkisi



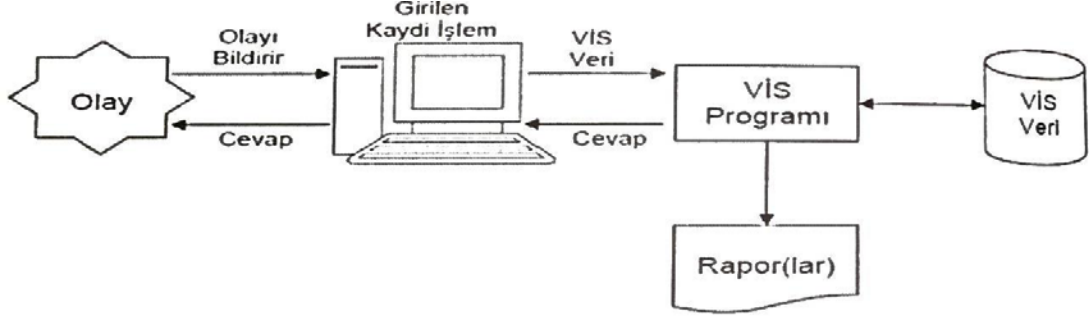
Kaynak: (Özen, 2015: 14) referansında yazar tarafından derlenmiştir.

Özellikle fiziki kökenli nesnelerin barkod benzeri dijital teknolojiler ve radyo frekans tanımlama gibi destek teknolojilerle etiketlenmesi durumunda, bir dijital kökenli nesne kadar olmasa bile yine de üretilen verinin gerçek dünyadan siber ortama taşınması ve bu çerçevede veri otomasyon sistemi oluşumu meydana gelmektedir (Greengard, 2017: 31)

Elektronik veri işlem faaliyetleri 6 adımdan meydana gelmektedir(Tutar, 2010: 220).

- i. **Kayıt:** Veriler önceden belirlenen metotlar vasıtasıyla kayıt altına alınır.
- ii. **Derleme:** Kayda alınan veriler yapısal özelliklere dikkate alınarak derlenir.
- iii. **Listeleme:** Veriler sınıflandırıldıktan sonra kullanım ihtiyaç ve talepler doğrultusunda sınıflandırılır.
- iv. **Anlamlandırma:** Listelenen veriler veri tabanında yer alan ihtiyaca uygun tasarlanmış matematiksel ve mantıksal algoritmalar yardımıyla anlamlandırılır.
- v. **Dönüştürme:** Anlamlandırılan veriler karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere faydalı bilgiye dönüştürülür.
- vi. **Raporlama:** Dönüştürülen bilginin örgüt içerisinde paylaşılması ve ilgili yönetim kademelerine iletim sürecini ifade etmektedir.

Şekil 4: Elektronik Veri İşleme Sistem Yapısı Örneği



Kaynak: Tutar, 2010: 220

1.1.3.2. Yönetim Bilişim Sistemleri

En temelde bilgisayar bilimleri ve işletme yönetiminin ortak kümesi olarak ele alınabilecek olan yönetim bilgi sistemlerine farklı tanımlar getirmekte mümkündür. Farklı bir yaklaşımla yönetim bilgi sistemleri, bir veya birden fazla elektronik veri işleme sisteminin çıktısından üretilen bilgilerin raporlanması vasıtasıyla organizasyonun ilgili yönetim seviyesinde etkin yönetsel faaliyetleri için bilgi sağlayan sistemler olarak da ele alınabilir.

Genel bir perspektiften yönetim bilişim sistemleri; yönetim tarafından başta karar verme olmak üzere organizasyon yönetimi ve denetim faaliyetleri için kullanılmak üzere, bilgilerin hem organizasyon içerisinde hem de organizasyon dışında ilgili kaynaklardan derlenmesi, depolanması, depolanan verinin işlenerek özetlenmesi ve son adımda raporlanması ve transferini kapsayan bilgi tabanlı sistem olarak tanımlanabilmektedir. (Özen, 2015: 15)

Yönetim bilgi sisteminin temel faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Elektronik veri işleme sistemlerinin sunduğu korelasyona dayalı veri tabanları sayesinde doğru ve zamanında bilgi sağlar.
- Günlük operasyonlar yerine yöneticilere operasyonları dönemlik raporlar daha geniş bir perspektiften görme imkânı sağlar.
- Operasyonel, taktik ve stratejik düzeyde karar vericinin güvenilir bilgiye zamanında erişimini sağlar.

- Organizasyonun değişen bilgi temelli ihtiyaçları karşısında göreceli olarak esneklik kazandırır.
- Sistemin doğası gereği içten dıőa bir odaklanan bir yapısı olup temel odak noktasına organizasyonu koyar.

Yukarıda paylaşılan doğrudan faydalarına ek olarak yönetim bilgi sistemlerinin organizasyonda dolaylı faydaları da vardır. Bunlar: işlevsellik yönüyle insan kaynağına duyulan ihtiyaç azaltması ve paralel olarak bilgi işleme maliyetini düşürmesi, karar otomasyonlarına imkân vermesi ve sağladığı nitelikli bilgiler sayesinde alınan doğru kararlarla organizasyona büyüme imkânı sağlaması olması olarak dikkate belirtilebilir.

1.1.3.3. Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemleri, organizasyondaki yöneticilerin sorumlulukları ve eldeki mevcut bilgiler dâhilinde daha etkin karar verebilmeleri için nicel analize duydukları ihtiyaç karşılık ortaya çıkmış, bir donanım üzerinde çalışan yazılımdan meydana gelen bilgi sistemleri olarak tanımlanabilir. Temelde amacı yöneticilere farklı alternatifler sunma ve bu alternatiflerin nicel perspektifte değerlendirebilme avantajını karar vericilere sunmaktır.

Karar destek sistemleri yarı yapısal konuların analizi ve karar verme sürecinde destek sağlaması yönüyle yapısal kararlar özelinde destek sağlayan yönetim bilgi sistemlerinden ayrılır.

Diğer bir tanımla karar destek sistemleri, yöneticilerin verilmesi gereken kararlarla ilgili veriyi daha iyi anlayarak, daha etkin karar seçeneklerini oluşturma, alternatifleri belirleme ve değerlendirme işlevlerinde destek sağlayan ve doğru karar verme olasılığını artıran sistemlerdir. Temel özellikleri aşağıdaki listelenebilir (Uyanık, 2016: 12):

- Aşınan kararlar özelinde verimlilik ve hız artarken güvenilirlik de sağlar,
- Sorun çözümüne farklı perspektifler sunarak, alternatif kararlar geliştirme,
- İşletmenin her düzeyindeki karar alıcılara karar desteği sağlayarak onların karar vermedeki güvenlerini artırır ve buna bağlı olarak ekip çalışmasını artırır.

En önemli özelliği ise; karar verme sürecinde yöneticiyi devre dışı bırakmak yerine soruna uygun matematiksel ve istatistiksel modelleri üzerinden yaklaşarak analiz edip, son kararı yöneticinin vermesi organizasyonu manipüle eder.

1.1.3.4. Üst Yönetim Destek Sistemleri

Organizasyonlarda stratejik düzeyde kararların verilmesi amacıyla kullanılan sistemlerdir. Yargı, değerlendirme ve derinlik gerektiren diğer bir değişle yapısal olmayan konulardaki kararlar hususunda üst yönetime gelişmiş grafik ve görsel teknolojiler vasıtasıyla destek sağlamaktadır. Birçok veri kaynağından beslenen bu sistemler genelde finans piyasası veri tabanları, sermaye piyasaları ve hatta internet gibi dış veri kaynaklarını iç veri kaynaklarından daha yoğun olarak kullanırlar.

Üst yönetim destek sistemlerinin değeri, esnekliğinden kaynaklanır. Bu sistemler çok özel problemlere yönelmeden ve çözümler dayatmak yerine verileri ve araçları üst yönetime sunabilirler. Bu sistemlerin en temel faydası trendleri analiz edebilme, karşılaştırma ve vurgulama yetenekleridir. Grafik kullanıcı ara yüzü bu sistemler kullanıcının daha kısa zamanda daha çok bilgiye ve daha net bir şekilde ve kâğıt tabanlı sistemlerden daha kavranabilir şekilde analiz edebilme şansı verir (Özen 2015: 23-24).

Bu sistemler sadece problemlerin yorumlanması için değil aynı zamanda üstün analiz yeteneği sayesinde piyasada ki mevcut fırsatlarında karar vericiye sunulacak daha etkin bir yönetim stratejisi ortaya koyabilme fırsatı verir. Bu bakış açısıyla bir üst yönetim destek sisteminin işletme perspektifinden aşağıdaki kapsam sorulara cevap vermesi beklenir:

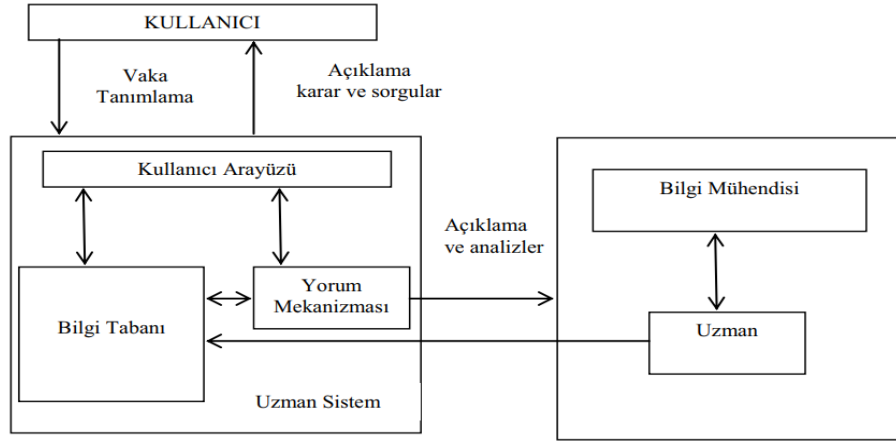
- Rakiplerin pazardaki durumu ve yürütmeye çalıştıkları strateji nedir?
- İşletmenin sürdürülebilir karlılığı için hangi sektörlerde hangi işleri yapmalıyız?
- Şirket nakit akışını denge de tutabilmek adına satış ile ilgili alınması gereken aksiyonlar nelerdir?

1.1.3.5. Uzman Sistemler

Uzman tarafından gerçekleştirilen bilişsel işlemin bilgisayar ortamında gerçekleşmesini sağlayan ve yapay zeka sistemleri alt başlığında yer alan sistemlere uzman sistemler denir. Bu tür sistemler, uzmanların düşünme yöntemlerini taklit ederek, özelleşmiş bir alanda analizler yaparak, problemleri çözebilmektedir.

Bir yazılım olarak ele alındığında, normalde uzmanlık bilgisine sahip uzmanlarca yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış kararların bilgi teknolojileri aracılığıyla alınmasını sağlayan yazılımlar olarak değerlendirilebilir (Öğüt, 2012: 150). Uzmanlık sistemini meydana getiren unsurlar Şekil 5’de gösterildiği üzere:

Şekil 5: Uzman Sistemlerin Genel Yapısı



Kaynak: (Deniz,2017)

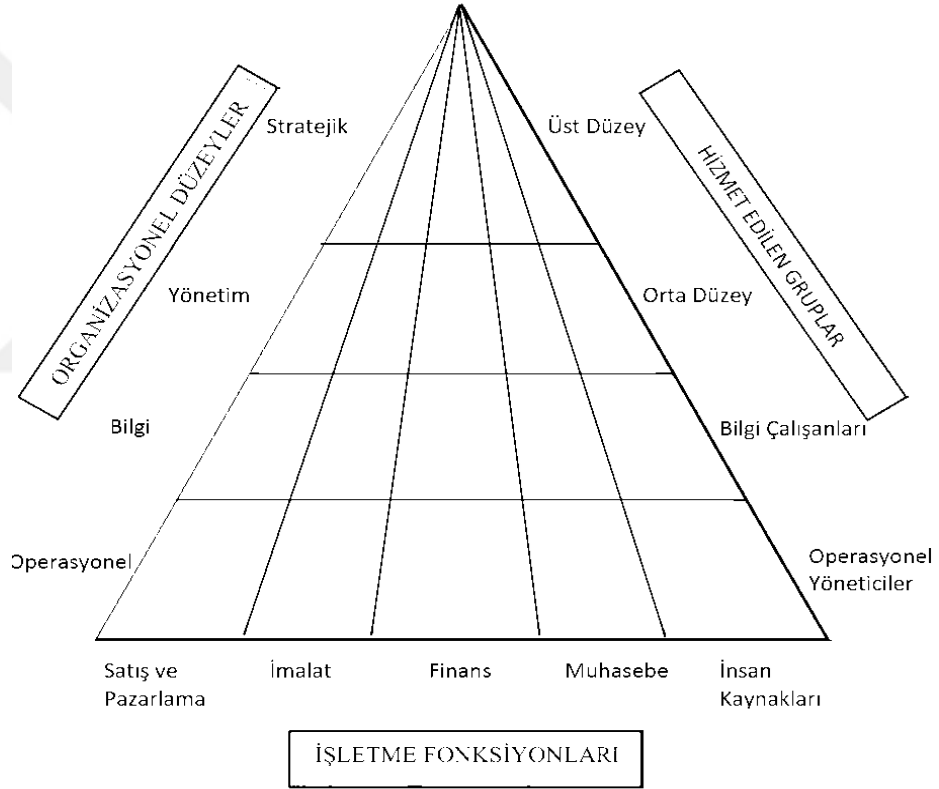
- Bilgi Tabanı, korelasyona dayalı kurallar dizisi halinde bulunan uzmanlık bilgisi ve bilgiyi değerlendirmeye yarayan algoritmik yapıları içerir.
- Yorum mekanizması, yorum getirme ve mantık yürütme gibi temel işlevleri yerine getirir. Bu mekanizma uzmanın uzmanlığına dair yetkinliğinin dijital olarak kodlanmış hali veya sistemin problem çözme yeteneği olarak ele alınabilir.
- Kullanıcı arayüzü de kullanıcının sistemle kolay bir şekilde etkileşim kurmasına olanak verir. Sistem yapısının aksine kullanımı kolay olması temel kullanım amacıdır.

1.1.3.6. Organizasyon Bilgi Sistemleri

En basit tanımıyla fonksiyonel bilgi yönetim sistemleri “Bilgi Yönetim Sistemleri” tanımında da değinildiği üzere; örgüte dair operasyonel faaliyetlerin daha verimli bir şekilde yapılması adına bilgi akışına destek olan sistemlerdir.

Fonksiyonel bilgi yönetim sistemler kendi içerisinde; üretim bilgi sistemleri, pazarlama bilgi sistemleri, muhasebe bilgi sistemleri, finans ve muhasebe bilgi sistemleri, insan kaynakları bilgi sistemleri olarak sınıflandırılabilir.

Şekil 6: Fonksiyonel Bilişim Sistemleri



Kaynak: Özen, 2015: 11

1.1.3.6.1. Üretim Bilgi Sistemleri

Bilindiği üzere organizasyonundaki üretim faaliyetleri, mal ve hizmet üretiminden sorumludur. Planlama, geliştirme, bakım, üretim amaçlarının belirlenmesi, makine ve teçhizat planlaması gibi kaynak yönetim işlerini de kapsar. Üretim bilgi sistemi ise bu faaliyetleri destekler.

Tanımdan da anlaşılacağı üzere; bilgi sistemleri organizasyonu ile üretim faaliyetlerinin bütünleştirilmesinde kullanılan üretim bilgi yönetim sistemleri, organizasyonun üretim yöntemlerinde değişime neden olmaktadır. Değişimin meydana getirdiği maliyet yapıları iyileşme organizasyonlara rekabetçi üstünlükler sağlamakta, dolayısıyla kurumsal etkinlik ve hizmet kalitesi düzeylerinde önemli fırsatlar sunmaktadır. Diğer bir deyişle, organizasyonlara aynı faaliyeti daha az üretim kaynağı gerçekleştirme imkânı sunmakta böylece organizasyon, en az maliyetle, planlanan çıktıya ulaşabilmektedir (Öğüt 2012: 155).

Uzun vadeli stratejik hedefler özelinde üst yönetime, kısa ve orta vadeli operasyonel hedefler özelinde orta seviye yönetime hizmet sağlayan üretim bilgi sistemleri aşağıdaki alt başlıkları içermektedir.

- Bilgisayar destekli mühendislik,
- Bilgisayar destekli üretim,
- Makine kontrol,
- Malzeme ihtiyaç planlama,
- Süreç kontrol
- Robotik operasyonlar

Bu alt başlıkları birer faaliyet bazında ele alacak olursak, üretim bilgi sistemleri şu beş temel faaliyetten meydana gelmektedir: Üretim, araştırma geliştirme, üretim planlama ve izleme, malzeme yönetimi ve sevkiyat (Tutar 2010: 288).

1.1.3.6.2. Pazarlama Bilgi Sistemleri

Bir işletmenin sürdürülebilir karlılığı ve bu durumun devamlılığı üretilen ürün ya da hizmetlerin en kısa yoldan ve karlı bir şekilde pazarlama birimleri tarafından müşteriye ulaştırılması ile doğrudan ilişkilidir. Fakat çağın getirdiği değişim pazarlama faaliyetlerini bu tür tek boyutlu bir faaliyete indirgemeyi yetersiz bulmakta aksine; pazarlaması yapılan ürün ve hizmetin müşteri sunumu, ürünlerin planlanması, ürün reklamların yapılması, satışın gerçekleştirilmesi ve takibinin gerçekleştirilmesi gibi detay faaliyetleri de kapsamaktadır. Pazarlama bilgi sistemleri de tüm bu faaliyetleri gerçekleştirilmesine destek sağlayan bilgi sistemleri olarak tanımlanmaktadır.

Yukarıda ki tanımdan hareketle pazarlama bilgi sistemlerinin desteklediği faaliyetler aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Satış tahmini ve analizi,
- Pazar araştırması ve reklam faaliyetleri,
- Pazarlama ve satış faaliyetleri ve bu faaliyetlerin yönetimi,

1.1.3.6.3. Finans ve Muhasebe Bilgi Sistemleri

Organizasyonun amaçlarına ulaşmasına olanak sağlayacak gerekli araç ve yöntemler ortaya koymak suretiyle; organizasyon yöneticilerinin finansal yürütme ve kontrol operasyonlarını sürdürebilmeleri ekseninde, varlık yönetimi ve gelecek finansal planlama için gerekli bilgileri oluşturan ve bu sistemler yardımıyla ilgili yöneticilere bilgi desteği sağlayan sisteme finans ve muhasebe bilgi sistemleri denilmektedir (Tutar 2010: 313-316).

Finans ve muhasebe bilgi sistemlerinin destek verdiği temel faaliyetleri aşağıda listelendiği üzeredir: Nakit akış ve kredi yönetimi, finansal performans analizi, portföy yönetimi, bütçeleme, ödeme ve alacak takibi, envanter kontrolü, vergi muhasebesi, sermaye bütçeleme ve tahsil edilebilen hesaplamalar.

1.1.3.6.4. İnsan Kaynakları Bilgi Sistemleri

İnsan kaynakları birimi iş süreci bağlamında organizasyonun ihtiyacı olan insan kaynağı ihtiyacının belirlenip bu ihtiyaca yönelik uygun kaynağın bulunması, yönetilmesi ve geliştirilmesinden sorumludur.

Bu bağlamda insan kaynakları bilgi sistemleri mevcut personel veri tabanının yönetimi, personel yetkinliklerinin geliştirilmesi ve potansiyel işgücünün bulunması ile ilgili etkinlikleri destekleyen bilgi sistemi olarak tanımlanabilir (Özen,2015: 13). “İnsan” kavramının organizasyonun merkezinde yer aldığı insan kaynakları bilgi sistemi , organizasyonun sürdürülebilirliği çerçevesinden ön plana çıkan bir yaklaşımdır.

İnsan kaynakları bilgi sistemlerinin destek verdiği temel faaliyetleri: Eğitim ve geliştirme, personel gereksinimlerinin tahmini, Personel bilgilerinin tutulması, Ücret analizleri.

1.2. BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE OPERASYONEL TEKNOLOJİLER

En basit tanımıyla toplumun mal ve hizmetlere ait bilgi birikimi olarak tanımlanan teknoloji kavramı, tanımdan da anlaşılabilceği üzere toplumların tarihi kadar eski bir kavramdır. İlk olarak tarım toplumunda tarım teknolojileri, sanayi toplumunda sanayi teknolojileri olarak karşımıza çıkan teknoloji kavramı; günümüz bilgi toplumunda ise bilgi teknolojileri olarak öne çıkmaktadır. Bilgi merkezli başka bir tanıma göre ise teknoloji; bilimsel ilkeler ekseninde uygulama çıktısı olarak üretilen tutarlı bilimsel bilginin, topluma hizmet adına endüstri uygulanması ve toplum hayatında kullanılmasıdır (Öğüt, 2012: 162-163) .

Kavramı biraz daha daraltır ticari bir organizasyon çerçevesinde ele alacak olursak teknoloji, toplumun endüstriyel yeteneklerine ait kümülatif bilgi birikim olarak tanımlanabilir (Barutçugil 2009: 27). Bu bakış açısıyla teknolojiden temel beklentilerden biri de yöntem sistematığının incelenmesi ve bu incelemeden yapılacak çıkarımla operasyonel verimliliğinin ve yönetsel etkinliğinin ileriye taşınmasıdır.. Teknoloji bir sistematik içerisinde ki gereçlerden sadece biridir ve bu bakış açısıyla teknoloji sistematik içerisinde kullanıldığında amacına hizmet eder ve sistem teknoloji kullanıldığında amacına en kolay yoldan ulaşır.

Teknolojinin bir sistematik içerisinde kullanımına verilecek en net örnek, bilgi sistemleri içerisinde teknolojinin kullanımınıdır. Çünkü hem bilgi sistemleri hem de teknoloji kavramını oluşturan temel bilgidir. Bilginin artan miktarı, hızı ve analiz ihtiyacı bilgi yönetim sistemleri gereksinimini ortaya çıkartırken, paralelde de bilgi yönetim sistemlerinin ihtiyaç duyduğu bilgi işleme ihtiyacına çözüm de teknoloji öne çıkmaktadır. Bu bağlamda bilgi yönetim sistemleri ve teknoloji iç içe geçmiş ve ayrılmaz iki kavramı ifade etmektedir. Bilgi çağında tüm bilgi yönetim sistemlerinin bilgisayar temelli olması bahsi geçen durum için net bir ispattır. Örnek biraz daha derinleştirilecek olursa; ilk bilgi yönetim sistemlerinde beklenti sadece “bilgisayar teknolojisi” desteğiyle yapısal bir veri sınıflandırması üzerinden yönetime destek sağlamak iken, artan hız ve gereksinimler daha ilişkisel ihtiyaçlar doğurmuş ve bu ihtiyaçlarda “daha teknolojik bilgisayarlarla veri analizi” gibi teknolojilerini doğurmuş; bu teknolojiye bilgi yönetim sisteminin etkinliğini artırmıştır.

1.2.1. Bilişim Teknolojileri

İçinde bulunduğumuz çağın petrolü kabul edilen bilginin etkin kullanımı açısından da ciddi bir önem arz eden bilişim teknolojileri yeni bir kavram olup, bilgi yönetim sistemlerinin de alt yapısını oluşturan bilgi teknolojileri ve bunun paralelinde gelişen iletişim teknolojilerinin birlikteliğini ifade etmektedir.

Daha genel bir tanımla bilişim teknolojileri, bilginin derlenmesi, depolanması, işlenmesi, herhangi bir yerden erişime sunulması ve iletimine hizmet eden teknolojiler, olarak da açıklanabilmektedir. Sarıhan'ın tanımıyla “*bilginin toplanması, saklanması, işlenmesi, erişilmesi ve dağıtılmasına hizmet eden teknolojiler, uygulama ve hizmetlerin bütünü ve sistem üzerindeki bilgilerin tümü*” olarak da açıklanabilmektedir (Sarıhan,1999:9).

Bilişim teknolojilerinin sayesinde, kullanılan ekipmanlar daha tümleşik bir hale gelmiş ve küçülmüştür. Paralelinde işlerin yapım hızı artmış, maliyetleri ise önemli ölçüde düşürmüştür ve bu düşüş verimliliği ve ürün kalitesini artırmıştır.

1950'lerde bilgisayar teknolojileri ile hayat bulan bilişim teknolojileri kavramı, takiben bilgisayarların gelişimi ve günümüzde ek olarak veri işleyip bilgi üreten tüm yazılım ve donanım içeren sistemi ifade etmektedir. 19.y.y'ın sonlarına doğru internet ve ağ teknolojilerindeki ilerleme bilişim teknolojilerinde gelişimde bir dönüm noktası oluşturmuş; sonrasındaki gelişmeler de Moore, Gilder ve Metcalf yasaları çerçevesinde sürekli artan bir ivmeyle devam etmiştir (Alabay, 2011).

