



İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ

ANABİLİM DALI

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI

Endüstri 4.0 ve Tarım Politikaları

Yüksek Lisans Tezi

İlkim YÜKSEL

200003624

İstanbul, 2020



T.C.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ

ANABİLİM DALI

**SANAYİ POLİTİKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI**

Endüstri 4.0 ve Tarım Politikaları

Yüksek Lisans Tezi

İlkim YÜKSEL

200003624

Tez Danışmanı: Sabri ÖZ

İstanbul, 2020

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

Sanayi Politikaları ve Teknoloji Yönetimi Yüksek Lisans programı öğrencisi İlkin YÜKSEL'in,
Endüstri 4.0 ve Tarım Politikaları başlıklı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulu **23.06.2020** tarih
ve **2020-510/02** sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul
edilmiştir.

	<u>UNVANI, ADI SOYADI</u>	<u>ÜNİVERSİTE</u>
TEZ DANIŞMANI	: Dr. Öğr. Üyesi Sabri ÖZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi
JÜRİ ÜYESİ	: Doç. Dr. Mustafa Emre CİVELEK	İstanbul Ticaret Üniversitesi
JÜRİ ÜYESİ	: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Saim AŞÇI	İstanbul Medipol Üniversitesi

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup YÖK ve İTİCÜ Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamiyla uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesi'nin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.



ÖZET (ÖZ)

Bu araştırmada dördüncü sanayi devrimi olarak bilinen, 2011 yılında Almanya’da ortaya atılan Endüstri 4.0 kavramı, dünyanın sanayide ulaştığı ve içinde bulunduğu periyot üzerinde durulmuştur. Geçmişten günümüze gelen teknolojik gelişmelerin etkisiyle kas gücünün yerini giderek makineler almakta, insan yönetiminin yerini ise otomasyonlar almaktadır. Hızla tükenen dünya kaynaklarının en etkin şekilde kullanılması gerekliliği bir sistem oluşturulmasına bağlıdır. Bu sistem, dijitalleşen üretimle beraber minimum hata, maksimum verim ilkeleriyle hayata geçirilebilmektedir. Dolayısıyla sanayide ve diğer sektörlerde dijitalleşme gelecekte kaçınılmaz hale gelecektir. Bu çalışmada mevcut dünya düzeninde büyük ekonomiler ve gelişmekte olan ülkeler açısından Endüstri 4.0 uygulamaları ve gerekliliklerine değinilmiştir. ABD, Hollanda ve İsrail gibi dijital tarım sektörünün öncü ve etkin ülkelerinin başarıları incelenmiş, Türkiye ile karşılaştırılmıştır. Bu çerçevede Türkiye’nin tarım ve sanayi sektöründe mevcut durumuna ve gelecekte yapılabilecek teknolojik uygulamalara ışık tutulması amaçlanmıştır. Sanayi ve tarımın gelecekte yaşayabileceği muhtemel durumlar irdelenerek farkındalık sağlanması, üreticilerin de bu yeni kavrama adapte olabilmeleri için gelişmiş ülkelerde uygulanan örnekler ile bir yol haritası oluşturulması amaçlanmaktadır. Ayrıca metodoloji olarak literatür taraması kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ekonomik Entegrasyon, Endüstri 4.0, 4. Sanayi Devrimi, Tarım 4.0, Akıllı Üretim, Akıllı Fabrikalar, Dijital Dönüşüm, Akıllı Tarım, Hassas Tarım, Dijital Tarım

ABSTRACT

In this research, the term of Industry 4.0, known as the fourth industrial revolution in 2011 in Germany, was emphasized on the period which the world reached an placed in industry. With the effect of technological developments from past to the present, while machines take the place of manpower, automations take place of the human management increasingly. The necessity of using the rapidly depleted world resources in the most effective way depends on the establishment of a system. This system can be implemented with the principles of minimum error and maximum efficiency thanks to the digitalized production. Therefore, digitization in industry and other sectors will become inevitable in the future. In this study, Industry 4.0 practices and requirements are mentioned in terms of major economies and developing countries in today's world order. The achievements of the leading and effective countries of the digital agricultural sector such as the United States, Netherlands and Israel have been investigated and compared with Turkey. Within this scope, it is aimed to shed light on the current situation in Turkey's agricultural and industrial sectors and the technological applications that can be performed in future. It is intended to provide awareness by examining the possible situations that industry and agriculture may experience in the future, and to create a roadmap (method) with the examples applied in developed countries in order that producers can adapt this new concept. In addition, literature review was used as a methodology.

Keywords: Economic Integration, Industry 4.0, 4. Industrial Revolution, Agriculture 4.0, Smart Production, Smart Factories, Digital Transformation, Smart Agriculture, Precision Agriculture, Digital Agriculture

İçindekiler

ÖZET (ÖZ)	IV
ABSTRACT	V
1. GİRİŞ	1
2. ENDÜSTRİ 4.0	3
2.1.1. 1. Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)	4
2.1.2. 2. Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)	5
2.1.3. 3. Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)	5
2.1.4. 4. Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)	6
2.2. Dijital Dönüşüm	7
2.3. Endüstri 4.0'ın Doğuşu	8
2.4. Alman Stratejisi	9
2.5. Endüstri 4.0'ın Yapısı	10
2.6. Tasarım İlkeleri ve Hedefleri	12
2.7. Endüstri 4.0 ve Sanayi İlişkisi	16
2.8. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	20
2.8.1. Dikey ve Yatay Entegrasyon	21
2.8.2. Büyük Veri (Big data)	22
2.8.3. 3D Yazıcılar	23
2.8.4. Otonom Robotlar	24
2.8.5. Simülasyon	24
2.8.6. Arttırılmış Gerçeklik	25
2.8.7. Siber Güvenlik	26
2.8.8. Siber-Fiziksel Sistemler	27
2.8.9. IOT	27
2.8.10. Bulut Bilişim	28
2.8.11. Bilişsel Hesaplama	29
2.9. Endüstri 4.0'ın Etkileri	30
2.9.1. Endüstri 4.0'ın Günlük Hayata Etkileri	33
2.10. Work 4.0 Kavramı	36
2.11. Endüstri 4.0 ve Yeni Meslekler	41

2.12.	Endüstri 4.0 Uygulamaları	43
2.13.	Türkiye’de Endüstri 4.0	47
3.	TARIM 4.0	49
3.1.	Tarım’daki Devrim Aşamaları	53
3.1.1.	1. Tarım Devrimi (Tarım 1.0)	54
3.1.2.	2. Tarım Devrimi (Tarım 2.0)	54
3.1.3.	3. Tarım Devrimi (Tarım 3.0)	55
3.1.4.	4. Tarım Devrimi (Tarım 4.0)	56
3.2.	Tarım Sektörü	59
3.3.	Tarım Sektöründe Dijital Süreç	60
3.4.	Dijital Tarım.....	62
3.4.1.	Dijital Tarım Uygulamaları.....	63
3.4.2.	İHA’ların Tarımsal Amaçlı Kullanımı	66
3.4.3.	Dijital Tarımda Bulut Teknolojisi Kullanımı.....	68
3.4.4.	Topraksız ve İnsansız Tarım	71
3.4.5.	Dijital Tarım Yazılımları.....	73
3.5.	Dijital Tarımın Ekonomik, Sosyal Ve Politik Etkileri.....	75
3.6.	Dijital Tarımın Getireceği Sonuçlar.....	82
3.7.	Tarım 4.0 ve Yeni Meslekler	83
3.8.	Dünya Tarımında Endüstri 4.0 Devrimi.....	84
3.9.	Türkiye Tarımında Endüstri 4.0 Devrimi.....	86
3.10.	Türkiye’de Akıllı Tarım Örnekleri.....	88
4.	DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE TARIM POLİTİKALARI	92
4.1.	Genel Bakış.....	92
4.2.	Doha Round’u	94
4.3.	Türkiye’nin Tarım Politikaları	96
4.3.1.	Türkiye’de 1980 Öncesinde Uygulanan Tarım Politikaları	96
4.3.2.	Türkiye’de 1980-2000 Yılları Arasında Uygulanan Tarım Politikaları	97
4.3.3.	Türkiye’de 2000 Yılından Günümüze Kadar Uygulanan Tarım Politikaları	98
4.3.3.1.	Türkiye 10. Kalkınma Planı (2014-2018): Tarım Durum Analizi. Amaç ve Hedefler, Politikalar	99
4.3.3.2.	Türkiye 11. Kalkınma Planı (2019-2023): Tarım Amaç, Politika ve Tedbirler, Hedefler	102