Bilgi teknolojileri, kendi gelişimiyle birlikte sürekli olarak diğer teknolojilere uygulanmakta ve bu süreç devam etmektedir. Bilgi teknolojilerinin etkilediği önemli teknolojilerden biri de operasyonel teknolojiler olarak öne çıkmakta ve bu teknoloji operasyonel süreçleri bünyesindeki teknolojilerle baştan aşağı değiştirmektedir.

1.2.2. Operasyonel Teknolojiler

İmalat departmanı, sevkiyat birimi ve lojistik operasyonu olmayan firmalar için bilgi sistemleri teknoloji alt yapısı ve işlevi; kapalı bir ağ, bu ağa bağlı bilgisayarlar, sunucular ve çevre birimlerinden meydana gelmektedir. Eğer ağ yapısı yeterince iyi bir donanımsal alt yapıya ve güvenlik önlemlerine sahipse bilişim teknolojileri bağlamında yeterli bir sistem olarak değerlendirilebilir. Fakat imalat operasyonları ve üretilen

ürünlerin depolama sevkiyat operasyonları söz konusu olduğunda sadece bilişim teknolojileri yeterli olmaz ve farklı endüstriyel ihtiyaçlar ortaya çıkar. İşte bu endüstriyel ihtiyaçlara cevap verecek ekipmanlara (programlanabilir lojik kontrolcü, switch, anten, sensor v. b...) ve yazılımlara bünyesinde yer veren, temel amacı fiziki olarak cihazların izleme ve kontrol operasyonu olan bilgi temelli teknolojilere operasyonel teknolojiler denir. (Erçin, 2018)

Operasyonel teknolojilerin amacı, fiziksel olarak cihazların izlenmesi suretiyle fiziksel değişiklikleri tespit etmek veya bünyesinde yer alan donanım/yazılım alt yapısı sayesinde istenen değişikliği fiziki olarak cihazda veya kontrol ettiği sistemde meydana getirebilmektir.

Operasyonel teknolojiler, geleneksel bilişim teknolojileri ve endüstriyel kontrol sistemleri ortamı arasında teknolojik ve fonksiyonel farklılıkları ifade etmekte ve “teknolojik olmayan alanlardaki bilgi teknolojisi” olarak adlandırılabilir. Bazı temel operasyonel teknolojiler (Wikipedia, 2018)

- Programlanabilir lojik kontrolcüler,
- Dağıtık kontrol sistemleri,
- Merkezi denetim ve veri toplama sistemleri,
- Bilgisayar tabanlı nümerik kontrolcüler,

Yukarıda belirtilenler dışında diğer bir operasyonel teknoloji de radyo frekans tanımla sistemleri olup, herhangi bir bağlantı ve bilgi taşıma özelliği olmayan pasif nesnelere dahi bir ağ nesnesine dönüştürülebilmesi yönüyle ayrı bir önem arz etmektedir.

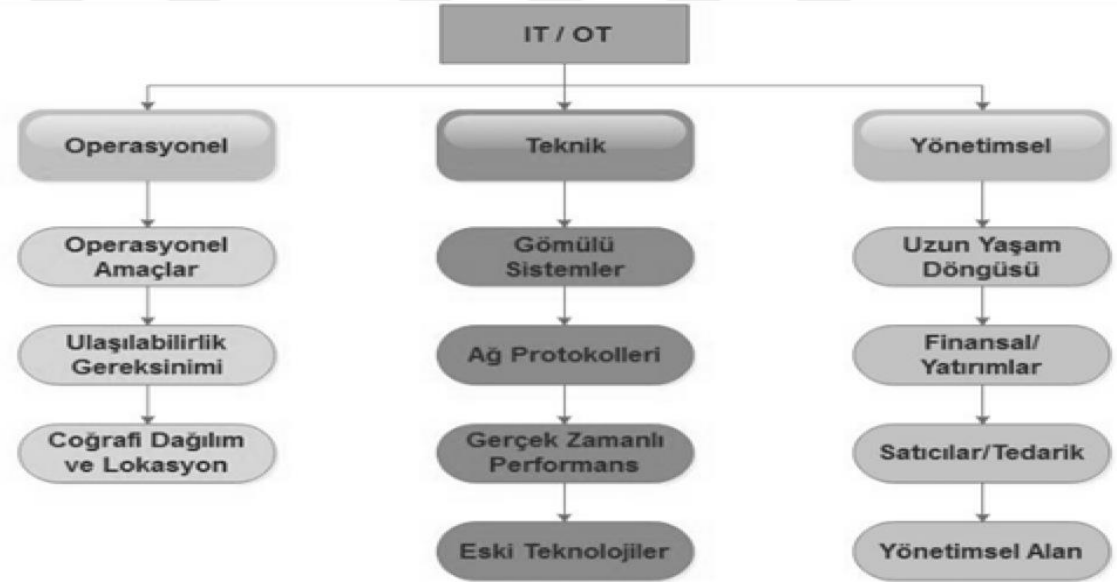
1.2.3. BT ve OT Karşılaştırılması

İki teknoloji arasındaki en bariz farklılık: Operasyonel teknolojilerin operatif yönüyle, temel misyonu bilgi yönetim süreçlerini desteklemek olan bilişim teknolojilerden ayrılmasıdır. Diğer bir deyişle operasyonel teknolojiler fiziksel bir operasyonun kontrol ve takibine odaklıyken, bilişim teknolojileri yönetimsel süreçlerde kullanılmak üzere verinin organizasyonunda sorumludur.

İki teknoloji arasındaki diğere önemli farklılık da güvenlik konusundadır. Şöyle ki; Operasyonel teknolojiler herhangi bir güvenlik tehlikesi altında operasyonun devamlılığı ve süreç çıktısı kalitesini ön planda tutarken, bilişim teknolojileri sistemin bütünlüğü merkezli lokal ve fonksiyonel bazlı kesintilere izin verebilir.

Bu temel farklılıklar ekseninde operasyonel teknolojilerin ve bilişim teknolojilerinin kendi içlerinde farklılaştığı ve bu durumun teknolojiler özelinde aşağıdaki gibi bazı zorluk ve kısıtlamalar getirdiği görülmektedir:

Şekil 7: Operasyonel Teknolojiler ve Bilişim Teknolojilerin Farklılaştığı Alanlar



Kaynak: Ercin,2018

Amaçları, çalışma ortamları, veri kaynakları, çıktıları, sorumluları ve bağlantıları bağlamında bilişim teknolojileri ve operasyonel teknolojileri karşılaştıracak olursak:

Tablo 1: Operasyonel Teknolojiler ve Bilişim Teknolojilerinin Farkları

	Bilişim Teknolojileri	Operasyonel Teknolojiler
Amaç	Aktarım prosesi	Varlık izleme ve kontrol
	Sistem analizi ve uygulamaları	Proses kontrol, ölçüm ve koruma
	Teknik ve iş analizleri	Cihaz – Cihaz haberleşme
	İnsan kararlarına Destek	Sunucu – Cihaz haberleşme
Çalışma Ortamı	Kurumsal veri merkezleri	Alt istasyonlar
	Ofis ve sunucu odaları	Saha ekipmanları
	Kontrol odaları	Kontrol odaları
Veri Girişi	Manuel veri girişi	Sensörler, vericiler, RTU ve PLC’ler
	Diğer BT sistemleri	Röleler, ölçüm cihazları
	OT sistemlerinden gelen veri	Operatör girişleri ve diğer OT sistemleri
Çıkış	Veri özetleri	Cihaz kontrol eylemleri
	Analiz ve hesaplamaların sonucu	Durum ve alarm göstergeleri
	Diğer OT sistemlerine gönderilen komutlar	Operasyon kayıtları
Sorumlu	CIO ve BT departmanları	Operasyon ve mühendislik müdürleri
	Finans	İşletme müdürü
	Operasyon (EMS v.b.)	Bakım departmanları
Bağlantı	Kurumsal ağ	Proses kontrol protokolleri
	IP tabanlı	IP tabanlı, seri, analog, dijital

Kaynak: Taylor, 2017: 2

Operasyonel teknolojiler ve bilişim teknolojileri arasında bariz farklılıklar olmasına rağmen, gelişen teknolojinin ivmelendiği dijitalleşme hızı işlerin kapsamı ve güvenlik gereklilikleri bağlamında bu iki teknoloji kolunun karşılıklı entegrasyonunu gerektirmektedir. Diğer bir deyişle bu iki teknoloji kolunun karşılıklı farklılıkları birlikte kullanıldığında başka bir boyutta kullanıcıya avantaj getirmektedir.

1.2.4. BT ve OT Karşılıklı Entegrasyonu

Paylaşılan farklılıklarla beraber bilginin üretimden yönetime organizasyonun her bir sürecinde artan yoğun kullanımını, operasyonel teknolojiler ve bilişim teknolojilerinin karşılıklı entegrasyonunu kaçınılmaz kılmıştır. Bu entegrasyonun en bariz hedefleri (AB Kontrol, 2016): Üretim verisinin kurumsal veriye dönüşmesi ve tesisin her seviyesinde görülebilmesi, analiz edilebilmesi, erişim yetkileri dahilinde kontrol değişkenlerine müdahale edebilmesi kabiliyetidir.

Geçtiğimiz yıllarda, çoğu endüstri operasyonel teknolojileri ve bilişim teknolojilerini iki farklı alan olarak geliştirdi ve ayrı teknoloji yığınlarını, protokolleri, standartları, yönetim modellerini ve organizasyonel birimleri korudu. Ancak son birkaç yıl içerisinde operasyonel teknolojiler, bilişim teknoloji alt yapılarını (IP gibi) kullanmak suretiyle karşılıklı entegrasyon sürecindeki ilk adımı attı. Benzer şekilde bilişim teknolojileri departmanlarının sorumluluk alanları da operasyonel teknolojileri ve problemlerini kapsayacak şekilde genişletildi.

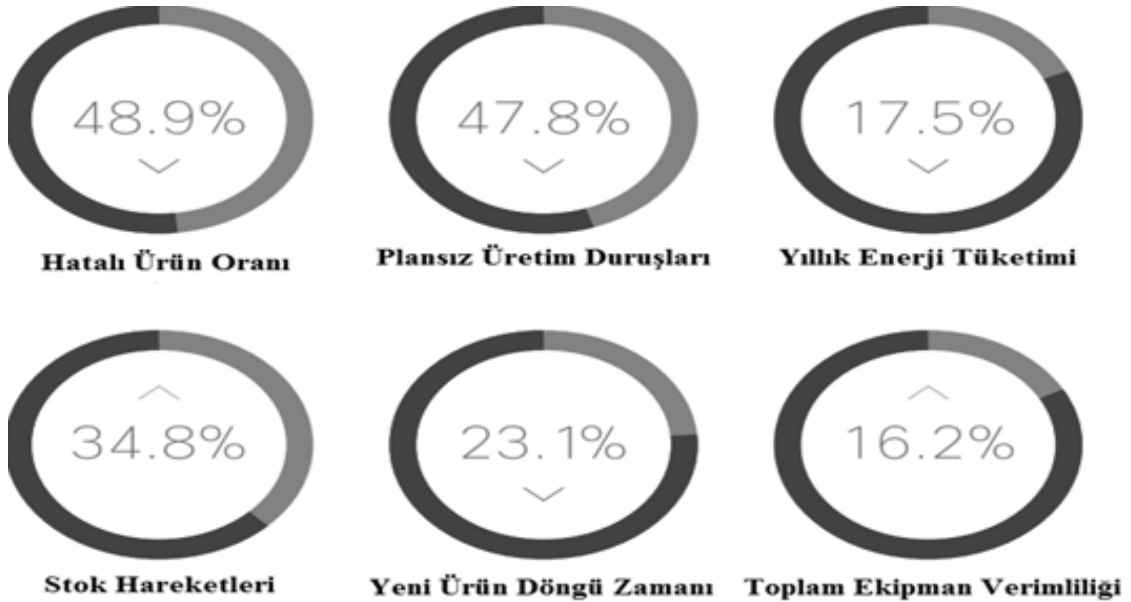
Karşılıklı entegrasyon, maliyet ve risk azaltmalarının yanı sıra gelişmiş performans ve esneklik de dahil olmak üzere şirketlere açık avantajlar getirmektedir. Bu avantajları elde etmenin bir ön koşulu stratejik, organizasyonel ve teknolojik zorlukların üstesinden gelinebilmesidir. Bu entegrasyon aynı zamanda, teknoloji stratejilerinin uyumlu olduğunu, ortak yönetim ve süreç modellerinin kurulduğunu, güvenlik ve verilerin merkezi olarak yönetildiğini ve kaynakların yeniden yapılandırıldığını göstermektedir. Bilişim teknoloji servis sağlayıcılarının bu entegrasyona dahil olmalarının nedeni, iş etkisine, yani organizasyonun endüstriyel müşteriler için yarattığı ticari değerlere odaklanmasıdır. Bu değer, yalnızca üretim maliyetlerindeki baskılar veya yeni geliştirilen ürünler için piyasaya sürülme süresi gibi zorlukların üstesinden gelinebiliyorsa garanti edilebilir (Ascent 2012: 2,15).

Özet olarak; Operasyonel teknolojiler ve bilişim teknolojileri arasındaki yakınsaması için olmazsa olmaz gereklilikler, aşağıdaki gibi dikkate alınabilir (Cisco, 2017)

- Operasyonel teknolojiler ve bilişim teknolojileri için ortak bir standard ve yönetim yapıları geliştirilmelidir,
- Yinelenen ve çakışan süreçlerin minimize edilerek çakışmanın azaltılmalıdır,
- Her iki alanda da disiplinler arası becerilerin geliştirilmelidir,
- Güvenlik merkezde olmak üzere teknolojiler bazında bölünmüş sorumlulukların birleştirilmelidir,
- Tüm teknoloji alt yapılarının tek bir kanaldan kombine bir yönetimi, yürütülmesi ve izlenmesi gerekmektedir,
- Entegrasyon ile ilgili faydaların merkezinde ilgili teknoloji sorumlularının işbirliği sağlanmalıdır.

2015 yılında yapılan bir araştırma çalışması verilerine göre karşılıklı entegrasyonun sağladığı faydalar aşağıdaki oranlarda sürece yansımıştır.

Şekil 8: Karşılık Entegrasyon Fayda Oranları



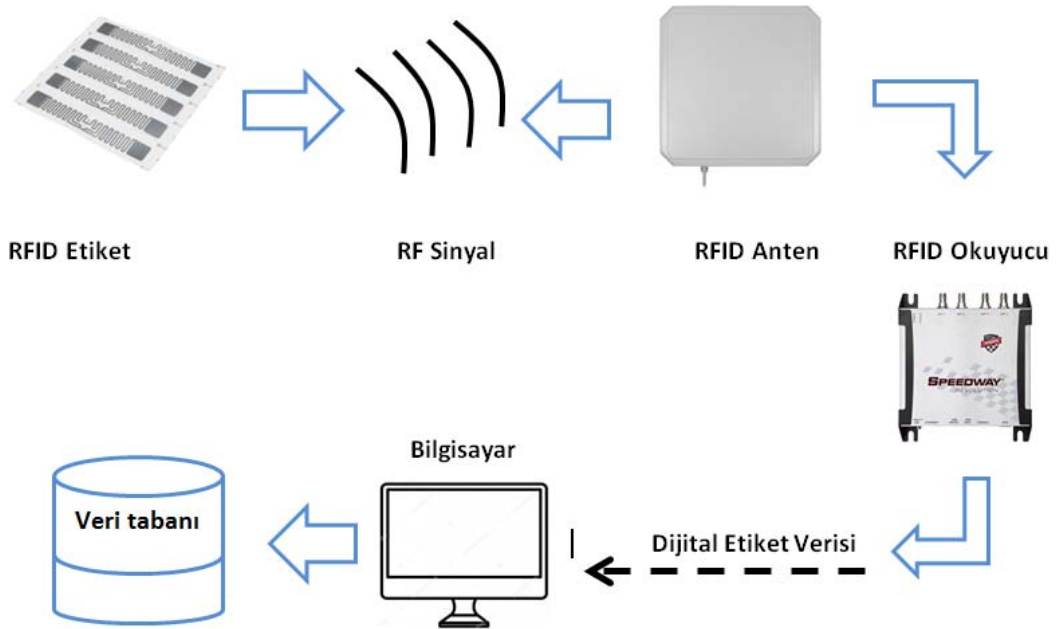
Kaynak: SCM World, 2015.

1.2.5. Entegratör Teknoloji Olarak: RFID

“RFID” İngilizce açılımı “Radio Frequency Identification” olan “Radyo Frekanslı Tanımlama” anlamına karşılık gelmektedir. RFID, etiketi üzerindeki çipinin sahip olduğu eşsiz ve programlanabilen kodu sayesinde canlı veya cansız her türlü nesnenin herhangi bir fiziksel veya optik temas olmaksızın belirli bir mesafeden radyo dalgaları yardımıyla tanımlama ve hareketlerinin izlenmesi teknoloji olarak tanımlanabilmektedir (Özdemir, D. ve diğerleri, 2017: 2)

RFID teknolojisinin en kritik iki özelliğinden ilki ve bu teknolojiyi diğer optik barkod teknolojilerden ayıran yanı: tanımlama operasyonu için sistemdeki okuyucunun etiketi doğrudan görmesi gerekliliğini ortadan kaldırmasıdır. Böylece okuma operasyonu kolaylaşmakta ve etiketin kullanıldığı operasyona esneklik sağlamaktadır. Sistemin ikinci özelliği ise, ister dijital olsun isterse de cansız RFID etiketiyle donatılan herhangi bir nesnenin, radyo frekans alanı içerisinde ağa bağlı bir nesne alan dışında da dijital bir hafızaya sahip bilgi taşıyıcı olarak davranabilmesidir.

Şekil 9: Temel bir RFID Sisteminin Çalışma Prensi Şeması



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

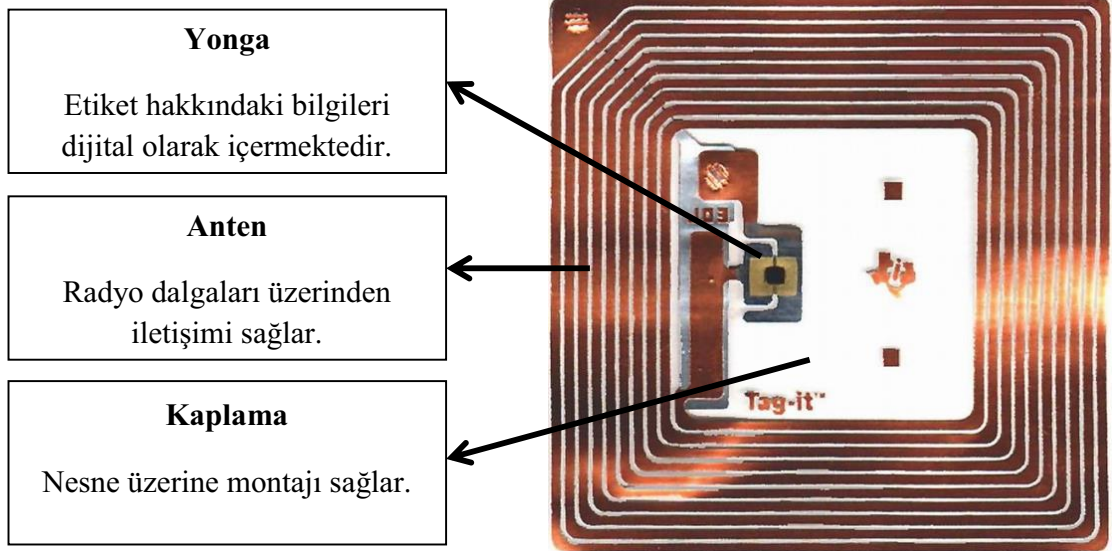
Şekil 9’da gösterilen çalışma prensibi özet olarak: Okuyucudan yayılan elektromanyetik dalgalar etiketin anteni tarafın algılanır. Algılanan bu dalgalar etikette bulunan yonga devreleri aktif hale getir ve gerekli bilgi modülasyon yoluyla etiket anteni üzerinden okuyucuya geri gönderilir. Analog olarak okuyucu antenine ulaşan bu bilgiler sayısallaştırılarak bilgisayar tarafından kayıt altına alınmak üzere veri tabanına gönderilir hem de kullanıcının anlamlandırabileceği formda ekranda görüntülenir. (Maraşlı ve Çıbuk, 2015:249)

Sistemin doğru anlaşılması ve kurulabilmesi ancak sistemdeki bileşenlerin doğru bir şekilde tanınması ve alternatifler arasından doğru olanların seçilmesine bağlıdır. Bu bağlamda RFID etiket ve okuyucuların tek tek ele alınması sistem açısından ciddi önem arz etmektedir.

1.2.5.1. RFID Etiketler

RFID etiketler, entegre antenleri vasıtasıyla bir okuyucunun radyo frekans alan içerisine girildiğinde, üzerlerindeki çip sayesinde etiketin yapıştırıldığı nesnenin tanınmasını sağlayan dijital etiketlerdir. Şekil 8 de RFID bir etiketin içyapısı gösterilmektedir.

Şekil 10: RFID Etiket İç Yapısı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu etiketler kullanabildikleri harici güç kaynakları opsiyonlarına göre aktif ve pasif RFID etiket olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif RFID etiketler okuyucu ile iletişim kurabilmek için gerekli olan enerjiyi harici bir kaynaktan alırken pasif RFID etiketler harici bir güç kaynağına ihtiyaç duymaksızın okuyucu anteninden gelen radyo frekans dalgası üzerinden enerjilerini sağlarlar (Greengard,2017: 32). Bu tür haricinde bir de yarı pasif etiket olarak bilinen ve nadir kullanılan bir tür vardır. Bu tür etiketler iletişim için antenden gelen enerjiyi kullanırken çip kontrolü için harici bir kaynak kullanırlar.

Tablo 2: RFID Etiketlerin Karşılaştırılması

	Pasif	Yarı-pasif	Aktif
Güç Kaynağı	Elektromanyetik dalgalarla oluşan indüksiyon	Pil ve indüksiyon	Pil
Okuma Mesafesi	3 m. kadar	30 m. kadar	30 m.kadar
Yakınlık Bilgisi	İyi	Zayıf	Zayıf
Frekans Çatışması	Orta	Yüksek	Yüksek
Bilgi Depolama Kapasitesi	2kByte kadar	> 32 kByte	> 32 kByte
Maliyet/Etiket	₺	₺₺	₺₺₺

Kaynak: (Schuster ve diğerleri, 200:8) referansından yararlanılarak yazar tarafından derlenmiştir.

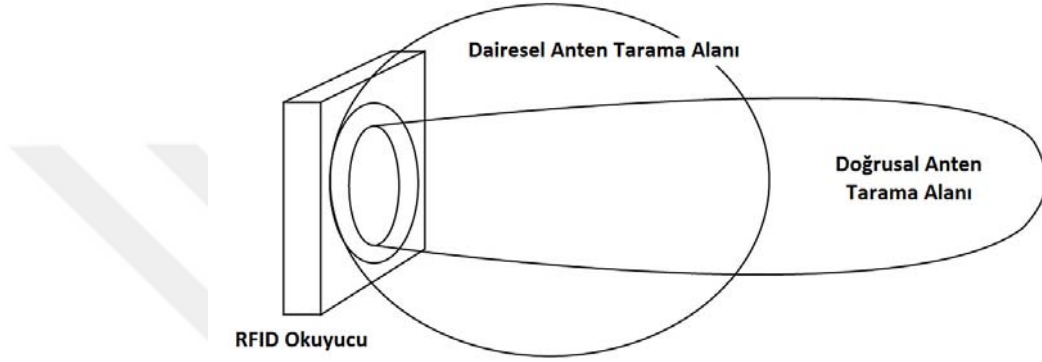
1.2.5.2. RFID Okuyucu Sistemleri

Radyo frekans sinyalleri yardımıyla bir manyetik alan oluşturarak RFID etiket üzerindeki bilgilerin okunup sisteme iletilmesini sağlayan bütünleşik cihazlara RFID okuyucu denir.

Okuyucular da çiplerin sahip oldukları standartlara (ISO 14443, ISO 15693 gibi) göre çalışmaktadır. Etiket üzerindeki çipin frekansına, gücüne, RFID etiketin aktif veya pasif olmasına, antenin hassasiyetine, ortama gibi birçok etkene bağlı olarak RFID

okuyucunun okuma etkinliği değişkenlik göstermektedir. Örneğin okuyucu da kullanılan dairesel antenler aynı okuyucuda kullanılacak olan doğrusal antenlerden daha da geniş bir okuma alanı sağlamaktadır (RFID-Turkey, 2018).

Şekil 11: Dairesel ve Doğrusal Anten Tarama Alanları



Kaynak: Lahiri, 2005: 12

Tablo 3: Yoğun Kullanılan RFID Çalışma Frekansları

Frekans Aralığı	Frekanslar	Okuma Mesafesi
Düşük Frekans (LF)	120-140 KHz	10-20 cm
Yüksek Frekans (HF)	113.56 MHz	10-20 cm
Ultra – Yüksek Frekans(UHF)	868-928 MHz	3 metre

Kaynak: (Weis, 2011: 11) referansından yazar tarafından derlenmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

TEKNOLOJİ ENTEGRASYONUN SANAYİDE YARATTIĞI DEVRİM: ENDÜSTRİ 4.0

2.1. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI VE TARİHÇESİ

Endüstri 4.0 kavramı basitçe 4.sanayi devrimi olarak tanımlanabilmektedir. Bugün içinde bulunduğumuz Endüstri 4.0 sürecini daha iyi anlamlandırabilmek adına tarihsel geçmişi ele alınmalıdır. 4.sanayi devrimine gelene kadar geride kalan 3 sanayi devrimi vardır. Fakat bu sanayi devrimlerin de gerisinde ilk büyük devrim binlerce yıl önce meydana gelen, avcılık ve toplayıcılıktan tarıma geçişin yaşandığı tarım devrimidir. Tarım devrimiyle birlikte üretim ve taşımacılık amacıyla hayvan emeği ve insan emeği birleştirildi. Bu boyutuyla tarım devrimi tarihsel olarak üretim sürecinde verimlilik olarak ilk iyileşmeyi sağladı (Schwab,2017: 15).Tarım devrimini takiben 1450’de Johannes Gutenberg’in öncüsü olduğu matbaanın keşfi; rüzgar, su enerjisi kullanımına bağlı meydana gelen sinerjiden hareketle, bilginin taşınabilirliğini ve dolayısıyla iletişimi artırıp mevcut ticareti başka bir boyuta taşımıştır (Rifkin, 2015: 45). Matbaa Bu yönüyle de sanayi devrimlerinin öncesinde görünmeyen bir “bilgi devrimi” yaratmıştır.

İlk sanayi devrimi kavramı, Fransız diplomat Louis-Guillaume Otto tarafından yazılın 6 Temmuz 1799 tarihli bir mektupta yer almaktadır (Crouzet,1996: 45) . Her ne kadar kavramı Fransızlar ortaya atmış olsa da 1800 yılların başında Birleşik Krallık sahip olduğu rezervler ve yeni teknolojiler hususundaki öncü konumuyla ilk sanayi devrimine öncülük etmiştir. Bu süreçte özellikle tekstil alanında kullanılan makineler insan gücüne bağlı verimliliği yaklaşık olarak 40 kat oranında artırmıştır. Yine aynı dönemde su buharının meydana getirdiği yüksek basınca dayalı güç keşfedilmiş ve buhar makinelerinin sanayide kullanılmasıyla üretim kapasiteleri artmıştır. Makinaların öncülük ettiği bu ilk sanayi devrimi mekanik makine devrimi olarak da adlandırılmaktadır. Tanımdan da anlaşılabilceği üzere meydana getirdiği en önemli kırılım insan gücünün makinalara yönelmesidir. İlk sanayi devrimini takiben meydana

gelen ikinci sanayi devrimini ilkinden ayıran en temel faktör; kullanılan teknolojilerde farklılığına bağlı olarak üretim kapasitelerindeki artıştır. Bu süreçte özellikle elektriğin keşfi ve seri üretimde kullanılmasına bağlı olarak seri üretim kapasitesi, çeşitliği, hızı ciddi oranlarda artmış, üretim maliyetleri azalmıştır. Bu devrim yapısı itibarıyla tüm dünya hayatına dokunabilmesi yönüyle diğer devrimlerden ayrılmaktadır. Elektriğin ve elektriğin kullanımının öncülük ettiği bu devrimin diğer adı da teknolojik devrim olarak bilinmektedir. 2.sanayi devriminde keşfi gerçekleşen makinaların etkin kullanımıyla birlikte bilgi bilimi ve bilişim alanında çığır açan yenilikler görülmüş ve bu yenilikler dijital devrimde denilen 3.sanayi devrimini meydana getirmiştir. 1949 yılında keşfi gerçekleştirilen transistör bu devrimin ilk ve en büyük keşfi olup; öncü teknoloji olarak bilgisayar ve internetin keşfi ikinci sanayi devrimini dijital dünyayla birleştirmiş ve verimliliği bir üst seviyeye taşımıştır. Üretimde bilgisayarların kullanılmaya başlamasıyla 1952 yılında üretimde bir devrim olarak CNC makineleri keşfedilmesiyle üretim artık hiç olmadığı bir forma ulaşmıştır (Özdoğan, 2017: 3-26) . ERP yazılımlarının kullanımıyla süreçlerin etkin bir şekilde yönetimi sağlanmış ve buna paralel olarak hem üretim kapasite artışı sağlanmış daha da önemlisi işletme karlılığında artış meydana gelmiştir.

Tablo 4: İlk 3 Endüstri Devriminin Kronolojisi

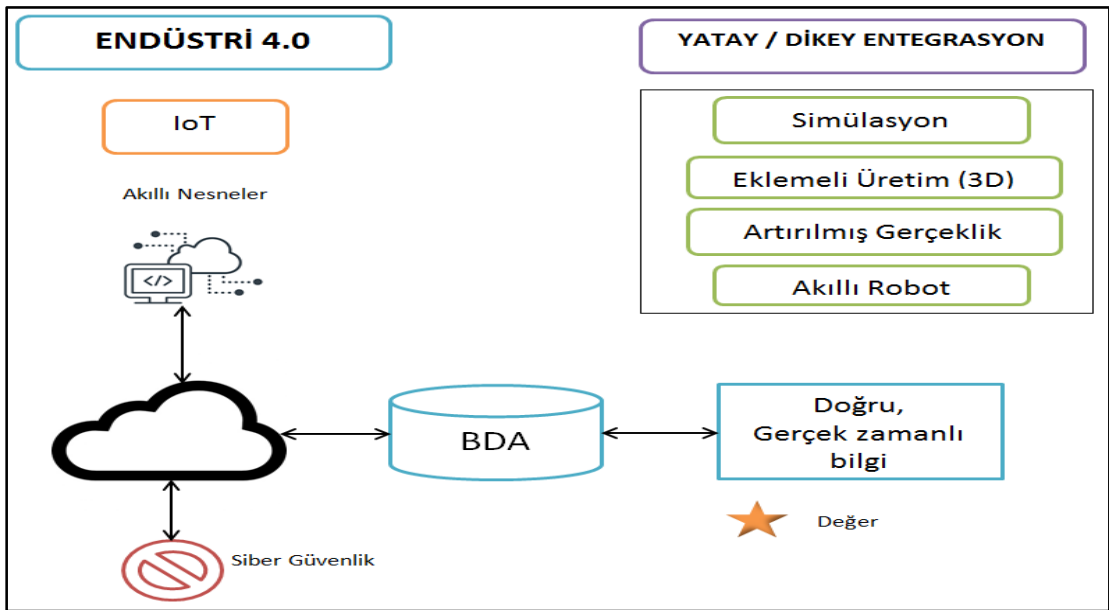
	1.Endüstri Devrimi	2.Endüstri Devrimi	3.Endüstri Devrimi
Tarih Aralığı	1750-1815	1870-1914	1973-2011
Yer	Birleşik Krallık	Almanya, ABD	ABD, Doğu Asya
Teknoloji	Makine	Elektrik	İletişim teknolojileri,
Otomasyon	Dönüşüm	Transfer	Kontrol
Süreç tipi	Emek	Sermaye	Bilgi
Organizasyon	Girişimci	Çok ortaklı	Ağ
Endüstri Yapı	Rekabetçi	Oligopolistik	Karma

Kaynak: (Tunzelman, 2013: 371) referansından yazar tarafından derlenmiştir.

Dijital devrim süresince ortaya çıkan bilgi teknolojileri, bilgisayar ağları ve dijital teknolojilerinin gelişimi ve daha önemlisi tümleşik hale gelmesiyle birlikte sanayide köklü bir değişim meydana gelmiştir. Bağlantı temelli bu değişim süreci sanayileşmenin dördüncü aşaması olarak tanımlanmaktadır (Özsoylu,2017: 45). Bu aşamayı tanımlamak için dünyada ilk olarak 2011 yılında Hannover fuarında kullanılan “Endüstri 4.0” terimi, siber fiziksel sistemler kullanarak akıllı fabrikalar inşa etmek vizyonunu ifade etmektedir. Endüstri 4.0 akıllı sistemler tarafından kontrol edilen, ekstra bir operatör desteği olmaksızın kendini konfigürasyonunu yapabilen, kendini izleyebilen, kendini iyileştirebilen endüstriyel yapıları mümkün kılmaktadır. Bunun sonucu olarak Endüstri 4.0, daha önce ulaşılmamış seviye de operasyonel verimlilik elde edilmesine ve bu verimlilikteki büyümenin hızlanmasına sağlamaktadır(Thames ve Schaefer,2016,13).

Endüstri 4.0 yalın bir kavram olmayıp bünyesinde birden fazla teknolojiyi barındıran tümleşik bir kavramdır. Bu bağlamda Endüstri 4.0’ı ifade etmek adına kavramsal bir tanımlama yerine her bir teknolojinin Endüstri 4.0 bünyesinde ki görevine ve önemine değinmek daha uygun olacaktır.

Şekil 12: Endüstri 4.0 ve bileşenleri



Kaynak: (Apillioğlu, 2018: 27) referansından yazar tarafından derlenmiştir.

2.2. ENDÜSTRİ 4.0 BİLEŞENLERİ

Endüstri 4.0 bünyesinde yer alan bileşenler öncelik ve gereklilik bağlamında gruplandırmaya tabi tutulduğunda; bunlardan ilki “Dijital Çağ Üretim Teknolojileri” , ikincisi “ İleri Seviye Üretim Teknolojileri” olarak ele alınabilmektedir. Her grup kendi içerisinde Endüstri 4.0 meydana getiren alt teknolojileri içermektedir.

2.2.1. Dijital Çağ Üretim Teknolojileri

Endüstri 4.0 sürecine başlamadan önce dijitalleşme çağının bir gerekliliği olarak süreçlerin standartlaştırılması ve bilgi temelli olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu adımı tamamlayan işletmeler dijital çağ üretim teknolojilerinin de yardımıyla akıllı fabrika, akıllı zincir süreçlerine geçiş yapabilmektedirler. Bu teknolojilerin her biri detaylı olarak aşağıdaki alt başlıklar özelinde ele alınmaktadır.

2.2.1.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti, 1980 ve sonrasında bilgisayarların yaygın olarak kullanımına girmesiyle meydana gelen dijital devrimin ikinci dalgasıdır (Greengard,2017:12). Birinci dalgada, sadece bir makine ile diğer makine arasında meydana gelen iletişim diğer bir deyişle makineler arası iletişim söz konusuysen ikinci dalga da bu iletişimi de kapsayan nesnelerin interneti kavramı ortaya çıkmıştır. Makineler arası iletişim, makinelerin genelde bir kapalı bir ağ üzerinden bağlantı durumunu ifade ederken, nesnelerin interneti kavramı yalnızca makine değil aynı zamanda insanlarla makineleri, ortak ve daha uzaktan erişilebilir bir ağ üzerinden bağlanabilmesine odaklanmaktadır (Özdoğan, 2017: 97).

Kavramın adında da anlaşılabilceği üzere, bugün nesnelerin arasına kurulan ağlarla gerçekleşen nesnelerin interneti olgusunun yarattığı etki, geçmiş sanayi devriminde şehirlerarasında demiryolları döşenmesinin yarattığı etki ile benzer bir kilit vasfa sahiptir. Benzer şekilde dijital devrim sürecinde elektriğin aldığı kritik rolü 4.sanayi devriminde internet almaktadır (Greengard,2017:14).

En sade tanımıyla nesnelerin interneti, işletme sürecinin her adımında anlık olarak veri toplanması, süreçlerin izlenmesi ve yönetilmesi sağlamaktadır. Bu sayede

süreçlerin daha akıllı hale gelmesi, diğer bir deyişle süreç içerisindeki nesnelere tarafından toplanan ve paylaşılan veriler sayesinde anlık olarak karar alabilme kabiliyetini nesnelere devredilmesi söz konusudur (Apillioğlu, 2018: 26)

Nesnelerin interneti kavramı daha geniş bir perspektif de ele alınacak olursa, internete ve dolayısıyla internet üzerinden birbirine bağlı nesnelere ifade etmektedir. Burada bahsi geçen nesnelere dijital kökenli nesnelere denir ve her birinin kendine ait bir kimlik numarası ve bir internet protokolü(IP) adresi vardır. Bu bilgiler sayesinde nesnelere bağlı oldukları ağ üzerinde eşsiz bir kimliğe sahiptirler. Özellikle IP için uzun yıllar; 4.3 milyar adresle sınırlı IPv4 protokolü kullanılmıştır. Fakat gelişen teknoloji ve özellikle nesnelere interneti bu adreslerin hızlı bir şekilde tükenmesine sebep olmuştur. Bu ihtiyaca paralel olarak IPv6 protokolü tasarlanmış ve bu sayede ulaşılabilir IP sayısı 340 trilyon kere trilyon kere trilyon gibi ulaşılması zor bir seviyeye taşınmıştır (ODTÜ,2011).

Dijital nesnelere dışında kalan nesnelere fiziki kökenli nesnelere denir. Bu tür nesnelere manipüle edilmedikleri sürece, dijital nesnelere gibi veri üretip daha önemlisi veri aktarımı yapamazlar. Fiziki kökenli nesnelere ağa bağlanabilmek için diğer bir deyişle dijital bir nesne yapabilmek için yerleşik elektronik devreler, RFID veya NFC etiketleri kullanılırlar. Bu bağlamda fiziki nesnelere dijitalleştiren RFID teknolojisi nesnelere interneti başlığında kilit bir öneme sahiptir (Greengard,2017: 31).

EBSO'nun 2015 yılında yayımladığı rapora göre; nesnelere interneti teknolojisinin etkin bir şekilde kullanılması şu faydaları sağlayacaktır:

- Üretim aşamasında, konumdan bağımsız olarak kolayca üretim sürecine müdahale edebileceğinden üretim verimliliği artacak,
- Sensörler ve etiketlerin nesnelere yerleştirilmesiyle tedarik zinciri daha akıllı hale gelecek,
- Nesnelere interneti akıllı cihazlar kanalıyla gerçekleşeceğinden enerji ve altyapı maliyetleri azalacak,

- Makinelerin ve robotların üretim sürecini yönettiği bir fabrikada insan kaynağına da az ihtiyaç duyulacak,

Özet olarak nesnelerin interneti kavramı; herhangi bir ağa bağlanabilen nesneden üretilen verilerin bir ağ yardımıyla başka sistemlere aktarılması olarak tanımlanabilir. Bu kavram, özellikle akıllı okuyucuların pek çok fiziksel nesne veya makineye gömülerek, ek bir operatör desteği olmaksızın ağ üzerinden sisteme bağlanıp veri transferi sağlaması yönüyle Endüstri 4.0 içerisinde özel bir yere sahiptir. Bu özelliği itibarıyla da Endüstri 4.0 vizyonunda yer alan tüm sistemlerde bu kavramı görmek mümkündür. Endüstriyel internet olarak da isimlendirilen Nesnelerin İnterneti (IoT), akıllı fabrikalar, akıllı ürünler ve akıllı servislerin temelini oluşturmaktadır (Kagermann ve diğerleri, 2015).

2.2.1.2. Büyük Veri ve Büyük Veri Analizi

Nesnelerin interneti kavramında değinildiği üzere nesneler veri üretmeye ve paylaşmaya başladığında yönetilmesi gereken veride ciddi miktarda artış oldu. Bu verilere insanların ve operatörlerinde ürettiği veriler de eklenince geleneksel sistemler tarafından işlenmesi mümkün olmayan boyutta bir veri seti ortaya çıkmıştır. Veri tabanı yönetim sistemleri ve yazılım araçları, verileri toplama, saklama, yönetme ve çözümlene yeteneklerini aşan büyüklükte verilere büyük veri denmektedir (Gökşen,2013:1). Benzer başka bir tanıma göre ise büyük veri; kurum, kamu ve örgütlerin dijital veri kaynaklarını tümleşik bir şekilde kullanarak istatistik ve veri madenciliği teknikleriyle ortaya çıkartılmamış verileri ve bu veriler arasındaki ilişkiselliğin ortaya konulması olarak da tanımlanmaktadır (Demirtas ve Argan, 2015:3).

Büyük veri kavramı ile ortaya çıkan diğer iki kavram da: Büyük veri analizi ve veri madenciliğidir. Veri setlerini algoritmalar yardımıyla korelasyonlar üzerinden analiz etme, diğer bir deyişle veriden faydalı bilgi üretme işlemine büyük veri analizi denir. Bu analizi gerçekleştiren ve raporlayarak işletme sürdürülebilirliği ve operasyonel verimliliği için doğru kararlar alınmasına destek sağlayan profesyonel iş dalına da veri madenciliği denir. (Apillioğlu, 2018: 88)

Büyük veride sürecinde ne kadar çok kaynaktan veri toplanır ve istatistiksel metotlarla analiz edilirse süreç hakkında o kadar doğru doğru bilgiye ulaşılır (Özdoğan, 2017: 97). Bu bakış açısıyla Endüstri 4.0 devrimini ilgilendiren ve büyümesini sağlayacak olan en temel unsur veridir.

Büyük veri işletmeler perspektifinden ele alındığında dikkate alınması gereken üç değer vardır. Bunlar sırasıyla: maliyetlerin indirilmesi, hizmet ve ürün bazında iyileştirmelerin ortaya konulması ve en önemlisi de karar verme aksiyonun etkinliğinin artırılmasıdır (Davenport,2014:47).

Benzer bakış açısıyla EBSO raporunda belirtildiği üzere; büyük veriyi amacına uygun ve etkin bir şekilde kullanabilen işletmeler rekabet avantajı kazanacak, süreçlerinin verimliliği artacak, üretim ve süreç maliyetleri düşecek, tedarik süreçleri gelişecek ve pazardaki müşteriye ulaşmaları daha kolay olacaktır.

2.2.1.3. Bulut Bilişim

Dijital devrim sürecinde bilgi üreten cihazlar olarak bilgisayarların keşfini takiben, bilgisayarları birbirine bağlayan veya bir organizasyon bünyesindeki süreçlerde konumlandırılan bilgi işlem alt yapıları; özellikle nesnelere interneti ve büyük verinin ortaya çıkmasıyla zorunlu olarak bir form değişikliğine ihtiyaç duymuştur. Bu değişiklik ihtiyacına istinaden ortaya atılan yapılardan biride bulut bilişimdir.

Bulut terimi geniş bir tanıma sahip olmakla birlikte temel olarak, geniş bir ağ üzerinde çalışan dağıtık bir bilişim ortamını tarif eder. Bu bilişim ortamında belirli sayıda bilgisayar; kullanıcılara bir platform veya servis hizmeti vermek üzere bir araya gelmiştir. Bu hizmetler ihtiyaca göre sadece depolama veya depolamayla birlikte kullanıcı ihtiyaçlarına özel servis edilen yazılım ve donanım hizmetleri olabilmektedir. Bulut bilişimde ki en önemli nokta da bahsi geçen bu hizmetlerin hızlı bir şekilde sağlanmasıdır. Normal şartlar altında ihtiyaç olunan bir donanımın tedariki ve tedarik süresi sonrasında ki kurulum süresi dikkate alındığında bulut bilişimin hızının sağladığı avantaj net bir şekilde görülmektedir.

Bulut bilişimi nesnelere internetten ayıran yanı bulut bilişim yapısına aynı anda birden fazla nesnenin bağlanması ve nesnelere akan tüm verilerin bulut bilişim üzerinde büyük veri analizi işlemi gerçekleştirildikten sonra bilgilerin ilgili nesnelere yine bulut bilişim alt yapısı üzerinden iletilmesidir. (Greengard,2017: 53,54).

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü tarafından 2009 yılında yapılan özet tanımla bulut bilişim: “Yapılandırılabilir bilişim kaynaklarından oluşan ortak bir havuza, uygun koşullarda ve isteğe bağlı olarak her zaman, her yerden erişime imkân veren bir model” olarak tanımlanmaktadır (BTK,2013:9). Bu yönüyle bulut bilişim bir yenilikten öte bir dönüşüm olup, bu dönüşüme ayak uydurabilen işletmeler için doğrudan işlerine odaklanmasını sağlaması yönüyle avantaj sağlamaktadır. Bulut bilişimin belki de tek dezavantajı verilerin gizlilik ve güvenliğinin gerektirdiği dikkat gerekliliği olup, özellikle ülkesel bazda üzerinde önemle durulması ve servis sağlayıcı seçiminde dikkate alınması gereken bir husustur.

2.2.1.4. Siber Güvenlik

Nesnelerin internete bağlanarak içerisinde yer aldıkları süreci ağa taşınması ve özellikle bulut bilişim gibi ağ modelleri üzerinde önem derecesi yüksek verilerin işlem görmesi, işletmelerin operasyonel sürekliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu sebeple bu yapılar her geçen gün daha yoğun bir şekilde siber saldırılara maruz kalmaktadır (Miller ve Dale, 2012:51). Fortune 500 listesindeki firmalar üzerinde yapılan araştırma bu görüşü destekler niteliktedir. Şöyle ki; listede yer alan firmaların yüzde 97’sinin siber saldırıya uğradığı ve muhtemelen geri kalan yüzde 3’ünde her an bir saldırıya maruz kalması beklenmektedir (Akın,2016).

Endüstri 4.0 çağında bilgi temelli şirketlerin güvenliği, verilerin işlenmesini uygun şekilde düzenleyecek bir hukuki çerçevenin ve teknik alt yapının varlığına bağlıdır. Bu çerçeve, verilerin uygun hizmetlere yönelmesini sağlamakla birlikte, kişisel bilginin gizliliği dengelenmelidir. Bu noktada altını çizmek gerekir ki makineler, üretim süreçleri ve ekonomik faaliyetlerin ortamı hakkındaki veriler de en az şahsi veriler kadar önem arz etmektedir. Bu durum kısa süre içerisinde bu başlıkları içerecek hukuki

kaynakların yeniden ele alınması, teknolojik gelişim, sözleşme ve rekabet yasalarının tekrar değerlendirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Özsoylu,2017: 57). Bu nokta da dikkate alınması gereken en önemli husus ihlal ve saldırıların yalnızca gerçek dünya da değil aynı zamanda da siber dünya da olabileceği ve yaratacağı hasar bakımından gerçek dünyadan farklı olmayacağıdır.

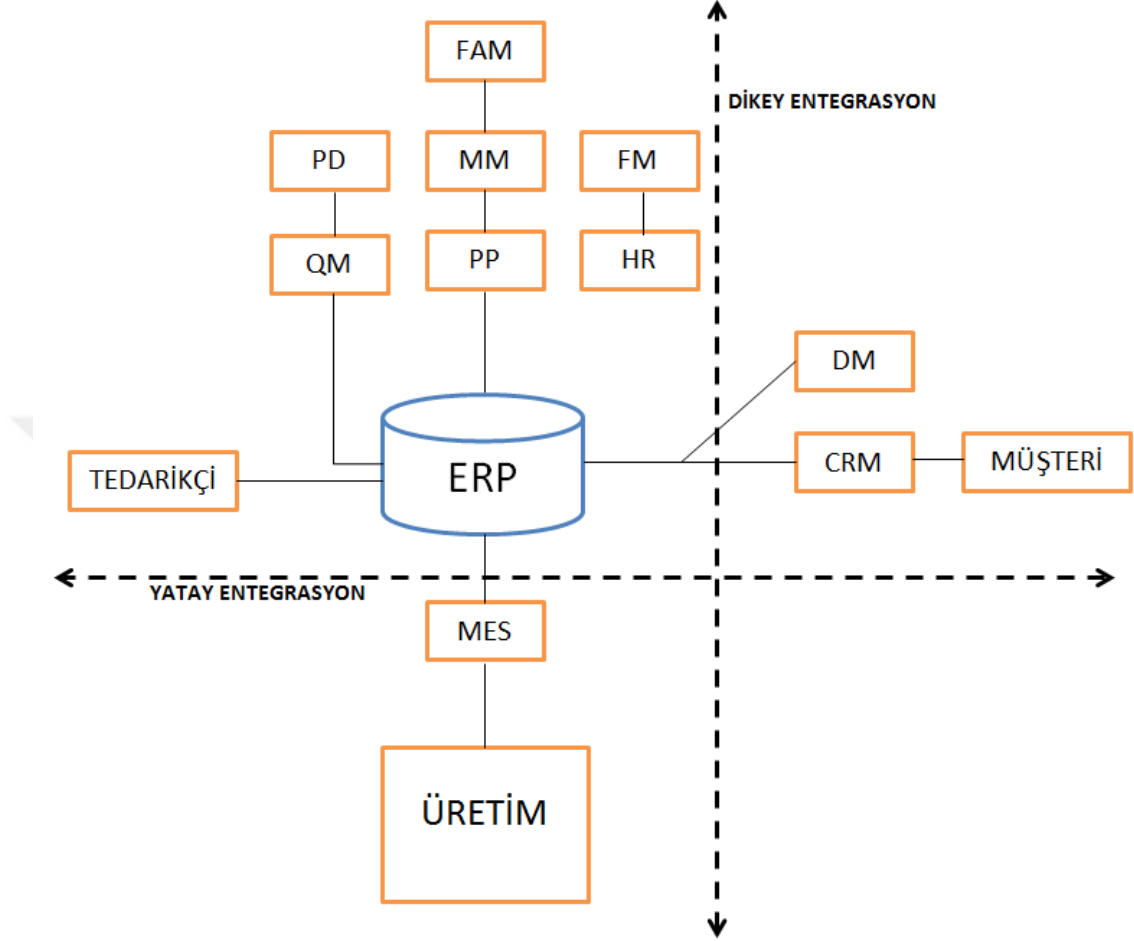
2.2.1.5. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Entegrasyon kavramına değinmeden önce üzerinde durulması gereken iki kavram vardır: bunlardan ilki kurumsal kaynak planlaması(ERP) ve diğeri de üretim yönetim sistemi(MES) kavramıdır.

ERP temel anlamı itibarıyla, işletme süreçlerinin standartlar dahilinde konsolide olarak yönetilmesine olanak sağlayan sistemler bütünüdür. Bu bağlamda gerek yatay gerekse de dikey entegrasyonun sağlanabilmesi için işletme süreçlerinin tamamen ve daha da önemlisi standarda kavuşturulmuş bir şekilde ERP üzerinden yönetilmesi gerekmektedir. İşletmede ERP sonrası dikey entegrasyonda ve özellikle üretim açısından kritik önem arz eden diğer kavram üretim yönetim sistemleridir. Bu sistemler, üretim kontrol, izleme, yönetimi işlevlerinin etkin bir şekilde yapılabilmesi için verilerin üretim sahasından anlık olarak ERP ye entegre olarak toplanmasını sağlar. MES sayesinde sahadan gelen veriler üzerinde üretim süreçleri yönetilir, raporlama işlemleri gerçekleştirilir ve temelde üretim kaynaklarının kullanım etkinliği artırılır.

Şekil 13’de de görüldüğü üzere, ERP ve MES sistemlerinin temelini meydana getirdiği dikey yapı, fabrika içerisinde gerçekleşen dikey entegrasyonu işaret etmektedir. Dikey entegrasyon, üretim verilerinin yönetimi, sahadan verilerin alınması ve analizi, ürün kalitesinin değerlendirilmesi ve üretilen bilgi ile aksiyona yön vermektedir. Yatay entegrasyon ise daha çok şirket dışı süreçler ve paydaşları kapsamakta, süreçlere katılan müşteri ve tedarikçilerle bilgi işlem teknolojileri sayesinde sanal bir platformda gerçek birliktelik kurulması sağlanmaktadır. Böylece tedarik, üretim, planlama, sevkiyat süreçleri daha etkin, verimlidir (Apillioğulları,2018: 78).

Şekil 13: Dikey ve Yatay Entegrasyon



Kaynak: (Apillioğulları,2018: 27). referansından yazar tarafından derlenmiştir.

Yatay ve dikey entegrasyon yapıları sayesinde, üretim süreçlerinde yaşanan bir olası bir değişikliğe veya potansiyel bir soruna karşı hızlıca aksiyon geliştirilebilmektedir. Bununla birlikte; kullanıcıya özel ve bireyselleştirilmiş üretim imkanı sağlaması, kaynak verimliliğinin ve süreç etkinliğinin artırılması, küresel tedarik zincirinde optimizasyon elde edilmesi yatay ve dikey entegrasyonun sağladığı avantajlar olarak ifade edilebilir (Yelis,2016).

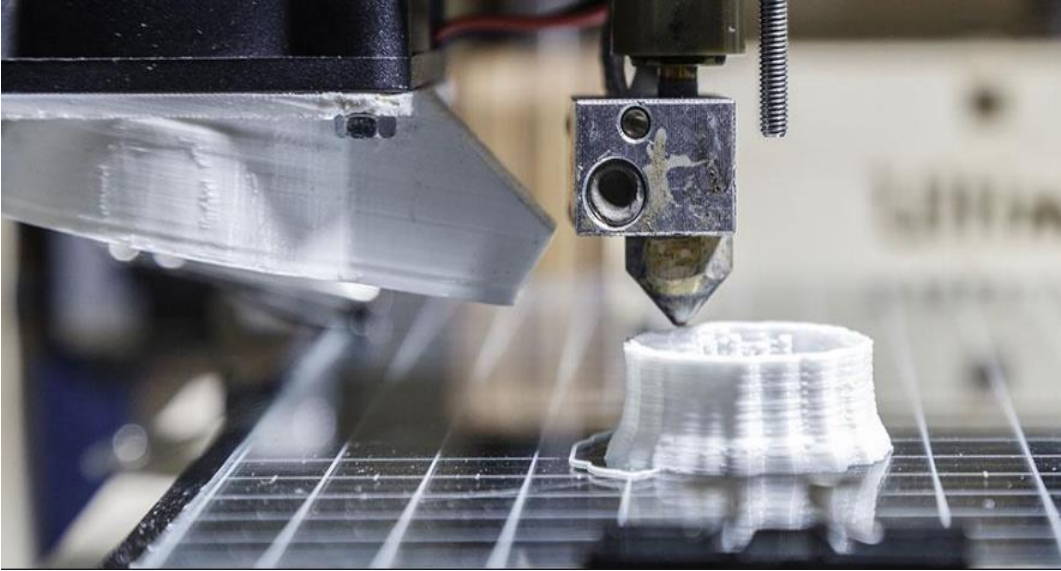
2.2.2. İleri Seviye Üretim Teknolojileri

Dijital çağ üretim teknolojileri yardımıyla üretim sürecine dijital alt yapı sağlayan işletmeler, ileri seviye üretim teknolojileri sayesinde gerek üretim öncesi gerekse üretim sürecinde esneklik kazanırken etkinlik ve verimlilik özelinde de artış sağlar. Bu başlık altında dijitalden gerçeğe ürün dönüşünü, sanallaştırma ve otonom robot uygulaması başlıkları ele alınacaktır.

2.2.2.1. Eklemeli İmalat & 3 Boyutlu Yazıcılar

Geleneksel imalat süreçleri çıkarmalı süreçler olarak ele alınır. Çünkü fabrikaya gelen ham maddeler kesilir, biçilir ve daha sonra final ürünü çıkartmak için tekrar bir araya getirilir. Bu süreçte çıkarma operasyonlarının doğası gereği oldukça fazla malzeme nihai üründe kullanılmayacak şekilde hurda olur. Bu yönüyle çıkarmalı imalat süreçleri oldukça verimsiz süreçlerdir. Bu süreçlerin alternatifi olarak eklemeli imalat süreçleri 4.sanayi devriminin CNC makineleri olarak kabul edilen en 3 boyutlu yazıcılar tarafından gerçekleştirilir.

Şekil 14: 3 Boyutlu Yazıcı Yardımıyla Eklemeli İmalat Süreci



Kaynak: (Aakanksha, 2017)

3 Boyutlu yazıcılar; dijital bir veri formundan üç boyutlu bir nesne üretme teknolojisini ifade etmektedir. 3B yazıcılar, cam, silikon, metal ve benzeri materyalleri yazdırabilirler ve bunları havacılık, otomotiv gibi yüksek güvenlik gerektiren endüstrileri de kapsayacak şekilde birçok farklı alanda üretim yapmak için kullanabilirler (Akben, 2017: 20-35). 3 Boyutlu yazıcılar hammaddeyi ihtiyaç olunan miktar kadar kullanılır ve katmanlı olarak ekleme işlemi gerçekleştirilerek nihai ürün veya parçayı minimum fireyle imal ederler. Bu özelliğiyle 3 boyutlu yazıcılar, verimlilik ve üretkenlikte ciddi bir avantaj sağlar (Rifkin, 2015: 78).

Ürün yaşam sürelerinin içinde bulunulan çağda kısalarak geldiği nokta üreticileri, ikinci sanayi devrimine öncülük eden ölçek ekonomisi paradigmasından çıkarıp daha hızlı ve esnek olmayı gerektiren kapsam ekonomisi paradigmasına uyum sağlamaya itmiştir. Bu durum daha fazla çeşidi kapsayan ürün portföyleri ve bu çeşitliliği yönetebilecek hızlı bir alt yapıyı gerektirmektedir. 3 Boyutlu yazıcılar çıktıya göre kurulum gerektirmeyen yapısı ve dijital ortamda gerçekleştirilen değişikliklere anlık olarak cevap verebilme yeteneği ile doğan bu çeviklik ihtiyacına en üst düzeyde verimlilikle cevap verebilmektedir ve bu yönüyle de bilgi ve teknolojinin hakim olduğu bu 4. sanayi devriminde kendine ciddi anlamda yer bulabilmektedir.

2.2.2.2. Otonom Robotlar

Bir donanım alt yapısı üzerine entegre edilmiş yazılımla hareket eden robotik sistemleri daha geniş bir tanım çerçevesinde ele alacak olursak, robot: Önceden tanımlanmış görevlerin icrası için, malzeme, komponent, ekipman ya da dinamik programlanmış hareketlerle, spesifik parçaları hareketi amaçlı tasarlanmış, çok fonksiyonlu, tekrar programlanabilen manipülatördür (Yumurtacı ve Mert,2003:1)

Bir cihazın robot olabilmesinin ön şartı herhangi bir insan müdahalesine ihtiyaç duymaksızın, diğer bir deyişle otonom olarak, daha önceden tanımlanan algoritma dahilindeki faaliyetleri yerine getirebilmesidir (Özsoylu, 2017: 53)

Otonom robotlar 3 ana başlık altında ele alınabilir: Algılayıcılar, elektronik karar mekanizması ve mekanik uygulayıcılar. Robotlar algılayıcılar yardımıyla algıladıkları

fiziksel büyüklükleri elektriksel sinyallere dönüştürerek elektronik karar mekanizmasına gönderirler. Elektronik karar mekanizması da üzerinde var olan yazılımın algoritmasına uygun olarak mekanik uygulayıcıları elektrik sinyaller yardımıyla harekete geçirir. Son aşamada ise mekanik uygulayıcı, elektronik karar mekanizmasından gelen sinyale göre harekete geçerek kendisinden beklenen işlemi yapar (Yalçıkaya, 2017).

Robotlar özellikle tekrarlamalı işlerde kalitenin ve güvenliğin üst seviyeye çıkartılması sağlamakla birlikte hız ve maliyet bağlamında da avantaj sağlamaktadır. Bu yönüyle robotlar insan gücüne ikame verimli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. 3 Boyutlu yazıcıların gelişimine benzer bir şekilde robot teknolojisindeki gelişmeler üretim sürecine esneklik kazandıracak ve akıllı üretime geçiş sürecinde bir katalizör etkisi yaratacaktır.

2.2.2.3. Simülasyon

Simülasyon en basit tanımıyla, gerçek dünyada var olan fiziksel bir ürün yada sisteme ait verilerin bilgisayar yazılımları yardımıyla dijitalleştirilmesi, sonrasında dijital kopyanın sanal ortama taşınmasıyla gerçek sisteme ait özelliklerin izlenmesine altyapı oluşturan bir modelleme tekniğidir. Bir simülasyonun başarı kriteri dijital ortamda fiziksel sisteme ait verilerin modellenmesi oranıdır. İçinde bulunduğumuz zaman diliminde üretimden sağlığa kadar geniş bir kullanım alanı bulan simülasyon karşılaşılabilecek olası durumların öncesinde tespit edilebilip planlama yapılabilmesi bakımında önem arz etmektedir (Çelen,2017: 10).

Simülasyonun amacı; dijital kopya üzerinde gerçekleştirilecek analizler ve test simülasyonları ile final ürünün üretilmesi hususunda, olasılıkların sanal dünyada önceden gözlenebilmesi ve gerekli hazırlıkların planlanabilmesi bağlamında üreticisinin karar vermesini veya ürünü üretmeden yapılması gereken değişiklikleri yapabilmesini sağlamaktadır. Simülasyon sayesinde proseslerin gelişimini takip edilebilirliği sağlanarak; zaman, maliyet ve risk yönetimi bakımından avantajlar sağlanmaktadır.

Simülasyon teknolojilerinin artan doğruluğu ve buna paralel ilerleyen güç kapasitesi durumu fiziksel sınırlar dışına taşıyıp işlevsel özelliklerini de kapsayacak hale

gelmiştir. İçinde bulunduğumuz zaman diliminde simülasyonlar artık ısı akışı, akışkanlar dinamiği, radyasyon, malzeme yorulması, elektromanyetik özellikler gibi parametreleri de dikkate alarak simülasyonu ortaya koymaktadır. Bu yetkinliklerin gelişimine paralel olarak, ürünlerin sanal ortaya konulduktan sonra test edilmesi ekonomik olarak bir optimizasyon sağlamaktadır. (Eğer, 2015).

Günümüzde simülasyon sadece ürünlerin tasarımı için değil aynı zamanda işletme süreçleri analizi içinde kullanılmaktadır. Bu bağlamda dijital simülasyonu yaratılan fabrika süreçlerinin, kendi içerisinde ki etkileşimi önceden test edilebilmekte, planlamalar ve süreç geliştirilmeli bu eksende yapılmaktadır. Hatta süreçlerinin tam olarak entegrasyonun sağlayan firmalar bu simülasyon teknolojisi sayesinde kestirimsel analitik çalışmaları yaparak, gelecek zaman diliminde işletme sürecinde ortaya çıkacak olası problemleri ortaya çıkmadan tespit edip düzeltici aksiyon planlayabilmektedir.

2.2.2.4. Artırılmış Gerçeklik

Endüstri 4.0 çağında çığır açan teknolojilerden bir diğeri de artırılmış gerçeklik teknolojisi. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki mevcut ortamı, bilgisayar teknolojileri yardımıyla meydan getirilen duyuşal girdilerle canlı, dinamik ve gerçek zamanlı olarak insan duyularına hitap edebilecek şekilde yaşanmasını sağlayan teknik bir kavramdır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, bilgisayar evreni ve gerçek evren arasındaki çizgiyi bulanıklaştırıp; görme, hissetme, dokunma, koklama, duyma duyularımızın oluşturulan yeni bir evrende harekete geçmesini sağlar (Kahraman, 2016).

Özetle; artırılmış gerçeklik, mevcut dünyada yer alan ortam ve nesnelerin bilgisayar teknolojileri tarafından; grafik, görüntü, ses ve GPS verileriyle zengileştirilmesi sonucu elde edilen fiziksel gerçekliktir.

Yeni ürün lansmanları sürecinde ve ürün servis süreçlerinde kullanılabilir olan artırılmış gerçeklik teknolojisinin, asıl devrimsel etkiyi yaratacağı alan endüstriyel üretim süreçleri olacaktır. Bu bağlamda 2016 yılına kadar herhangi bir önem arz etmeyen artırılmış gerçeklik, hali hazırda üretim sahasında devrimsel bir etki

yaratmaktadır. Üretim perspektifinden sağlayacağı faydaları listelenecek olursa (Robinson, 2017):

- Üretim hızını %30 artırırken, en hassas üretim süreçlerinde bile %96 doğruluğu sağlayabilmektedir.
- Üretim sahasına ulaşılabilirliği mekândan bağımsız hale getirerek, önleyici ve kestirimsel bakım süreçlerinin daha etkin olmasını sağlamaktadır.
- Sahadan sağlanan verinin ortamlarla ilişkili olarak görselleştirilmesini sağlar. Böylece daha kolay ve daha hızlı müdahale imkânı sağlar.
- Yeni göreve başlayan operatörlerin ekipman ve makine kullanım eğitimlerinin gerçeğe yakın bir şekilde yapılmasına olanak sağlayarak, oryantasyon süreleri kısaltır.

2.3. ENDÜSTRİ 4.0' IN ÜRETİM METODOLOJİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Endüstri 4.0 kapsamında ortaya çıkan teknolojilerin tartışmasız en çok etkilediği süreçlerin başında üretim süreci yer almaktadır. Bu etkiyi McKinsey firmasının Endüstri 4.0 kavramını tanımlarken üretimden hareketle ortaya koyduğu tanımda görmek mümkündür: “*Endüstri 4.0, gömülü sensörlerle meydana gelen siber fiziksel üretim sistemlerinin veri analizini gerçekleştirebilmek adına kullanılması suretiyle üretimin dijitalleşmesidir*” (Wee, 2015:7). Benzer şekilde Endüstri 4.0'ın amacına yönelik diğer bir tanımlamada da amacın: “Verimli donanımsal ve yazılımsal araçların ortaya konulması suretiyle endüstriyel üretim verimliliğini, üretim hacmini ve üretim hızını artırmak” olduğu ifade edilmektedir (Özdoğan, 2017:92). Üretim perspektifinden maliye temelli diğer bir bakış açısına göre; üretimdeki termodinamik verimlilik ve üretkenlik Endüstri 4.0 teknolojilerin etkisiyle artacak böylece üretilen malların üretim maliyet perspektifinden sifıra yakın marjinal maliyet seviyesine ulaşacaktır (Rifkin,2015: 20).

Tüm bu yaklaşımlardan anlaşıldığı üzere üretim ve Endüstri 4.0 iç içe geçmiş iki kavramdır. Dolayısıyla Endüstri 4.0 çerçevesinde mevcut üretim metodolojilerini yeniden ele almak gerekmektedir. Şöyle ki; eskiden mevcut olan ölçek ekonomileri şimdi yerini üreticinin değişen isteklerine anlık olarak uyum sağlamaya işaret eden

kapsam ekonomilerine bırakmaktadır. Kapsam ekonomisine uyum sağlayabilecek üretim esneklik ihtiyacı, üretici sektörlerde ve lojistik gibi destekleyici sektörlerde otomasyondan öte Endüstri 4.0 teknolojilerinin yardımıyla sağlanacak otonomlaşmayı zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluktan hareketle denilebilir ki Endüstri 4.0'ın en bariz etkisi, üretimi otomasyondan otonomlaşmayı taşımaktır.

Ayrıca bahsi geçen bu değişim zorunluğu sadece makine düzeyinde değil aynı zamanda üretim sektöründe aranan işçi nitelikleri üzerinde de köklü bir değişim gerektirmekte ve işçide aranan özellikler form değiştirmektedir. Örneğin; mevcut şartlarda işçiden beklenen yalnızca meslek yetkinliği iken şimdi daha üç boyutlu bir işçi tanımlaması yapılmaktadır. Birinci boyutta klasik olarak nitelik ve yetenekler konuşulurken, ikinci boyutta görevleri ve en önemlisi olarak üçüncü boyutta teknolojiye uyumluluk öne çıkmaktadır. Bu fikirden hareketle geleceğin işçisinden beklenen yetkinler; bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanabilme, bilgi ve veri işleme analitiği, gelişmiş ara yüzler üzerinden kontrol edebilme yeteneği olacaktır (Ghrke, 2015: 23).

Endüstri 4.0 perspektifinden üretim sürecine kuşbakışı bir bakışla bakılacak olursa görülen; iş ihtiyacının algılayıcılar tarafından otomatik olarak algılanması veya artırılmış teknolojilerle donatılmış operatörler tarafından sisteme tanımlanması suretiyle, nesnelere interneti vasıtasıyla bulut sistemler üzerinde yer alan büyük veriden ihtiyaç duyulan üretim bilgisini çeken akıllı makineler ve sistemler bütünüdür. Bu yapıdaki bir sistemde eş zamanlı gerçekleşen koordinasyon, ihtiyaç duyulan bilginin anlık olarak harici kaynaklardan sağlanması, sensörler vasıtasıyla fire oranlarının sifıra yakın bir noktaya gerilemesi, üretim zaman ve mekan yakınsaması yaratan teknolojileriyle Endüstri 4.0, Mevcut üretim sistemleri dikkate alındığında; kaynak kullanım verimliliğinin öne çıktığı üretim paradigmasındaki köklü bir değişikliğini ortaya koymaktadır (Alçın,2016).

Tablo 5: Bugünün Fabrikasıyla Endüstri 4.0 Fabrikasının Karşılaştırması

	Veri Kaynağı	Bugünün Fabrikası		Endüstri 4.0	
		Nitelik	Teknolojiler	Nitelik	Teknolojiler
Bileşen	Sensor	Hassas	Akıllı sensörler ve hata algılayıcılar	Öz farkındalık Kendiliğinden tahmin	Bozulma izleme ve ürün yaşam süresi tahmini
Makina	Kontrolör	Üretilebilirlik ve Performans	Durum tabanlı izleme ve teşhis	Öz farkındalık Kendiliğinden tahmin Öz değerlendirme	Sağlıklı yaşam süresi izleme
Üretim Sistemi	Ağ bağlantılı sistem	Üretkenlik ve Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)	Yalın operasyonlar: İş ve atık azaltımı	Kendiliğinden yapılanma Kendini koruma Kendiliğinden organizasyon	Sorunsuz Üretkenlik

Kaynak: (Lee, 2015: 9) Kaynağından çevrilmiştir.

Endüstri 4.0 özelinde meydana gelecek bu değişiklikler sonucu üretim ekonomisinde sağlanacak yararlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır(Bağcı, 2018: 141)

- Bir ürün reel olarak üretilmeden önce sanal ortamda gerçekleştirilebilecek ve olası sorunların önüne tasarım safhasında geçilecek ve üretim etkinliği artacak, ters bir orantısal ilişki içerisinde yer alan mühendislik giderleri düşecektir,
- Kişiselleştirilmiş ürün perspektifinde; seri üretim maliyetinin yakalanabildiği, ürüne ulaşmak adına birden fazla kanalın ortak çalıştığı, kişiye özel olarak tasarımın mümkün olduğu bir model ortaya çıkacaktır.
- Doğal kaynak kullanımındaki verimlilik artışına paralel olarak, enerji verimliliği artacak ve karbon ayak izi azalıyor olacaktır,
- Üretim izlenebilirliği sayesinde darboğazların görünürlüğü artacak ve üretim optimize edebilecektir,
- Üretim sürecinde sadece hatalar tespit ve düzeltme süreleri hızlanacak, buna paralel olarak da hata sayısı azalacaktır.

- Üretimdeki insan yetkinliklerine olan ihtiyaç azalacak ve kapasite kullanımını artarak optimum noktaya ulaşacaktır,
- Üretimdeki kapasitesinde artış ve kalitede kontrol sürecinde kısalma iletişim halindeki makinalar sayesinde kolaylaşacaktır.
- Üretim sürecinde mikro-reaktörler sayesinde hız ve esneklik artacaktır,
- Üretim maliyetinde verimlilik artışına bağlı tasarruf artacaktır,
- Üretim ve teslimat süreçleri merkezi olarak kontrolü mümkün olacaktır,

2.4. ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDEN FÜTÜRİSTİK YAKLAŞIMLARI

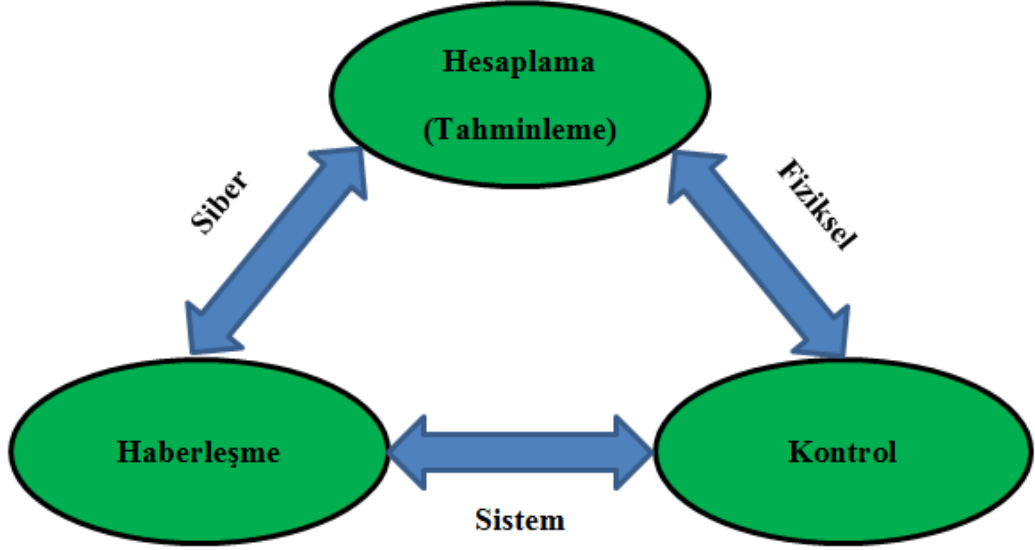
2.4.1. Siber Fiziksel Üretim Sistemleri

Canlı varlıklar ve makinalar üzerindeki iletişim ve kontrolü araştırma konusu edinmiş bilimsel bir disiplin olan sibernetikten türeyen siber kavramı, bağlantılı sistemler ve gerçek dünya arasındaki iletişimin gün be gün artış gösteren önemini işaret etmek için tarihte ilk kez 2006 yılında “Siber-Fiziksel” olarak Amerika Birleşik kullanılmıştır.

Siber fiziksel kavramı sistem olarak ele alındığında siber fiziksel sistemler kavramı ortaya çıkmaktadır. En sade tanımıyla; siber ve gerçek dünya arasında internet gibi geniş bir ağ üzerinden bağlantı kurma olgusu üzerine kurulu sistemlere siber-fiziksel sistemler denmektedir. Geniş perspektifte nesnelere karşılıklı olarak etkileşimini kapsayan bu kavram, daha lokaldeyse sensörlerle desteklenmiş yapılardan gelen verilerden hareketle gerçek dünya üzerindeki hareketin sanallaştırılmasını içermektedir (Geisberger ve Broy, 2012: 314).

Siber fizikselin genel olarak görselleştirilmesi Şekil 14’de görüldüğü üzere.

Şekil 15: CPS Entegrasyonuna genel bakış



Kaynak: (Tanık ve Begley, 130) kaynağından yazar tarafından çevrilmiştir.

Siber fiziksel sistemlerin iki fonksiyonel bileşenin karşılaştırması Tablo 2’de görüldüğü üzere.

Tablo 6: Siber-Fiziksel Sistemlerin Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırması

	Fiziksel	Siber
Uygun talep sağlanması yöntemi	Gerçek zamanlı	Seri
Olgu senkronizasyonu	Asenkron	Senkronize
Zaman özellikleri	Devamlı	Kesikli
Yapı	Fiziksel Kuralları	Soyut Hesaplama

Kaynak: (Hu, 2016:450)

Tüm bu açıklama ve karşılaştırmalardan hareketle denebilir ki bir CPS iki ana fonksiyonel bileşenden oluşur:

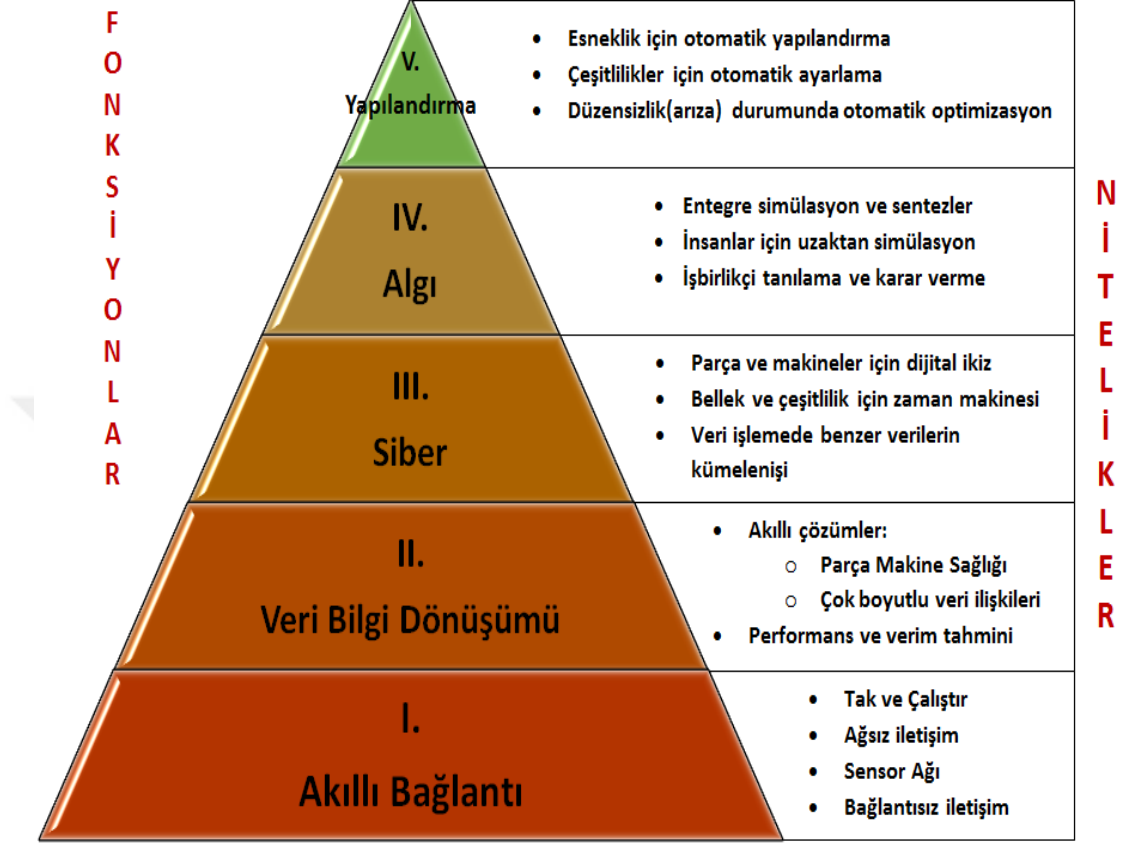
- Fiziksel Bileşen : Sensörlerle donatılmış mekatronik yapılarla fiziksel dünyadan gerçek zamanlı veri sağlayan gelişmiş bağlantı alt yapısı.

- **Siber Bileşen** : Bulut sistem desteği ile değişken verilerin anlık olarak siber alanda yaratımını sağlayan akıllı veri yönetimi ve analitik hesaplama yeteneği.

Siber fiziksel sistemler özelinde daha spesifik ve somut bir tanıma ulaşabilmek için sıralı bir iş akışı tarzıyla, ilk veri ediniminden analitik değere, nihai değer oluşturmaya kadar bir siber fiziksel sistemin nasıl oluşturulacağına dair 5C mimarisi referans olarak dikkate alınabilir (Lee, 2015: 19):

1. **Akıllı Bağlantı(Connection)**: Şartların doğru gözlemlenebilmesi için makine ve bileşenlerinden doğru veri toplayabilmek siber fiziksel sistemlerin tasarımındaki ilk önemli adımdır.
2. **Veri-Bilgi Dönüşümü (Conversion)**: İlk adımda toplanan verilerden anlamlı bilgiler çıkarma adımdır. Bu adım makinelerin farkındalığını sağlamaktadır.
3. **Siber (Cyber)**: Siber seviye bu mimaride merkezi bilgi merkezi görevi görür. Filodaki bireysel makinelerin durumu hakkında daha iyi bir anlayış sağlayan ek bilgiler elde etmek için kullanılması gerekir. Bu analitikler, tek bir makinenin performansının filo ile kıyaslanıp değerlendirilebildiği, kendini karşılaştırma yeteneğine sahip makineler sağlar. Öte yandan, makinenin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için makine performansı ile geçmiş bilgiler arasındaki benzerlikler ölçülebilir.
4. **Algı (Cognition)**: Bu seviyede izlenen sistem hakkında alınacak doğru kararları desteklemek için kapsamlı bilgi üretilir. Bu bilgiler ışığında kararların optimizasyonu ve önceliklendirmesini sağlar.
5. **Yapılandırma(Configuration)**: Yapılandırma seviyesi, siber alandan fiziksel alana geri beslemedir ve makinelerin kendi kendini yapılandırabilmesini ve kendi kendini uyarlamalarını sağlamak için denetleyici kontrol görevi görür.

Şekil 16: Siber Fiziksel Sistemler 5C Mimarisi



Kaynak: (Lee, 2015: 19)

Siber-Fiziksel sistemlerin temel amacı, “akıllı izleme” ve “akıllı kontrol” operasyonlarının gerçekleştirilmesidir. Bu operasyon sürekli bir zaman penceresinde enformasyon hedefli veri madenciliği, veri alışverişi ve karar verme olgularının üzerine kuruludur (Yue ve diğerleri, 2015: 1262).

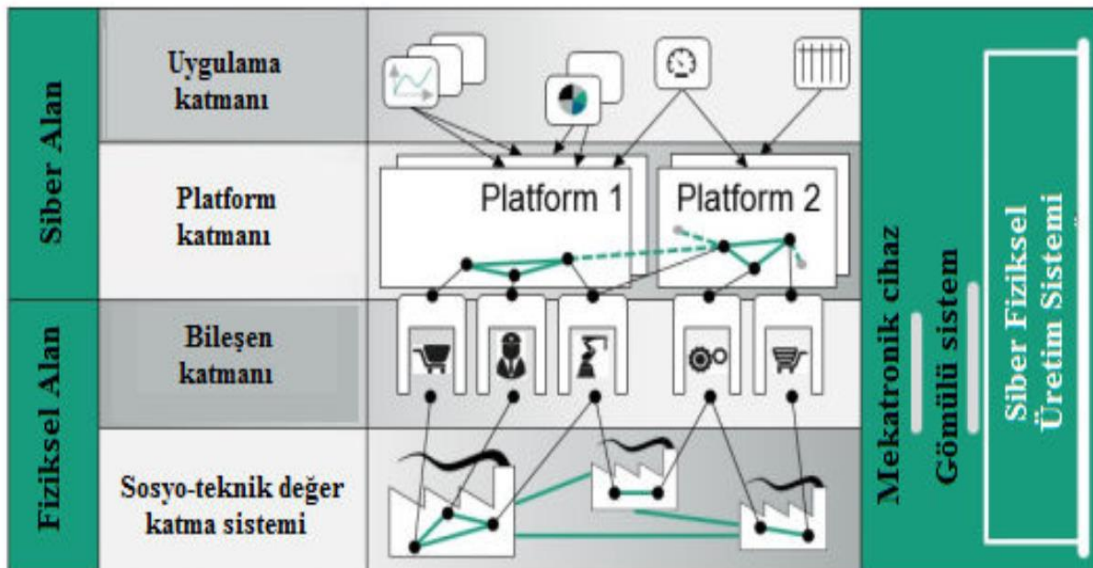
Siber Fiziksel kavramı üretim özelinde ele alındığında ise “siber fiziksel üretim sistemleri” kavramı ortaya çıkmaktadır. En basit tanımıyla siber fiziksel üretim sistemleri: Üretim araçlarının nesnelere interneti teknolojisi sayesinde birbirleriyle iletişim kurup, karşılıklı etkileşim sağladığı fiziksel dünya ile siber dünya arasındaki iletişim ve koordinasyonu içeren üretim yapılarının bütünü olarak tanımlanmaktadır (Alçın,2016: 20). Diğer bir tanıma göre; makineler ve ürünlerin nesnelere ağ üzerinden birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan, geleneksel üretim teknolojisini ve bilgi

teknolojisini birleştiren akıllı makineler, lojistik sistemler ve üretim tesislerinden oluşan teknolojilerin bütünüdür. Bu yönüyle siber fiziksel sistemler, makineler ve insanlar arasındaki ve üretimdeki işbirliğini belirleyecek geleceğin üretim teknolojisinde araştırma ve geliştirmede merkezi bir konudur (Subirana,2014: 6).

Buradaki önemli nokta, siber fiziksel üretim sistemleri kavramı sadece bileşenler, makineler veya sensörler gibi fiziksel nesnelerin siber alana bağlanmasını değil, aynı zamanda üretimde kullanıcıya ek işlevsellik sağlamak için yazılım hizmetlerinin uygulanması da gerektirmektedir (Lucke D. ve diğerleri, 2014). Şekil 16, bu farklılaşmayı açıklar ve siber fiziksel üretim sistemlerini meydana getiren aşağıdaki dört katmanı gösterir. Siber fiziksel üretim sistemini meydana getiren katmanlar (Yıldız,2018:550)

- Sosyo-teknik katma değer sistemi,
- Sensörler, aktüatörler, insanlar ve siparişler gibi bileşenler,
- Bağlantı ve iletişimi sağlayan platformlar
- Fiziksel alana ek işlevsellik sağlayan uygulamalar.

Şekil 17. Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri



Kaynak: (Lahdherr ve diğerleri,27)

Siber fiziksel üretim sistemlerinin kullanımı, yatay ve dikey entegrasyon teknolojilerinin de yardımıyla; gerçek üretim sistemleri ile bilgi ve planlama sistemlerinin birleşmesine zemin yaratır. Bu zeminin devamlılığı ve üzerine inşa edilecek sistemin sağlamlığı üretici firmalara eş zamanlı dönüşüm yeteneğini sağlama misyonunu yüklemektedir. Dönüştürme kabiliyetine sahip üretim sistemleri, ihtiyaç durumunda değişiklik sağlar ve fonksiyonların ayrıştırılması ve genişletilmesi işlevlerini çok önemli bir temel özellik olarak bertaraf eder(Wegener,2014).

Siber fiziksel üretim sistemlerinin sağladığı bu dönüşüm yeteneğini şirketin üretkenlik potansiyelini, işletmenin dayanıklılık düzeyini ve en önemlisi üretim sistemlerinin değişen müşteri taleplerine veya planlamayan dalgalanmalara karşı esnekliğini artırma özelinde fayda sağlar. Bir şirket siber-fiziksel üretim sistemleri evrimini ve kullanımını ele alır almaz, üretim sisteminin verimliliği ve dönüşüm kapasitesi artar (Alçın, 2016,19-30).

2.4.2. Akıllı Fabrika

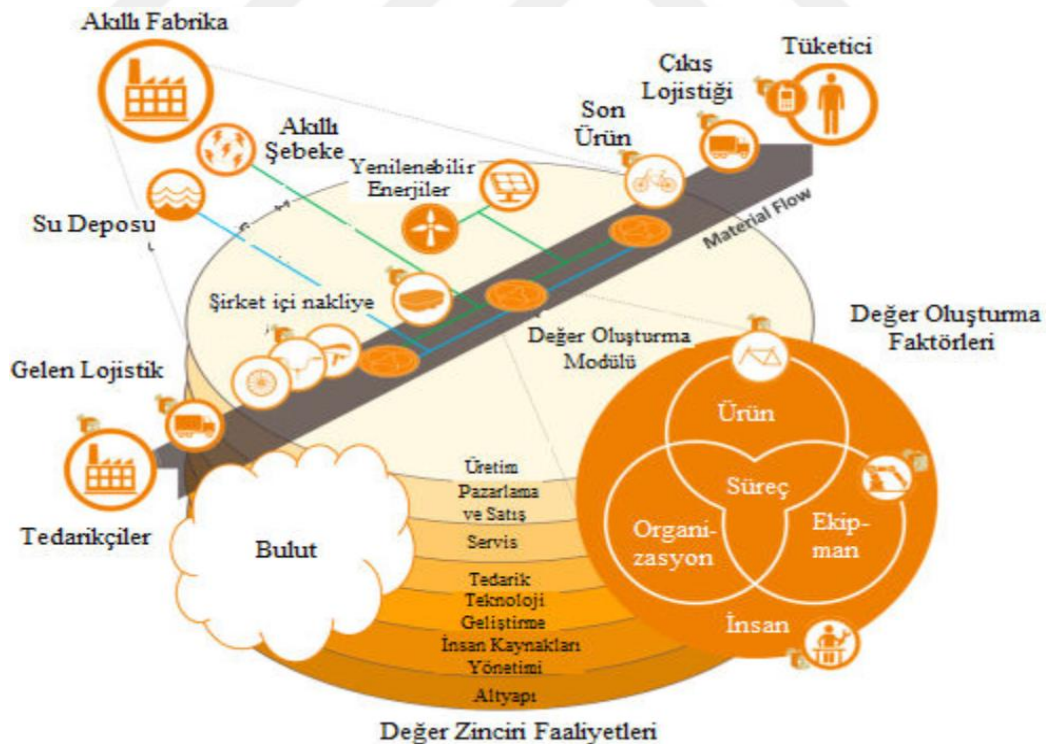
Akıllı fabrika Endüstri 4.0'ın kilit bir özelliğidir (Kagermann ve diğerleri, 2013:21). Hatta geniş bir perspektifte Endüstri 4.0 kavramını, üretim sürecinde yer alan bütün ekipman ve paydaşların internet aracılığıyla birbirleriyle etkileşime geçebileceği “akıllı üretim” operasyonu olarak tanımlamak mümkündür (Yıldız, 2018:551). Benzer bir yaklaşımla akıllı üretim operasyonun gerçekleştirilebildiği fabrikayı da “akıllı fabrika” olarak tanımlamak uygun olacaktır.

Bir sistemin veya nesnenin akla sahip olması, diğer bir deyişle akıllı olması; öğrenebilen, düşünebilen, karar verebilen ve aldığı kararlar doğrultusunda kendini yönetebilen olgusal zekâ alt yapısına sahip olması demektir(Özdoğan, 2017: 35). Bu tanımdan hareketle denilebilir ki akıllı fabrika; üretim teknolojisine dayalı olarak, insan, makine, malzeme ve sistemler arasındaki ağ bağlantılı etkileşim ile bilgiyi her zaman şeffaf bir şekilde toplayarak, değiştirerek ve kullanarak elde edilen otonom ve sürdürülebilir üretimin yapıldığı bir fabrika sistemidir (Westkamper ve Jendoubi, 2003:1). Başka bir tanıma göre ise “Akıllı Fabrikalar” iş ihtiyacını sensörlerle algılayıp,

uzaktaki diğer üretim araçları ile internet vasıtasıyla iletişim kurup, ihtiyaç duydukları üretim bilgisini bulut sistemler içerisindeki büyük veriden çeken akıllı makinalar ve sistemler bütünüdür (Alçın, 2016,20). Bu bütün içerisinde yer alan tüm üretim kaynakları sadece otomatik olarak bilgi alışverişinde bulunmamakta aynı zamanda üretim prosesinin kontrolü ve üretim operasyonlarının yönetimi için öngörüler üretebilecek ve önleyici bakım yapabilecek alt bilişsel operasyonları da kontrol etmektedirler. Tanımlarda da ifade edildiği üzere Endüstri 4.0 kavramı ve akıllı fabrika kavramı ortak bir hedefe hizmet etmekte olup bu kavramların ele alınması gereken üç boyutu vardır (Yıldız, 2018:553):

1. Tüm değer ağı boyunca kurulan yatay entegrasyon,
2. Üretim ağı üzerine kurulmuş dikey entegrasyon,
3. Ürün yaşam süresi boyutunda uçtan uca entegrasyon,

Şekil 18: Akıllı fabrika merkezli Endüstri 4.0 mikro perspektifi



Kaynak: (Stock ve Selieger, 2016: 538)

Endüstri 4.0, akıllı fabrikalar merkezli mikro bir perspektifte ele alındığında Şekil 18’de görülmektedir ki: Bahsi geçen üç boyuttan yatay ve dikey entegrasyon doğrudan kapsam dahilinde yer alırken, uçtan uça entegrasyon noktasında bütünün bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

Özetle; en son bilgi ve iletişim teknolojilerine sahip akıllı üretim teknolojilerinin birbirine bağlı bir kombinasyonunu içermekte olan akıllı fabrikalar, üretim sürecinin tüm değer zincirini kapsayacak dijital entegre mühendislik ve yatay entegrasyona da sahip olmakla birlikte aynı zamanda tüm üretim seviyelerinde dikey entegrasyon ve bağlantı sunmaktadır. Bu bağlantı tezinde uygulama konusu olarak; uzaktan ve dinamik ayarlamalar için üretimde esneklik sağlamakta, operatörün imalat istasyonunda ayarlamalar yapma gerekliliğini ortadan kaldırmak suretiyle hem üretim hızı hem de ürün güvenilirliği artırmaktadır.

Ayrıca akıllı fabrika teknolojik olarak kendi kendini organize olan ve merkezi olmayan bir karar verme sistematiği üzerine kurulu siber fiziksel teknolojilere dayanmakta olup, kapsamlı sezgisel yetkinliklere ve insan-makine etkileşim gibi ileri teknolojik yeteneklere sahiptir (Grunow,2015). Bu yetenekler akıllı fabrikada, üretim prosesi boyunca ürünlerin otonom bir bağımsızlıkla yollarını bulmalarını değil aynı zaman akıllı fabrikalar sayesinde üretim süreçlerinin artan karmaşıklığını, süreçte görev alan insanlar için yönetilebilir hale getirerek üretimi çevik olmakla birlikte ekosistemde kentsel çevrede sürdürülebilir ve karlı olmasını sağlamaktadır (Hofmann ve Rüşch,2017: 23-24) .Bununla birlikte fabrikalar, çeşitlenmiş ürün yanında tam zamanında üretimi de olanaklı kılacak niteliği barındırmakla beraber daha az fire ile müşteri siparişlerine anında yanıt veren fabrikaları anlatmaktadır. Modern tüketim yapısı sadece farklılaşmış değil, aynı zamanda anlık olarak değişim gösteren bir nitelik göstermektedir. Bu nitelikte akıllı fabrikaların esnekliğine ihtiyacı işaret eden ayrı bir göstergedir.

2.4.3. Karanlık Fabrika

Değişen pazarlar ve müşteri talepleri imalat sistemlerini değiştirmeye zorlamakta ve değişen bu talepleri karşılamak için esnek ve çevik üretim sistemleri gerekmektedir. Bu tür üretim sistemlerinde, ürün çeşitleri, parametreleri, sayıları ve talep tarihleri gibi konuların yönetimi zor olmakla birlikte karmaşıktır da ve tüm bu karmaşaya rağmen müşteri talepleri zamanla değiştirmeye devam eder. Bu gibi durumlarda geleneksel imalat sistemlerinin verimliliği gerekli aksiyonu alabilecek kadar hızlı olmayabilir (Hoshino ve diğerleri, 2008: 15786).

İşte insan yetkinliklerini zorlayacak bu noktada; karanlık fabrikalar bir üretim teknolojisinden öte bünyesinde bir çok endüstri 4.0 teknolojisini barındıran, üretimde makinelerin ön plana çıktığı, insana ihtiyacın olmadığı otomasyon metodu alternatifi olarak ele alınmaktadır. Üretim sisteminde devamlılığı sağlayan bu otomasyon formuna insan faktörü dahil olması durumunda otomasyon sistemiyle gerçekleştirilen bu işin yönetilmesi çok mümkün olmayacaktır.

Karanlık fabrikalar, bir başka deyişle ışıkların söndürüldüğü fabrikalar, uçtan uca otomasyon sistemleriyle donatılmış ve bu otomasyon yapıları sayesinde süreçte yer alan hiçbir operasyonda insan varlığı gerektirmeyen yapılardır (Alkan, 2016). Diğer bir tanıma göre ise üretim bandında insan faktörü olmadan işin yürütüldüğü, önceden kurulumu gerçekleştirilen sistemlerin dışardan kontrol amaçlı her bir kontrol aksiyonu olmaksızın kendi kendilerine proseslerin devamlılığını sağladığı sistemlerdir. Bu sistemler bazı kaynaklarda “Karanlık Fabrika” (Shirley ve Diğerleri, 1995:2) bazı kaynaklarda ise doğrudan “Karanlık Üretim” (Noel ve Diğerleri, 2007: 162) olarak tanımlanmaktadır.

Karanlık fabrikalar, herhangi bir insan müdahalesi olmaksızın tamamen özerk çalışan, üretim aydınlatma veya ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme gibi insani gereksinimlerden arındırılmış robotik sistemler temelli bir üretim sürecini ifade etmektedir. Şekil 18’de aralıksız çalışabilen karanlık fabrika operasyonu görülmektedir.

Şekil 19: Karanlık fabrika örneği



Kaynak: (Cafer,2018)

Karanlık fabrikaların en temel amacı; insan kaynaklı üretim hatalarını sıfıra yakın bir seviyeye indirmek suretiyle üretilen ürünün üretim maliyetini düşürürken ürün kalitesini artırmaktır. Bu getiri işletmeleri buldukları pazarda fark yaratmalarını sağlayabilecek bir rekabetçi bir pozisyona taşımaktadır. Bu amaçtan hareketle karanlık fabrikaların avantajları ele alınacak olursa (Akben ve Avşar, 2018: 31)

- İlk kurulum maliyetleri sonrasındaki bakım maliyetleri ve elektrik maliyetleri dışında bir maliyetleri yoktur. Bu durum işçi maliyetleri ile kıyaslandığında işletme giderleri çerçevesinden bir azalma anlamı taşımaktadır.
- Üretim süreçlerine %100'e yaklaşan bir izlenebilirlik, analiz ve raporlama opsiyonlarını sağlamaktadır,
- Bu alt yapı sayesinde insan kaynaklı üretim duruşları azalır,
- Üretimde yakalanan hızlar hem pazara ürün sunma süresini düşürürken hem de değişen müşteri talepleri karşısında çevikliği artırmaktadır.

- Robotik alt yapı çalışmayı mevcut vardiya saatlerinin dışına taşıyarak üretim için kullanılacak zamanı artırır,

Karanlık fabrikalar teori de her ne kadar insansız fabrikalar olarak tanımlansa da bu sürecin insandan ayrı düşünülmesi söz konusu değildir. Şöyle ki; sistemin kurulumu ve işler hale getirilmesi bile yine insanlar tarafından gerçekleştirilecek bir planlama, geliştirme, programlama adımlarını içermekle beraber sürekliliği de yine insanlar tarafından gerçekleştirilecek bakımlarla sağlanmaktadır. Özetle; bu tür bir sistemin kurulumu ve işlerliği için insan desteği tartışmasız bir gerekliliktir. Bu bakış açısıyla da aşağıdaki operasyonlar özelinde karanlık fabrikalar için insan desteği göz önünde bulundurmak uygundur (Henry, 2017):

- Rutin bakım-kontrol operasyonları ve acil durum müdahaleleri,
- Sistemi çalıştıracak alt yapının sürekliliğinin ve bakımının gerçekleştirilmesi,
- Sistem kurulum, yükseltme ve test operasyonları,
- Yeni ürün devreye alınma süreci,
- Sistemin işletme dışı yatay entegrasyon süreci,

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

İNOVASYON TABANLI BİR GEÇİŞ PROJESİ TASARIM VE UYGULAMASI: TEKA VTC ÜRETİM HATTI ÖRNEĞİ

3.1. PROJE AMAÇ, KAPSAM VE HEDEFLERİ

3.1.1. Proje Amacı

Proje akademi ve sanayi işbirliği çerçevesinde ele alındığı üç stratejik amaç öne çıkmaktadır:

- “Endüstri 4.0” teknolojilerinin kullanımının işletmeye sağlayacağı verimli kaynak ve etkin süreç yönetimi hususunda farkındalık yaratarak; mikro perspektifte uygulamanın gerçekleştirildiği işletmeye makro perspektifte ise ulusal sanayiye katkı sağlamak,
- Mevcut üretim sistemindeki geleneksel üretim metotlarının bilgi ve bilişim teknolojileri perspektifinde entegratör teknolojilerle donatılarak siber fiziksel üretim sistemleri alt yapısına geçişi sağlamak ve bu geçişle işletmede dijital dönüşümün sürecini başlatmak,
- Yapılan araştırmayla “Siber Fiziksel Üretim Sistemleri” hakkında mevcut akademik literatüre inovatif olarak katkı sağlamak ve ortaya koyulacak uygulamayla ulusal bazda üniversite sanayi işbirliğinin önemine dikkat çekmek,

Bu stratejik amaçlar temelinde projenin en genel amacı:

“Endüstri 4.0” olarak da adlandırılan dijital dönüşüm sürecini domine eden teknolojilerin bir çoğuna bünyesinde yer veren “Siber Fiziksel Üretim Sistemleri” hakkında akademik bir araştırma gerçekleştirmek ve araştırmanın sonuçlarını somutlaştırmak üzere inovatif bir uygulama projesini üniversite-sanayi işbirliği ile ortaya koymaktır.

3.1.2. Proje Kapsamı

Proje özelinde 1924 yılında Almanya’da kurulmuş olan çok uluslu “TEKA” firmasının dünya üzerindeki birçok üretim tesisinden biri olarak pişirici cihazlar üretimi yapan İzmir - Ege Serbest Bölge’ de 2002 yılından beri faaliyet gösteren SIMECO A.Ş firması ile çalışılmıştır.

SIMECO A.Ş Üretim tesisi üretim alt yapısı itibarıyla 8 adet üretim bandına sahip olup yıllık üretim hacmi ortalama olarak 700.000 üründür. Ayrıca gruptan aldığı vitroseramik ocaklar için yetkinlik merkezi ünvanıyla doğrudan tasarımını yönettiği bu ürün grubuna ayrılmış 2 üretim bandında yıllık ortalama 200.000 adet vitroseramik ocak üretmektedir. Proje kapsamı olarak, SIMECO A.Ş’nin yukarıda belirtilen yetki ve yetkinlikleri dikkate alınarak işletmede yer alan 2 adet VTC üretim bandından çok adetli üretimleri yapan VTC 307 bandı uygulama istasyonunu belirlemek için seçilmiştir.

VTC 307 bandı üzerinde yer alan 11 istasyon içerisinde seçilecek istasyonun hem bilgi temelli yönetilebilme potansiyeli hem mevcut operasyon metoduyla sebep olabileceği riskleri hem de ilgili operasyonun diğer tüm üretim bantlarında aynı olması itibarıyla yaygınlaştırma potansiyeli dikkate alınarak; VTC 307 – Ürün Test İstasyonu, RFID tabanlı dijital alt yapı projesi kapsamında uygulama istasyonu olarak belirlenmiştir.

3.1.3. Mevcut Durum Analizi

Proje amaçları ve proje kapsamı dikkate alınarak Bilgi temelli uygulama tasarımı sistemin tasarım sürecinde uygulama mevcut durum analizi özelinde iki boyutta ele alınabilir:

3.1.3.1. Mevcut Donanım Alt Yapısı

VTC 307 – Ürün test istasyonundaki operasyonlarda insan kaynağı dışında kullanılan tek ekipman üretilen ürünler sevkiyatından önce elektrikli testlerini yapan Şekil 19’da görülen SETELSA marka elektrikli test cihazdır.

Bu test cihazı üretim esnasında sadece cihazı kullanma eğitimini tamamlamış operatörler tarafında kullanılmaktadır. Fakat bahsi geçen ekipman ne bu yetkinliği kontrol edebilecek ne de test operasyonun kontrol ve raporlanması özelinde dijital bir alt yapıya sahip değildir. Diğer bir deyişle; tüm kontrol ve süreçler operatör gözlemlerine bağlı olarak gerçekleştirilmekte ve operasyona dair herhangi bir dijital veri üretilmemektedir.

Şekil 20: Mevcut SETELSA Test Cihazı



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

3.1.3.2. Mevcut Bilgi Alt Yapısı

Konfigürasyon Bilgileri: Test cihazının önüne gelen her ürün grubunun içyapısına göre farklı parametrelerde teste tabi tutulması gerekmektedir. Ürüne ait test parametreleri ilk ürün üretildiğinde konfigürasyon ekranı üzerinden bir kere elle tanımlanmakta ve tanımlanan bu veriler daha sonra cihaz üzerindeki elektronik hafızaya bir konfigürasyon grubu olarak kaydedilmektedir.

Şekil 21: Test cihazı Konfigürasyon Ekranı



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Ürün çeşitliliği dikkate alındığında her ürün için bu konfigürasyon parametrelerini tanımlamaktan öte ilerleyen süreçlerde elle çağırmak bile ciddi risk ve verimsizlik içermektedir. Hali hazırda 150'ye yakın ürün konfigürasyonu olup. Şekil 21'de gösterilen dosyalardaki bilgilerin elle cihaza girilmesi suretiyle yönetilmektedir.

Şekil 22: Test cihazı Konfigürasyon Dosyası

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Test Performans Verileri: Test sonucunda ortaya çıkan ve işin doğası gereği kayıt altına alınması gereken veriler vardır. Bunlardan en önemlileri; testin hangi operatör tarafından yapıldığı, testin başarılı geçip geçmediği ve başarısız geçtiyse hangi adımda

3.2. LİTERATÜR ÖZETİ VE PROJE ÖZGÜN DEĞERİ

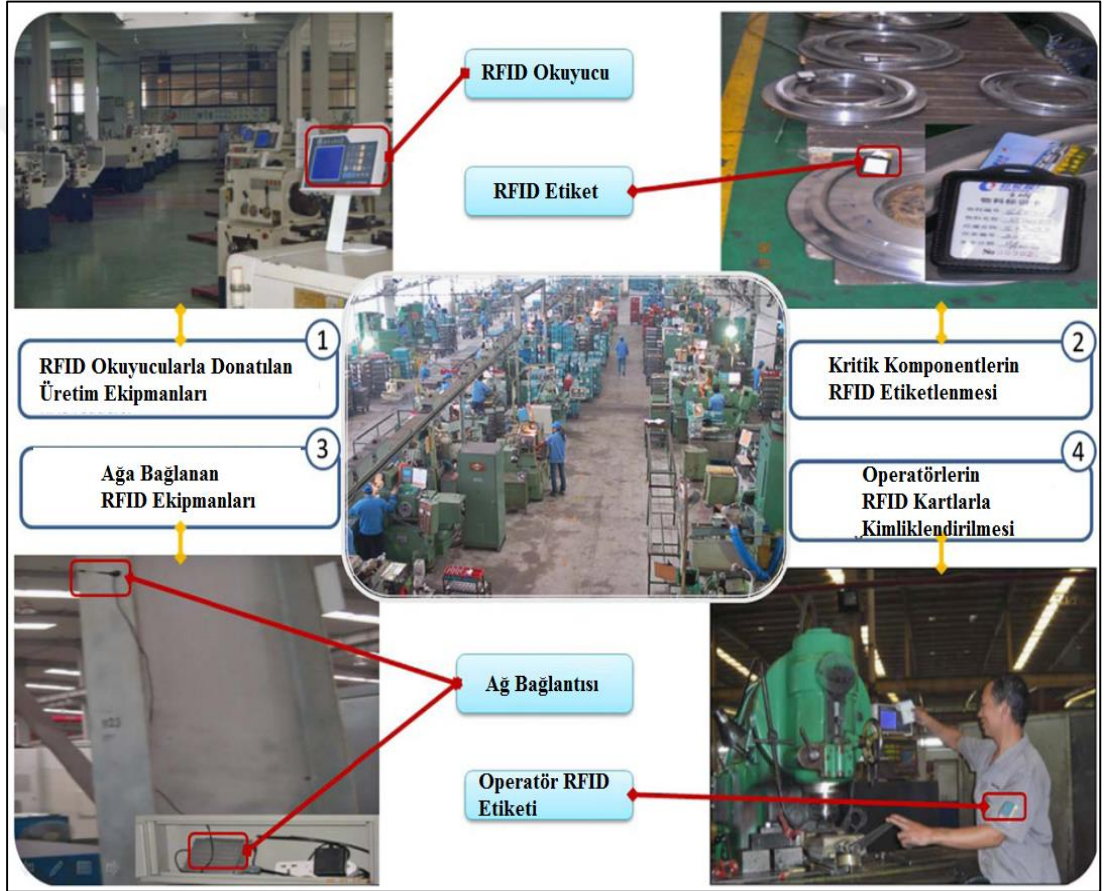
3.2.1. Literatür Özeti

Akademik literatürde yer alan çalışmalar uluslararası elektronik veri tabanlarından ve yüksek öğretim kurulu başkanlığı tez merkezinden tarandığında “Endüstri 4.0” ve teknolojileri özelinde fazlaca çalışma olduğu tespit edilmiştir. Fakat spesifik olarak “Siber Fiziksel Sistemler” başlığı üzerine hazırlanmış çalışmaların sayısının oldukça sınırlı, tamamen yabancı dilde ve son 5 yıllık periyotta yazıldığı görülmüştür. Bu kaynaklardan uygulamaya temel oluşturan 3 tanesi aşağıdaki gibidir:

- Jay Lee, Behra Bagheri ve Hung-An Kao tarafından 2014 yılında kaleme alınmış olan “A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems” başlıklı çalışmada; üretim akışının siber alanda izleme ve senkronize edilmesinin, siber fiziksel sistemlerin üretim endüstrisindeki önemini artırdığına ve bu artışın ağ bağlantılı yapı sayesinde verimli, işbirlikçi ve esnek bir şekilde performansı etkilediğini ortaya konulmuştur. Daha da önemlisi aynı çalışma da bu performansın yansımalarının “Endüstri 4.0” olduğu ifade edilerek, “Endüstri 4.0” ve üretim verimliliği arasındaki pozitif ilişkiye dikkat çekilmiştir.
- Andreas Huebner, Christian Facchi, Markus Meyer, Helge Janicke tarafından 2015 yılında kaleme alınmış olan “RFID systems from a cyber-physical systems perspective” başlıklı çalışmada; literatürde ortaya çıkan siber-fiziksel sistemlerin çeşitli tanımlarını incelenmiş, karşılaştırılmış ve bu çalışmalar RFID sistem araştırması ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada siber fiziksel sistemler ve RFID sistemlerin birbirlerine benzediği, ortak kullanılmasının yepyeni bir siber fiziksel sistem topolojisini ortaya koyduğuna işaret edilmiştir. Diğer bir deyişle RFID alt yapısı üzerine kurulan siber fiziksel sistemlerin etkinliğinin önemi üzerinde durulmuştur.
- Ray Y. Zhong, Q.Y. Dai, T. Qu, G.J. Hu, George Q. Huang tarafından 2013 yılında kaleme alınmış olan “RFID-enabled real-time manufacturing execution system for

mass-customization production” başlıklı çalışmada; Özelleştirilmiş Seri Üretim(MCP) sistemi ve bu sistemin üretim safhasında meydan getireceği karmaşıklığın yönetiminde RFID kullanımı üzerinde durmaktadır. Yazarlar bu çalışmada özellikle RFID etiketlemenin farklı kullanımları üzerinde durarak; proses öncesi operatör yetki kontrolü ve makinaların konfigürasyonun RFID etiketlerle yapılması fikrini ortaya koymuştur.

Şekil 24: Test Operatörü Kaşesi



Kaynak: Yazar tarafından bahsi geçen kaynaktan derlenmiştir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında denilebilir ki; uygulamaya konu olan RFID teknolojisinin üretim alanında kullanılmasının siber fiziksel sistemler özelinde, kaynak verimliliği ve yönetim etkinliği olarak ele alınması literatürde yer bulan bir konudur.

3.2.2. Proje Özgün Değeri

Literatür özetinde referans gösterilen çalışmalarda RFID ve siber fiziksel üretim sistemlerinin birlikte değerlendirildiği çalışmaların olduğu ve bu çalışmaların verimlilik üzerine etkileri ele aldığı görülmüştür. Fakat hem bu çalışmaların yabancı literatürde yer alması hem de çok kısıtlı bir sayıda olması bu alandaki akademik çalışma ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu projeye konu olan akademik çalışmanın bir makaleden öte tez çalışması olması ise bu çalışmaya kapsam genişliği itibarıyla başlı başına ayrı bir önem atf etmekte aynı zamanda gelecek çalışmalar için kapsamlı bir referans olma potansiyelini işaret etmektedir.

Öte yandan bu çalışmada siber fiziksel üretim sistemleri doğrudan ele alınmamış, bilgi yönetimi perspektifinden dijital dönüşüme, dijital dönüşümden siber fiziksel üretim sistemlerine ulaşılmış ve sonrasında da uygulama aracılığı ile araştırma somutlaştırılarak çalışmaya mevcut literatürde olmayan bir derinlik ve kapsam kazandırılmıştır.

Uygulama perspektifinden özgünlük ele alındığında ise uygulama hali hazırda Türkiye Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından belirlenen öncelikli alanlardan “gömülü sistemler başlığı” altında yer almaktadır.

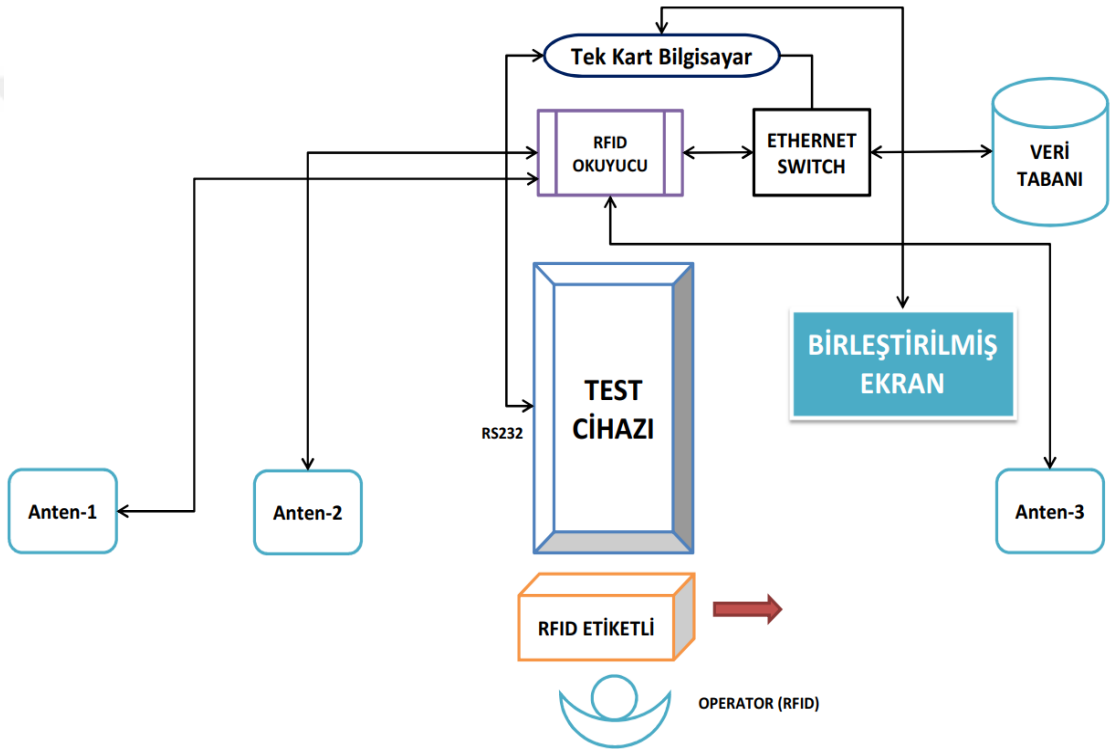
Ayrıca projenin uygulanması kapsamında yerli olarak üretilmeyen pahalı ithal donanım ve yazılım tedariki değil aksine mevcut alt yapı üzerine kurulacak olan (alt yapının %10 maliyetinin altına) kurulabilen modüler sistem eklentisi merkezli bir tasarım söz konusudur. Bu yönüyle çalışma benzerlerinden ayrılmakta ve daha önemlisi uygun maliyetiyle hem Dünya da hem de ülkemizde başta KOBİ’ler olmak üzere işletmelere dijital dönüşüme geçiş yapabilme fırsatı ortaya koymaktadır. Proje bu yönüyle hem ekonomiye ciddi bir katkı sağlamakta hem de ulusal kaynak kullanımında verimlilik temalı bir farkındalık yaratma potansiyeli taşımaktadır.

3.3. PROJE YÖNTEMİ

3.3.1. Uygulamanın Blok Diyagram Üzerinden Modellenmesi

Proje kapsamında seçilen VTC 307 – Ürün Test İstasyonu, proje hedefleri dâhilinde ele alındığında eklenen dış donanımlarla ortaya çıkan sistem modellemesi Şekil 24’de görüldüğü üzeredir.

Şekil 25: Proje İstasyonu Blok Diyagramı



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Sistem modeli dikkate alındığında merkezde test cihazının yer aldığı, cihazın kontrolü için RS232 seri port üzerinden bir tek kart bilgisayarın sisteme bağlanmış olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu tek kart bilgisayara projenin siber kısmı ve fiziksel dünya da yer alan kısmı arasında kritik entegrasyon misyonu da yüklenmiştir. Bu kritik misyonuyla birlikte tek kart bilgisayar, kullanıcı ekranını, RFID okuyucu ve veri tabanı işlemlerini içerisindeki algoritma sayesinde sürmektedir.

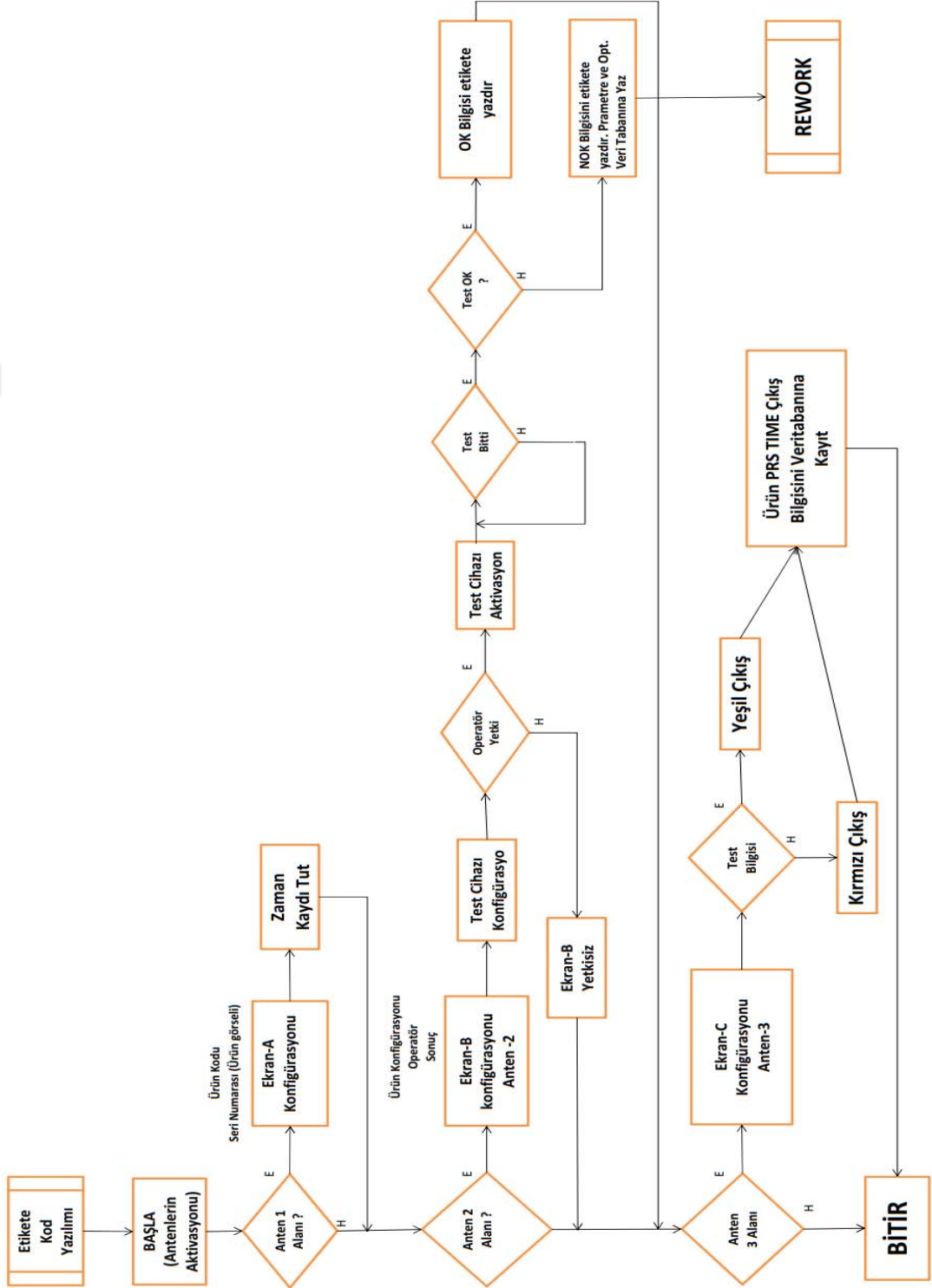
RFID kısmı ise projenin diğer önemli ayağını temsil etmektedir. Çünkü RFID etiketlerle etiketlenmiş ürünler RFID antenler önünden geçerken, RFID okuyucu tarafında tanımlanabilmekte ve bu tanım bilgisine göre mini bilgisayar tarafından ilgili algoritma çalıştırılmaktadır. Bununla birlikte 3 farklı anten kullanım planı şu amaca hizmet etmesi planlanmıştır: İlk anten ürünü tanır ve okuyucu üzerinden ekrana ürün resmiyle birlikte ilgili kod bilgilerini yansıtır. İkinci anten ürünü tanır ve okuyucu üzerinden ürüne göre test cihazının konfigürasyonunu sağlamakla birlikte hem operatör yetki kontrolünü hem de test sonrası test performans bilgilerini ürün üzerindeki etikete yazar. Son antenin amacı testten çıkan ürünün sevk edilebilir olmadığını değerlendirmektir. Test cihazı tarafından yazılan performans bilgileri üçüncü anten tarafından okunur ve okuyucu üzerinden sevkiyat uygunluk değerlendirmesi için tek kart bilgisayar üzerinde yer alan algoritmaya gönderilir.

Sistemde genel yapısı itibarıyla; tek kart bilgisayar ağ bağlantı özellikleri dikkate alınarak tüm cihazların kontrol merkezi olarak belirlenmekte ve bu bağlamda portlar üzerinden cihaz bağlantıları sağlanmaktadır. Diğer bir deyişle bu adım, veri üreten ama ağa bağlı olmaya cihazların nesnelere interneti kapsamında ele alınmasına olanak verir. Operatör ve ürünün de içinde yer aldığı diğer grupta yer alan cihazlar ise dijital olarak ne veri üretebilmekte ne de taşıyabilmektedir. Bu grup için RFID etiketler kullanılarak dijital kimliklendirme gerçekleştirilmekte ve bu cihazlarında ağ bağlantısı sağlanmaktadır. Özetle modelde yer alan tüm cihazların bağlantılı ve siber dünyada yönetilebilir olması itibarıyla siber-fiziksel sistemler için bir geçiş alt yapısı hedeflenmektedir.

3.3.2. Algoritmanın Kurgulanması

Blok diyagramda görüldüğü üzere sistem tek kart bilgisayar üzerinde çalışacak, proje hedefleriyle bağlantılı ve sistem modellemesi ile tutarlı bir algoritmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaca istinaden RFID alt yapısı ve test operasyonu dikkate alınarak hazırlanan algoritma Şekil 25’de görülmektedir:

Şekil 26: Proje Algoritma Akış Diyagramı



Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

3.3.3.Uygulama Sisteminin Tasarımı

3.3.3.1. Donanım Alt Yapısının Belirlenmesi

Tek Kart Bilgisayar(SBC): Genel yapısı itibarıyla standart bir bilgisayardan çok farklı olmayan bu bilgisayarları, standart bilgisayarlardan ayıran en büyük özellikler tek bir elektronik kart üzerinde klavye, fare, harddisk ve ekran dışındaki tüm donanımları taşımasıdır. Bu bilgisayarların öne çıkan en büyük özelliği ise maliyeti ve hem kablolu hem de kablosuz olarak ağa bağlanabilmeleridir. Bu özellikleri itibarıyla özellikle nesnelerin interneti uygulamalarında aktif bir çözüm olarak kullanılmaktadır.

Yukarıdaki özellikleri itibarıyla projede kullanılacak bilgisayar için mini bir bilgisayar kullanımına karar verilmiş ve iki seçenek ortaya konulmuştur : “RaspberryPi” ve “LattePanda”. Donanım konfigürasyonları özelinde çok ciddi farklar içermeyen bu bilgisayarlar arasında seçim kriteri; SIMECO A.Ş firmasında kurulu mevcut ERP alt yapısı olmuştur. Firma “Microsoft Dynamic Axapta” ERP yazılımını kullanmakta olduğundan, kullanılacak işletim sistemi uyumluluk açısından önem kazanmıştır. “RaspberryPi” genelde Linux alt yapısını kullanırken, LattePanda içerisinde gömülü standart bir “Microsoft Windows” lisansı ile gelmesi ERP uyum açısından LattePanda’nın proje de tek kart bilgisayar olarak seçimini sağlamıştır.

Şekil 27: LattePanda Tek Kart Bilgisayar



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

RFID Okuyucu: Bünyesinde yer alan dâhili veya dışarıdan bağlanan harici antenler yardımıyla ürettiği analog radyo frekans sinyalinin etikete yansıtılıp daha sonra geri dönen yansımasının okunarak dijital bir bilgiye dönüştürülmesini sağlayan ekipmanlardır. Bu ekipmanlar bir RFID sistemi için olmazsa olmaz ekipmanlar olup, seçim kriterleri; çıkış gücü, bağlantılı anten port sayısı ve haberleşme opsiyonlarına göre seçilir. Bunlarla birlikte okuyucu seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer bir unsur okuyucunun çalışma frekansıdır. Bu çalışma frekansı ülkesel veya bölgesel bazda yasal bir zorunluluk olup ekipmanın kullanıldığı ülkeye göre değişmektedir. Türkiye için bu değer 866-868 MHz bandında yer almaktadır.

Tüm bu özellikler dikkate alınarak proje de RFID okuyucu seçimi için belirlenen marka yapılan piyasa araştırması sonucu; özellikle de “Microsoft .NET” tabanında yazılım kütüphanesine sahip tek okuyucu olması itibarıyla İmpinj markalı “SPEEDWAY R420” okuyucu olmuştur.

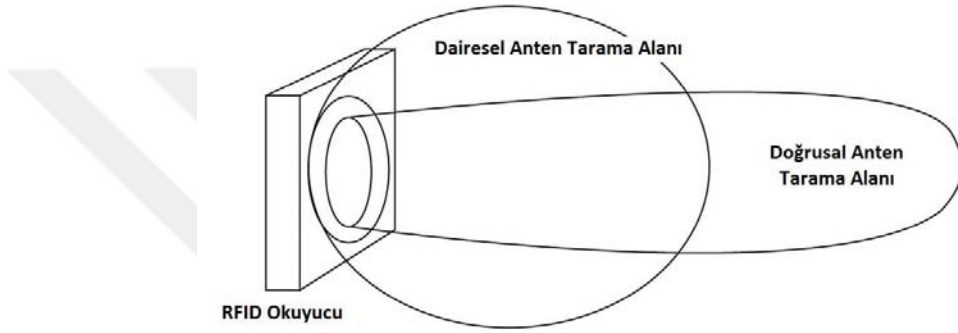
Şekil 28: İmpinj R420 RFID Okuyucu



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

RFID Anten: Bir RFID sistemin okuma performansını ve özellikle de fiziksel olarak okuma kabiliyetini doğrudan belirleyebilen RFID antenin temel işlevi RFID okuyucu tarafından üretilen radyo frekans sinyalinin uygun bir tarama açısında etikete yansıtılmasıdır. Bununla birlikte etiket tarafından yansıtılan geri sinyalin okuyucuya iletilmesi işlevi de yine RFID antenler tarafından gerçekleştirilmektedir. Temel olarak tarama şekillerine göre doğrusal veya dairesel olarak sınıflandırmaktadırlar.

Şekil 29: Dairesel ve Doğrusal Anten Tarama Alanları



Kaynak: Lahiri, 2005: 12

Bu proje de kullanılacak anten, ortam yapısı, anten maliyeti, çıkış güç kontrollü ve anten tarama açısı yardımıyla doğrusalmış gibi kullanabilme seçeneğinden hareketle dairesel anten kullanımına karar verilmiştir. Belirlenen ekipman IP64 koruma sınıfında yer alan Litum 7.5 dBIC ante olmuştur.

Şekil 30: Dairesel RFID anten



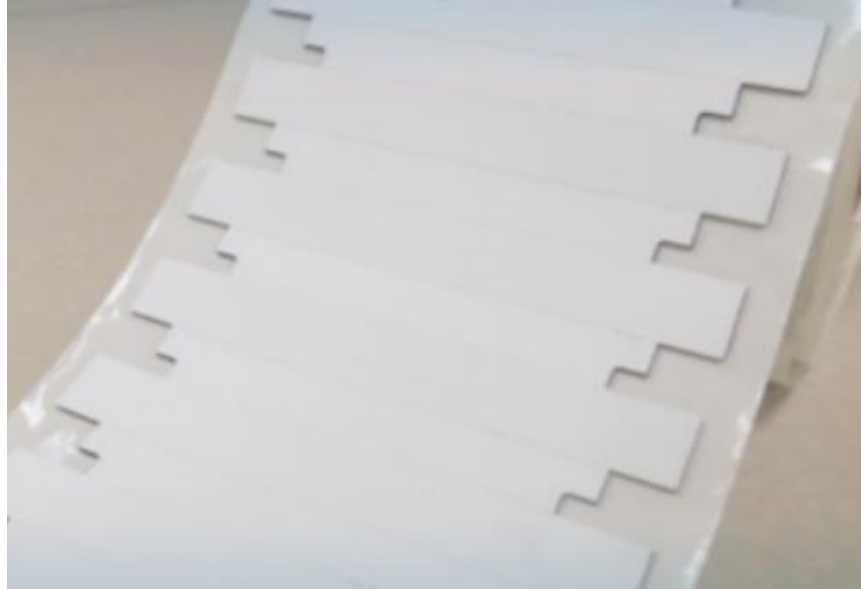
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

RFID Etiket: Dijital olarak kimlik kazandırılmak istenen nesnelere yerleştirilen bu etiketlerin en temel amacı herhangi bir şekilde dijital veri üretmeyen ve dolayısıyla üzerinde herhangi bir veri tutamayan nesnelere harici bir eklenti eklemek suretiyle nesnenin dijital izlenebilirliğini sağlamaktır. Bu dijital kimliğe yalnızca RFID okuyucu ve antenden meydana gelen bir manyetik alan içerisinde ulaşmak mümkündür.

RFID etiketler, üzerlerinde buldukları güç opsiyonuna bağlı olarak aktif, pasif ve yarı aktif olarak sınıflandırılabilir. Fakat bu üç temel sınıf bir RFID etiketin seçilmesi için yeterli değildir. Özellikle RFID etiketin kullanılacağı ekipman yüzeyi veya kullanılacağı ortam radyo frekans uyumluluğu bağlamında seçime ciddi oranda etki etmektedir.

Bu projede kullanılan etikette aranan iki temel özellik vardı: Bunlardan biri yıllık üretim hacmi dikkate alındığında birim maliyeti, diğer ikincisi de etiket vasıtasıyla dijital kimlik kazandırılmak istenen ürünün metal yoğunluklu yapısı. Bu parametreler dikkate alınarak yapılan seçimde; Omni-ID markasının metal yüzeyde kullanılabilir ürün ailesi içerisinde yer alan IQ 600 serisi etiketi kullanılması uygun bulunmuştur.

Şekil 31: Omni-ID IQ600 Metal Yüzey Etiket (Rulo)



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3.3.3.2. Yazılım Alt Yapısının Belirlenmesi

“3.3.1. Uygulamanın Blok Diyagram Üzerinden Modellenmesi” başlığında değinildiği üzere tasarlanan sistemin istenilen işlevleri yerin getirebilmesi için “3.3.2. Algoritmanın Kurgulanması” başlığı altında yer alan algoritmaya uygun bir programlama diline ve bu dilde yazılım geliştirilebilecek bir ortama ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın giderilmesi için dikkate alınması gereken en önemli seçenekler, programı yazacak yazılımcının tecrübesi, yazılımın koşturulacağı işletim sistemi ve yazılımın ERP sistemine uyumu.

Yukarıda değinile bu özellikler dikkate alındığında yazılım dili olarak “C” programlama ailesinden bir seçime karar verilmiştir. Fakat C, C++ yazılımlarının verimliliği, kodların diğer formlarda çalışabilme kapasitesi, gücü dikkate alındığında C#(C Sharp) yazılımının kullanılmasına uygun görülmüştür. Bu seçime etki eden en önemli faktörlerden biri de bu yazılım dilinin “Microsoft .NET platform” ile uyumluluğudur. Böylece hazırlanan yazılımlar hem işletmede de var olan “Microsoft Dynamic Axapta” ERP alt yapısıyla hem de RFID okuyucu ile birlikte gelen yazılım kütüphanesi ile uyum içinde çalışacaktır.

Yazılım dili belirlendikten sonra karar verilmesi gereken diğer unsur kodun geliştirileceği ortamın belirlenmesidir. Burada da dikkate alınan unsur hem işletim sistemi ile uyumluluğu hem de seçilen programlama dili desteğidir. Bu şartlar dikkate alındığında kullanılacak en etkin seçenek “Microsoft Visual Studio” olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle veri tabanları ve ağ uygulamalarının geliştirilmesinde sahip olduğu extra fonksiyonlar bu arayüzü bir adım öne çıkarmaktadır.

Özetle; proje de gerek ekran gösterimde kullanılacak “Windows Form” uygulamalarında gerek standart algoritma kodunda ve gerekse potansiyel veri tabanı işlemlerinde C# yazılımının, “Microsoft Visual Studio” altında kullanımına karar verilmiştir.

3.4. PROJE PLANI

Tablo 7: Proje İş Paketleri ve Zaman Planı

İş Paketi & Projenin Başarımsındaki Önemi (%)		Başarı Ölçütü	2018 - Aylar													
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	Literatür Taraması	%5														
2	Saha Gözlem ve Mevcut Durum Analizi	%15														
3	Ekipmanların Belirlenmesi ve Tedariği	%25														
4	Ekipmanların Saha Kurulumu	%10														
5	Algoritmanın Belirlenmesi	%25														
6	Yazılımın Hazırlanması	%10														
7	Saha Testleri	%10														

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3.5. PROJENİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

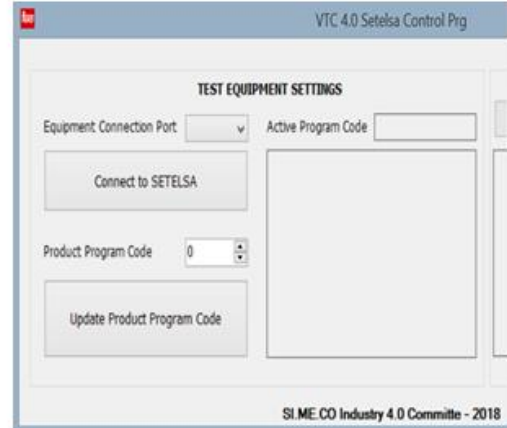
Hedeflenen proje çıktılarına ulaşabilmek için ilgili başlıklar altında paylaşıldığı üzere projede kullanılacak komponentler belirlenip tedarigi sağlanır. Bu adımdan sonra yapılması gereken bu komponentlerin sahada kurulumunun işletme mevcut iş akışını etkilemeyecek şekilde kurulmasıdır. Geçekleşen bu adımlar ve içerdiği zorlukları aşağıdaki gibi ele alınabilir.

Test Cihazı: İşletme de yer alan test cihazları herhangi bir haberleşme çıkışına sahip olmayıp, normal şartlar altında bu cihazları bilgisayar programıyla kontrol etmek mümkün değildir. Bunun için öncelikle Şekil 27’de gösterilen test cihazı üzerindeki ekran bağlantı portuna paralel bir bağlantı yardımıyla PLC ve ekran arasındaki haberleşme protokolü çözüldü.

Şekil 32: Ekran Bağlantı Portu



Şekil 33: Haberleşme Demo Programı

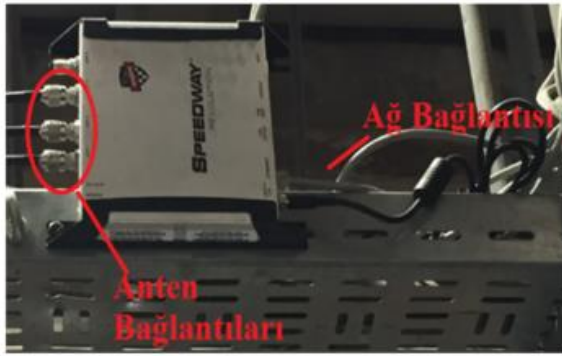


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Haberleşme protokolü çözülen PLC’ye bağlı ekran bağlantısı kesilerek bilgisayar seri portu bağlandı ve bu seri bağlantı portunun kontrolü için yazılan ve Şekil 28’de ekran görüntüsü görülen demo program yardımıyla da test cihazının bilgisayar üzerinden kontrolü sağlandı. Böylece test cihazı kurgulanan model üzerine entegre edilebilecek yeterlilik seviyesine ulaştırıldı.

RFID Okuyucu Sistemi: Tedarik edilen okuyucu ve antenlerin üretim bandı üzerine montajının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Fakat burada birkaç zorluk birden mevcuttur. Bu zorluklardan ilki okuyucunun oluşacak kablo kayıpları ve ağa ulaşma durumu dikkate alınarak montaj pozisyonunun belirlenmesidir. Bunun için seçilen yer bahsi geçen gereklilikler dikkate alınarak Şekil 29’da görüldüğü üzere üretim üst tabla olarak belirlenmiştir.

Şekil 34: RFID okuyucu üst tabla montajı



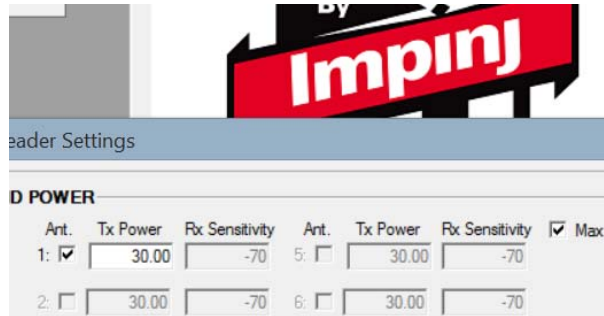
Şekil 35: Anten Montaj Aparatı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Diğer bir zorluk da RFID anten montajıdır. Burada ki problem antenlerin tarama alanlarının birbirine karışmamasıdır. Bu amaçla anten tarama açısı için şekil 30’da görülen anten montaj aparatı geliştirilmiş ekran görüntüsü Şekil 31’de görülen program yardımıyla da okuyucu üzerinden anten güç değerleri ayarlanmıştır.

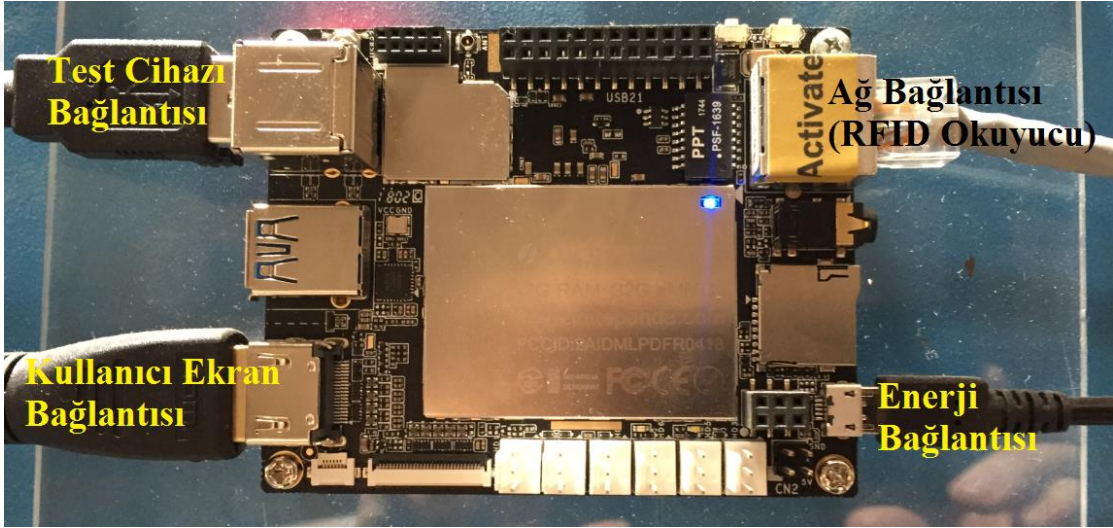
Şekil 36: Anten Güç Ayarlama Arayüzü



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Tek Kart Bilgisayar: Modelden de görüldüğü üzere test cihazının kontrolü, kullanıcı bilgi ekranında verilerin gösterimi ve ağ üzerinden RFID okuyucu sistemin kontrol operasyonları tek kart bilgisayar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunun için iki adımdan oluşan bir kurgu söz konusudur. Birinci adımda donanımların kurulumu ikinci adımda da algoritmaya göre yazılan yazılımın tek kart bilgisayar üzerinde işletilmesi. Yazılım tarafının kurulumu ve uygunluğu saha geçerlilik testi başında işlenecek olup, donanımsal kurulum Şekil 32’de görülen resim üzerinden ifade edilebilir.

Şekil 37: Tek Kart Bilgisayarın Kurulumu

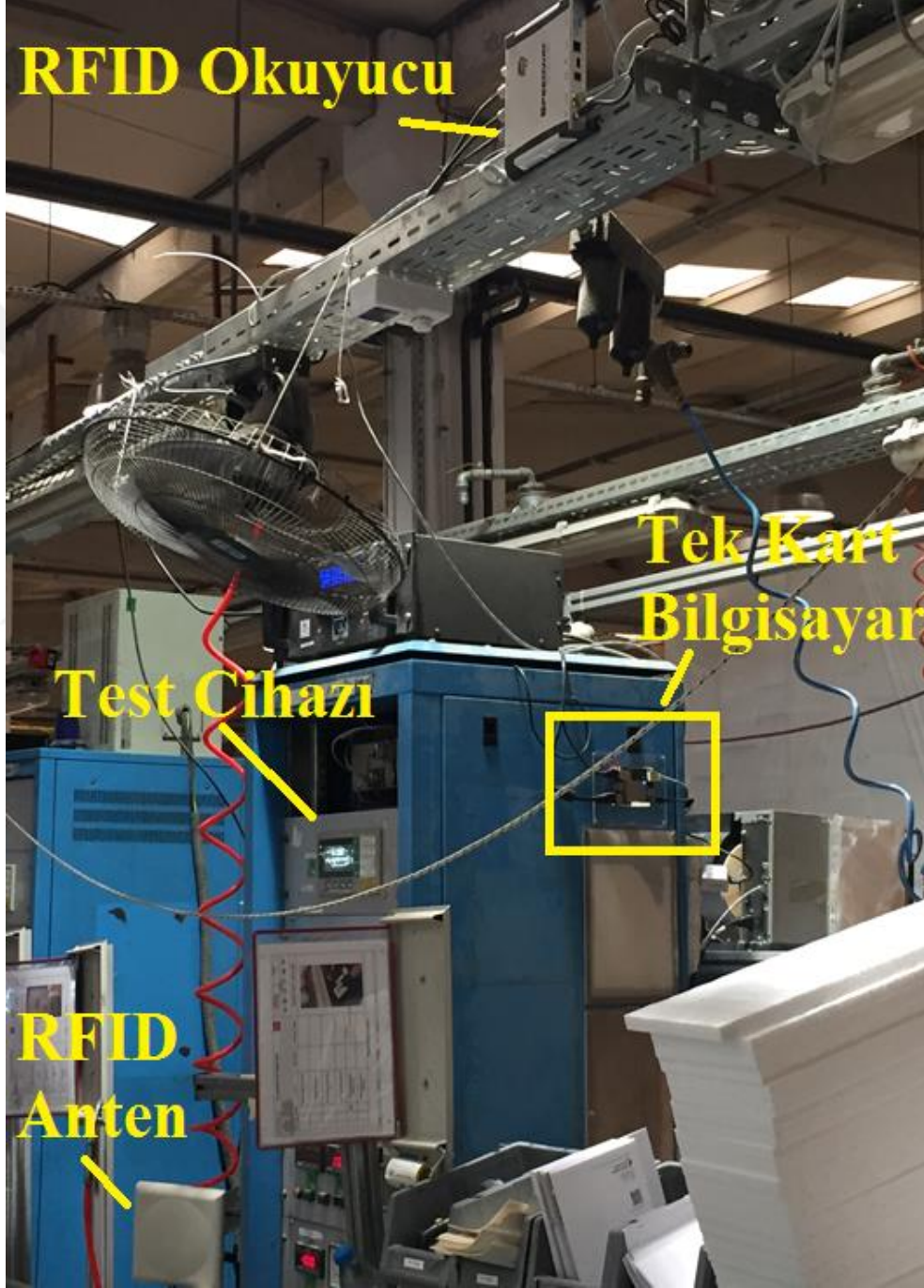


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 32’de görüldüğü üzere sol üst bağlantı noktası USB üzerinden bir USB-RS232 çeviriciye bağlanmakta, bu çevirici üzerinden algoritmaya uygun hazırlanan yazılım yardımıyla test cihazının kontrolünü sağlamaktadır. Sol alt tarafta kalan bağlantı ise HDMI çıkış üzerinden kullanıcı bilgi ekranını sürmek için kullanılmaktadır. Bu kurgudaki en önemli bağlantı sağ üst köşede Ethernet portunda yer almaktadır. Bu bağlantının önemi; bu bağlantı sayesinde sadece tek kart bilgisayar değil diğer tüm bağlantılı cihazlar nesnelerin interneti tanımına uygun olarak ağa bağlanmaktadır. Öte yandan tek kart bilgisayara atanan statik IP sayesinde tüm cihazlarda ağ üzerinden ulaşılabilir duruma gelmektedir. Ayrıca bu port sayesinde tek kart bilgisayar ağa bağlanmakta ve ağ üzerinde bağlı olan RFID okuyucu üzerinden tüm RFID alt yapısını kontrol etmektedir.

Sonuç olarak bu üç sistem üretim sahası üzerinde bir araya geldiğinde Şekil 33 de projeye konu olan tümleşik sistem ortaya çıkmaktadır.

Şekil 38: Projenin Üretim Sahasında Uygulaması



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3.6. PROJE SAHA GEÇERLİLİK TESTLERİ

Projenin saha geçerlilik testleri VTC-307 bandı test istasyonunda yapılmıştır. Proje gerçekleştirme başlığı altında her bir alt yapının nasıl kurulduğu ve nasıl bütünleşik hale getirildiği tüm detaylarıyla aktarılmıştır. Dolayısıyla testler süresince donanımlardan öte sistem fonksiyonelliği üzerinde durulmuştur. Donanım kısmında yer almayan, testler süresince kritik önem arz eden konu: Ürünün ve operatörün dijital olarak kimliklendirilmesidir. Bu sayede gerçekleştirilen proje alanı içerisinde olan bir ürün veya bir operatörün konumu algılanabilir ve algoritmaya dâhil edilir. Şekil 34’de RFID etiketle kimliklendirilmiş bir ürün görülmektedir.

Şekil 39: Üretim Bandı Üzerinde Üretilen RFID Etiketli Ürün



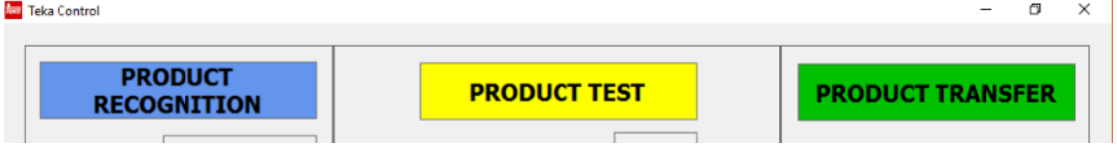
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Etiketlenen ürünün durumu, hangi anten alanından geçtiği ve algoritmada hangi işleme tabi tutulduğu hazırlanan arayüz programı üzerinden kolaylıkla takip edilmektedir. Bu nedenle test çalışmaları boyunca 5 ana soru ile ara yüz programı üzerinden istasyonların fonksiyonel özelliklerinin kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Kısaca arayüz programının tümleşik ekranına değinilecek olursa; “Product Recognition”, ilk anten tarafından okunan ürün bilgisine ait veri tabanında yer alan resim ve kod bilgilerini getirmektedir. “Product Test” ürün ikinci anten alanına girdiği ilgili test konfigürasyon bilgisine göre test cihazının ayarlamasının yapıldığını, operatör yetki bilgilerini, test süresince geçilen test adımlarını ve test performans bilgisinin etiket üzerine yazılma süreci göstermektedir. “Product Transfer”, bu son adımda da ürün üzerindeki etiket bilgisinden hareketle ürünün transfer edilip edilmeyeceği,

edilmeyecekse sevk edilememe nedeni göstermektedir. Şekil 33’de arayüz programının tümleşik bir ekranı görülmektedir.

Şekil 40: Arayüz Programının Tümleşik Ekran Kesiti

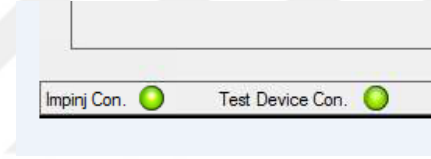


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Saha geçerlilik testleri aşağıdaki 5 soru vasıtasıyla yapılabilmektedir:

1. Bilgisayar, test cihazı ve RFID okuyucu ile arasında iletişim kurulmuş mudur?
Program sol alt köşesinde yer alan indikatörler yeşil olarak gözlemlendi diğer bir deyişle donanımlar arası iletişimde herhangi bir problem tespit edilmedi.

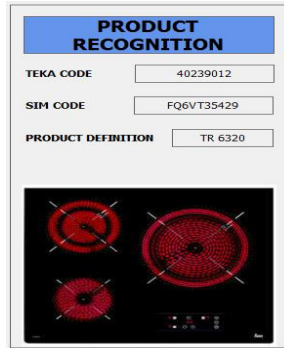
Şekil 41: Okuyucu ve Test Cihazı Bağlantı İndikatörleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

2. “Product Recognition” istasyonunda yer alan RFID yapı çalışmakta mıdır ?
Bu test aynı zamanda ürün üzerine eklenen RFID etiketinde test edilmesi adına önem arz etmekte olduğundan dikkatle incelenmiş ve ilgili istasyon RFID alanına giren ürünün sistem tarafından tanındığı gözlemlenmiştir.

Şekil 42: “Product Recognition” Alanda Tanımlanan Ürün

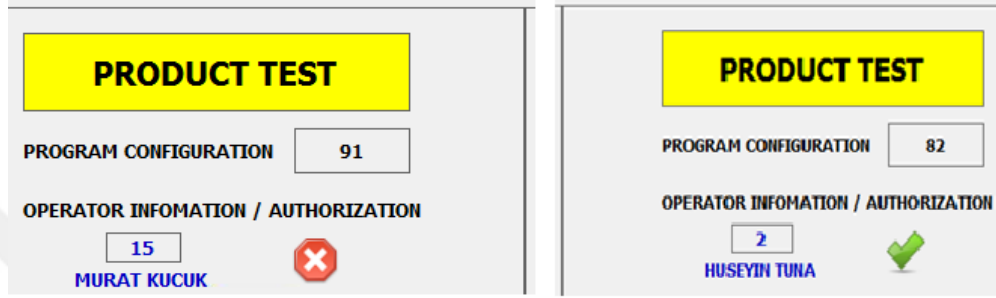


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3. “Product Test” istasyonunda yer alan RFID yapı çalışmakta mıdır ?

Bu test adımda okunan ürün etiketine karşılık iki kritik operasyon vardır: Okunan model numarasına göre test cihazını konfigürasyonun sağlanması. İkincisi de; ilgili antenin RFID tarama sahasına giren RFID etiketli operatörün yetki kontrolüdür. Bu bağlamda sistem test edilmiş ve aşağıdaki ekran gözlemlenmiştir.

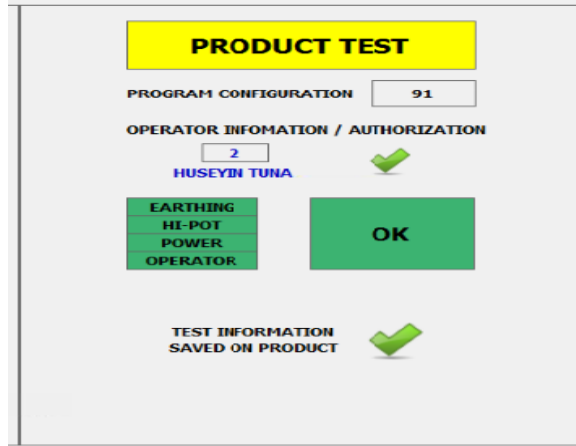
Şekil 43: “Product Test” Alanında Yetki ve Konfigürasyon Kontrolü



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Gerekli program konfigürasyon güncellemesi ve operatör yetki kontrolü yapıldıktan sonra hangi test adımlarının icra edilmesi gerektiği ve testlerin her bir adımındaki başarı durumu bağlamında genel test durumunun gözlemlenmesini Şekil 36’da görüldüğü üzere sağlanmıştır.

Şekil 44: “Product Test” Alanında Test Performans Ekranı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4. “Product Transfer” istasyonunda yer alan RFID yapı çalışmakta mıdır ?

Son adımda “Product Recognition” ve “Product Test” alanlarından geçen ürün sevk durumu bu istasyonda test edilir ama daha da önemlisi bir önceki istasyondan etikete verinin yazdırılıp yazdırılmadığı da bu adımda test edilir. Bu bağlamda sistem test edilmiş aşağıdaki ekran gözlemlenmiştir.

Şekil 45: “Product Transfer” Alanında Uygunluk Testi

PRODUCT TRANSFER

SERIAL NUMBER: SC18AAABBBB

SIM CODE: FQ6VT35429

PRODUCT DEFINITION: TR 6320

TRANSFER STATUS

OK

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

5. Bandın üzerinde birden fazla ve farklı ürün olduğunda sistem çalışmakta mıdır?

Bu sistem kurgulanırken ürün sayısında bağımsız olarak kurgulanmış olup bu yönüyle de üretime ciddi bir esneklik tanımaktadır. Sistem bu bağlamda 3ürün ve 1 operatörler test edilmiş ve başarıyla sonuçlandırılmıştır.

Şekil 46: Tümüleşik Sistem Arayüzü

Tümüleşik Sistem Arayüzü

PRODUCT RECOGNITION

TEKA CODE: 40239012

SIM CODE: FQ6VT35429

PRODUCT DEFINITION: TR 6320

PRODUCT TEST

PROGRAM CONFIGURATION: 86

OPERATOR INFORMATION / AUTHORIZATION: 2

HUSEYİN TUHA

EARTHING

HI-POT

POWER

OPERATOR

TEST INFORMATION SAVED ON PRODUCT

PRODUCT TRANSFER

SERIAL NUMBER: SC18AAABBBB

SIM CODE: FQ6VT35429

PRODUCT DEFINITION: TR 6320

TRANSFER STATUS

OK

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Yukarıdaki 5 adımdan sırasıyla geçen uygulama, ürün tanımlama, test cihazının RFID etiketler yardımıyla otomatik olarak konfigürasyonu, operatör yetkinliğinin kontrolü, test verilerinin ürün üzerindeki etikete işlenmesi ve sevkiyat öncesi son kontrolün yapılarak ürünün sevkiyatı süreçlerini başarıyla tamamlamıştır. Diğer bir deyişle uygulama öncesinde operatör inisiyatifinde gerçekleşen süreçler RFID etiketler yardımıyla dijitalleştirilmiş ve tek kart bilgisayar üzerinde koşan yazılım sayesinde de siber dünyaya taşınıp işlenerek siber-fiziksel üretim sistemlerine geçiş projesi saha geçerlilik testlerini başarıyla tamamlanmıştır.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada RFID teknolojisi kullanılarak, TEKA VTC ocak üretim tesislerinde seçilen istasyonda siber-fiziksel üretim sistemlerine geçiş uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama, kapsamı itibarıyla mikro perspektifte sınırlı bir kullanım alanına sahip gibi görünse de gerek aynı üretim bandı üzerindeki diğer istasyonlara gerekse de üretim tesisinde yer alan diğer üretim bantlarına uygulanabilir bir alt yapı sağlaması itibarıyla önemli bir etki potansiyeline sahiptir.

Gerçekleştirilen sistemle; üretim test istasyonu parametre güncelleme, test operasyonu yönetimi, test performans kayıt ve son olarak test edilmiş ürünün sevk sürecinde dijital olarak üretilen bilgi sayesinde aşağıdaki başlıklar özelinde geliştirmeler ortaya konmuştur:

- Operatör inisiyatifinin kaldırılarak; operatöre bağlı hatalar eleminize edilmesi,
- Operatör yetkinliği ve performansı dijital olarak takibi ve değerlendirilmesi,
- Test performans verileri, zaman ve operatör bilgisiyle kayıt altına alınarak ürünün geriye dönük izlenebilirliği ve müşteri nezdinde güvenilirliğin artırılması
- Üretimden sevk yata gidecek ürünün test performansının dijital olarak kontrolü,

Sadece bunlarda değil ortaya konulan modüler uygulama alt yapısı sayesinde ilerleyen süreçlerde aynı üretim bandında aşağıdaki riskli başlıklarında geliştirilmesi için zemin yaratılmıştır:

- Ürün ve ürünle eşleştirilen kritik komponentlerin takip edilebilirliğinin sağlanması,
- Üretim durumu ve üretkenlik verilerinin güvenilirliğinin artırılarak, daha sağlıklı süreç geliştirme ve analiz imkânının yaratılması,
- Ekipmanların ve ürünlerin dijital olarak eşleştirilerek üretim süreçlerinde doğru ekipman kullanımının sağlanması,
- Ürünlerin tesis içerisinde lokasyon takibi ve müşteri sevk süreçlerinin yönetimi,

Ayrıca uygulama yazılım kaynak kodlarının açık olması, şuan öngörülemeyen fonksiyonların ileriki zaman dilimlerinde ekleme opsiyonunu açık tutması itibarıyla mevcut çalışmayı, gelecek tasarımlar için referans bir model kılmaktadır.

Araştırma konusu makro bir perspektifte ele alındığında; uygulama yapısı itibarıyla hem işletme içerisinde hem de benzer sektörlerde dijital dönüşüm farkındalığı sağlama potansiyeli sağlamaktadır. Paralel olarak da uygulamanın, geleneksel üretim sistemlerinden siber-fiziksel üretim sistemlerine geçiş sürecinde ortaya koyduğu olumlu yöndeki değişim sayesinde, bilgiye dayalı süreç iyileştirme fırsatlarının daha net anlaşılması bağlamında gerçekleştirilmiş bir referans uygulama örneğidir.

Uygulamayı benzer uygulamalardan ayıran ve inovatif kılan en önemli özelliklerden biri de düşük maliyeti olarak öne çıkmıştır. Bununda en önemli sebebi mevcut alt yapının değişimine ihtiyaç olmaksızın RFID teknolojisinin ürünlere kolayca uygulanması ve tek kart bilgisayarlarında sisteme hızlı entegrasyonudur. Uygulama bu özelliği sayesinde hem mevcut kaynakların etkin kullanılmasını sağlamakta daha da önemlisi her tür işletme seviyesinde kullanım alanı potansiyelini taşımaktadır.

Akademik olarak da siber-fiziksel üretim sistemlerini konu alan hatta konuyu RFID ile ilişkilendiren çalışmalar literatürde mevcuttur. Fakat bu çalışma hem üniversite-sanayi işbirliğiyle gerçekleştirilen uygulamasıyla hem de bilginin dönüşümünden siber-fiziksel üretim sistemlerine ulaşan tümevarım yaklaşımının çalışmaya kattığı derinlikle diğer çalışmalardan ayrılarak güçlü bir akademik referans olma potansiyeli taşımaktadır.

Son olarak bu çalışmadan hareketle gerçekleştirilebilecek sonraki çalışmalar için öneriler sıralanacak olursa:

- Çalışmaya konu olan siber-fiziksel üretim sistemleri uygulamasının bir geçiş uygulaması olduğu dikkate alındığında; uygulama ilerletilip simülasyona, dijital ikize ve hatta analize dayalı öngörüm alabilme yapılarıyla uygulama kapsamı genişletilerek akıllı fabrika konsepti kurgulanabilir.
- Çalışmaya yalın düşünce perspektifinde farklı bir yön verilerek, yalın felsefenin ortaya koyduğu başta “poka-yoke” ve “jidoka” benzeri alt yapılarla bilgi temelli “yalın dijital dönüşüm” düşüncesi ortaya atılarak akademik bir tartışma zemini oluşturulabilir ve yalın temalı bir siber-fiziksel üretim sistemleri uygulaması ortaya konabilir.

- Bu çalışma mevcut seviyesinde korunarak öncelikle işletme içerisinde dikey daha sonrasında müşteri ve tedarikçileri kapsayacak bir yatay entegrasyon perspektifinden uygulamalı bir araştırma konusu olarak değerlendirilebilir. Böylece hem akademik olarak literatürü zenginleştirebilecek hem de uygulama olarak işletmeyi küresel rekabette öne çıkartacak bir platform oluşturulabilir.



KAYNAKÇA

Aakanksha, P. (2017). *3D Printing in Manufacturing – 3D Printing Threat to Manufacturing – 3D Print*, Hindistan: Chizel Prints.

AB Kontrol, “ IT / OT Yakınlaşması. IT nedir ? OT nedir ?”, 13.07.2016,
<https://otomasyonadair.com/2016/07/13/it-ot-yakinlasmasi-it-nedir-ot-nedir/>
(01.09.2018)

Akben, İ. Ve Avşar.İ.İ.(2018), “Endüstri 4.0 Ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış”,
Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, Sayı: 1(3): ss. 26-37

Akben, İ. (2017). “3 Boyutlu Yazıcılar ve Tedarik Zincirine Etkiler”, *International Journal of Academic Value Studies (Javstudies)*, Sayı:3(10): ss. 20-35.

Akın, A. “Siber Güvenlik Endişesi ve İnternet”, 2016,
<http://www.stratejikanaliz.com /analizler/harp-vestrateji/siber-guvenlik-endisesi-ve-internet/>(03.10.2018)

Alabay, N. “Bilgi ve Bilişim Teknolojileri”, 01.02.2011,
<https://dralabay.wordpress.com/2014/01/20/bilgi-ve-bilisim-teknolojileri/>, (27.10.2018)

Alçın, S. (2016). “Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0”, *Journal of Life Economics*, Sayı: 48(3): 1622-1627.

Alkan, M. “Karanlık Fabrikalar ile İnsansız Üretim” , 26.07.2016,
<https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/> (23.10.2018)

Apillioğulları, L. (2018). *Dijital Dönüşümün Yol Haritası*, İstanbul: Agora Kitaplığı.

Ascent, C. (2012). *The convergence of IT and Operational Technology*, Amerika Birleşik Devletleri: Atos SA.

Bağcı, E. (2018). “Endüstri 4.0: Yeni Üretim Tarzını Anlamak”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 24: 122-147

Barutçugil, İ. (2009). *Ar-Ge Yönetimi*, İstanbul: Kariyer Yayıncılık.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurulu.(2013). “*Bulut Bilişim*”, Ankara: BTK İç Yayınlar.

Boztas, M. Ve Özırmak, M. (2012). “*Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) Yazılımları Kurulum Ve Kullanım Sürecinin Bilgi Yönetimi Kavramıyla Etkileşimi*”, *Fen Bilimleri Dergisi*, sayı 21: ss.65-79.

Cafer, B. “Karanlık (Lights Out) Fabrikalar”, 25.04.2018,
<https://industrylog.com/karanlik-lights-out-fabrikalar/> (17.10.2018)

Chaffey D. ve Wood S.(2005), *Business Information Management: Improving Performance Using Information Systems*, Harlow: FT Prentice Hall.

Cisco ve diğerleri. (2017). *IT/OT Convergence Moving Digital Manufacturing Forward*, Amerika Birleşik Devletleri: CISCO Press.

Crouzet, F. (1996). *The industrial revolution in national context: Europe and the USA*, Amerika Birleşik Devletleri: Cambridge University Press.

Çelen S. (2017), “*Sanayi 4.0 ve Simülasyon*”, *International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry*, Sayı:1:ss. 9 – 26.

Davenport, T. (2014). *Big Data@Work*, İstanbul: Türk hava Yolları Yayınları.

Demirtaş, B. ve Arğan, M. (2015), “Büyük Veri ve Pazarlamadaki Dönüşüm: Kuramsal Bir Yaklaşım”, *Pazarlama ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, Sayı: 15: ss. 1-21

Deniz, K. (2017), Uzman Sistemlerin Genel Yapısı, 30.11.2017

<https://industryolog.com/uzman-yerini-tutabilen-uzman-sistemler/uzman-sistemlerin-genel-yapisi/> (15.12.2018)

Ege Bölgesi Sanayi Odası, (2015). *Sanayi 4.0*, İzmir: Araştırma Müdürlüğü Yayınları.

Eğer, Z. “Simülasyon: Sanal Dünya İçinde Gerçeklik”, 23.04.2015,

<https://www.endustri40.com/simulasyon-sanal-dunya-icinde-gerceklik/> (15/11/2018)

Erçin, Ö. “Bilgi Teknolojileri ve Operasyonel Teknolojiler Arasındaki Farklar”, 01.10.2018, <http://ozdenercin.com/2018/10/22/bilgi-teknolojileri-ve-operasyonel-teknolojiler-arasindaki-farklar/>, (23.10.2018)

Geisberger, E. ve Broy, M. (2012). “AgendaCPS, Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems (acatech Studie).”, Münih: Acatech Press.

Gehrke L.(2015). “A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective”, Hannover: Messe Conference Paper

Greengard, S. (2017). “*Nesnelerin İnterneti*”, İstanbul: Optimist Yayıncılık.

Gökşen Y. “Bilişimin yeni ufku: Büyük Veriler (Big Data)”, 27.12.2013, <http://kisi.deu.edu.tr/userweb/yilmaz.goksen/BigData.ppt> (15/11/2018)

Grunow, O. (2015). The Current State of Application Technologies Smart Factory and Industry 4.0. *Amerika Birleşik Devletleri: Studylab*

Güçlü, N. ve Sotirofski, K. (2016). “Bilgi Yönetimi”, *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, Sayı 4(4): 351-371.

Henry, A. “What Is ‘Lights Out’ Manufacturing?”, 19.03.2017
<http://epgi.com.au/what-is-lights-out-manufacturing/> (03/11/2018)

Hofmann, E. ve Rüşch M. (2017) , “*Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*”, *Computers in Industry*, Sayı:89 :ss. 23-34

Hoshino, S. ve Diğerleri. (2008). “*Development of a Flexible and Agile Multi-robot Manufacturing System*”. *IFAC Proceedings*, Sayı: 41(2): ss. 15786-15791.

Hu, F. ve diğerleri. (2016). “*Robust Cyber-Physical Systems: Concept, Models and Implementation*”, *Future Generation Computer Systems*, Sayı: 56, ss. 449-475.

Jessup L.M . ve Valacich J.S. (2003), *Information Systems Today*, New Jersey: Prentice Hall.

Kahraman H. “Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)” 31.03.2016,
<https://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/> (15/11/2018)

Kagermann H. ve diğerleri.(2013), “Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0”, Frankfurt : Forschungsunion.

Kagermann H. ve diğerleri. (2015), “*Captive is no alternative*”. VDI Nachrichten, Sayı:16.

(<https://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Abschotten-Alternative>)

Laudon K.C and Laudon J.P. (2006), *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, New Jersey: Prentice Hall.

Lee, J. ve diğlerleri. (2015). “A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems”, *Manufacturing Letters*, Sayı: 3: ss. 19.

King, B. (2016). *Augmented (Artırılmış Gerçeklik)*, İstanbul: MediaCat Yayınları,

Lahdherr, M. ve diğlerleri. (2016). “The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven manufacturing, research and development”, *Procedia CIRP*, Sayı:57 : ss. 26-31

Lahiri, S. (2005). *RFID: A Technology Overview*, Amerika: IBM Press.

Lucke D. ve diğlerleri (2014). “Strukturstudie - Industrie 4.0 für Baden-Württemberg”. Stuttgart: Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation.

Maraşlı, F. Ve Çıbuk M. (2015), *RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları*, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Sayı:4(2): ss. 249-275

Miller B. Ve Dale C. (2012), “A Survey of SCADA and Critical Infrastructure Incidents”, RIIT '12 Proceedings of the 1st Annual conference on Research in information technology, ss. 51-56

Nemati, H. R. ve diğlerleri. (2002). “Knowledge Warehouse: An Architectual Integration of Knowledge Management, Decision Support, Artificial Intelligence and Data Warehousing”, *Decision Support Systems*, sayı 33(2): 143-161.

Noël, M ve diğlerleri. (2007). “Tool planning for a lights-out machining system”. *Journal of Manufacturing Systems*, Sayı: 26, 161-166.

ODTÜ, “Orta Doğu Teknik Üniversitesi IPv6 bilgilendirme sayfası”, 2011,
<https://ipv6.metu.edu.tr/tr> (24.11.2018)

Öğüt, A. (2012). *Bilgi Çağında Yönetim*, Ankara: Nobel Yayınları.

Özdoğan, O. (2017). Endüstri 4.0, İstanbul: Pusula Yeni Ufuklar Yayınları.

Özdemir, D. ve diğerleri, (2017), “Rfid Kart Sistemi İle Personel Odası, Sınıf Ve Laboratuvar Giriş Kontrolü”, Burdur: Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal Ve Teknik Bilimler Kongresi

Özen, Ü. (2015). *Yönetim Bilişim Sistemleri*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.

Özsoylu, A.F. (2017). “Endüstri 4.0”, *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, Cilt 21, Sayı:1: 41-64

RFID-Turkey, “RFID Teknolojileri”, <http://www.rfid-turkiye.com/>, (01.09.2018)

Rifkin, J. (2015). Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı, İstanbul: Optimist Yayınları.

Robinson, A. “7 Ways Augmented Reality in Manufacturing Will Revolutionize The Industry”, 30.01.2017,

<https://cerasis.com/2017/01/30/augmented-reality-in-manufacturing/> (25.11.2018)

Sarıhan, H. (1999), *Teknoloji Yönetimi*, İstanbul: Desnet Yayınları.

Schuster, E. Ve diğerleri. (2004). *Enabling ERP Through Auto-ID Technology*, San Francisco: Stanford University Press.

Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*, İstanbul: Optimist Yayınları.

SCM World. (2015). *Becoming a Smarter Manufacturer*, Amerika Birleşik Devletleri: SCM.

Shirley, D. ve diğerleri (1995). “*Electron Spectroscopy Into the Twenty-First Century*”, *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, Sayı:76: ss.1-7.

Stock T. ve Seliger G. (2016). “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0”, *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 536-541

Subirana, B.B. (2014).” Technologies for the next generation of production systems”, Graz: University of Technology Institute of Production Science and Management.

Tanık U.J., ve Begley A.(2014), “An Adaptive Cyber-Physical System Framework for Cyber-Physical Systems”, *Applied Cyber-Physical Systems*, New York: Springer: ss.125-140

Taylor, T. (2017). *The IT/OT Convergence - Bridging the Gap*, Avustralya: ABB.

Thames, L. Ve Schaefer, D. (2016). “*Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*”, *Procedia CIRP*, Sayı:52: ss. 12-17.

Tutar, H. (2010). *Yönetim Bilgi Sistemi*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Tunzelmann, N. V. (2003). “*Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions*”, *Structural Change and Economic Dynamic*, sayı 14: 365-384

Uyanık B. Karar Destek Sistemlerin Geliştirme Yaşam Döngüsü, 14.05.2016, <http://tusside.tubitak.gov.tr/sites/images/Tusside/bu-karar-destek-sistemlerin-gelistirme-yasam-dongusu.pdf> 06.09.2018

Weis, S. A. (2011). *RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications*, Amerika Birleşik Devletleri: MIT Press.

Wee, D. (2015), “Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector”, Amerika Birleşik Devletleri: McKinsey Digital Press.

Wegener, D. “Industry 4.0: Concept of the resilient factory”, 2014
http://www.awk-aachen.de/_C1257B97002C1799.nsf/html/en_baa6222ba575fe4cc1257c730043e2bb.html (01.09.2018)

Westkamper, E. Ve Jendoubi L. (2003). “Smart Factories - Manufacturing Environments and Systems of the Future” , Saarbruecken: International Seminar on Manufacturing

Wikipedia, “Operational Technology”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Operational Technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_Technology), (23.10.2018)

Yalçınkaya, Ş. “Robotlar ve Robotik Sistemler”, 2017,
<https://www.bilgiustam.com/robotlar-ve-robotik-sistemler/> (01.12.2018)

Yelis, B. “Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir?”, 22.06.2016,
<https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/> (15.11.2018)

Yıldız, A. (2018). “Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 22 (2): ss. 546~556

Yue, X. ve diğerleri. (2015), “Cloud,assisted industrial cyber-physical systems: An insight”, *Microprocessors and Microsystems*, Sayı: 39, ss. 1262-1270.

Yumurtacı S. ve Mert T. (2003) , “Robotik Kaynak Sistemleri Ve Geliştirme İstikametleri”, Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı , Ankara

EKLER