4.4.	Dijital Tarım Uygulamaları Ve Ülke Örnekleri	104
4.4.1.	Amerika Birleşik Devletleri'nde Dijital Tarım	105
4.4.2.	Hollanda'da Dijital Tarım	108
4.4.3.	İsrail'de Dijital Tarım	110
4.4.4.	Türkiye'de Dijital Tarım	112
4.5.	Analizler.....	117
4.5.1.	Tarım 4.0 SWOT Analizi	117
4.5.2.	Tarım 4.0 PESTLE Analizi	120
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	122
	EKLER.....	125
	KAYNAKÇA.....	146

Şekiller Listesi

Şekil 1: Sanayi Devrimi'nin Tarihsel Süreci.....	4
Şekil 2: Endüstri 4.0 Mühendislik Eğitiminin Genel Çerçevesi	12
Şekil 3: Endüstri 4.0 Yol Haritasını Tanımlama Yaklaşımı.....	17
Şekil 4: Türkiye'nin Sanayi Sektöründe Dijital Teknoloji Kullanım Düzeyleri.....	18
Şekil 5: Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	21
Şekil 6: İot (Nesnelerin İnterneti) Değer Zinciri Katmanları	28
Şekil 7: Dijitalleştirme Endüstrisi İçin Ulusal Girişimlere Genel Bakış.....	40
Şekil 8: Tipik Tarım Faaliyeti Süreçleri.....	53
Şekil 9: Tarımda Yaşanan Devrimler.....	58
Şekil 10: Tarımsal İşlemleri Destekleyen Bilişim Teknolojileri Mekanizması	60
Şekil 11: Tarımda Teknoloji Gelişimi: Hassas Tarım.....	63
Şekil 12: MARDI'nın Hassas Tarım Ar-Ge Faaliyetleri İçin Teknoloji Haritası	65
Şekil 13: Tarım 4.0 Çerçevesi: Üretim Sistemindeki Otomasyon, Bağlantı ve İstihbarat Teknolojisi sütunları ile ilgili süreçlere göre sınıflandırılan veri akışı. (Teknoloji Sütunları: A = Otomasyon, C = Bağlantı, I = Zeka).....	66
Şekil 14: İHA'ların Tarımda Kullanıldığı Konular.....	67
Şekil 15: Tarımsal Bulut Modeli ve PDCA Döngüsü	69
Şekil 16: Bağlantılı Sürü Yönetimi.....	85
Şekil 17: Tarımda Teknolojik Dönüşüm.....	86
Şekil 18: Akıllı Tarım Örneği	87
Şekil 19: Nesnelerin interneti ile bir çiftlik IoT platformu yapan uygulama, OnFarm'ın işleyişi	88
Şekil 20: Dijital Tarım Pazarı Uygulaması (DİTAP).....	91
Şekil 21: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre Amerika Birleşik Devletleri'nin Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu.....	107
Şekil 22: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre Hollanda'nın Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu.....	109
Şekil 23: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre İsrail'in Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu.....	111
Şekil 24: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre Türkiye'nin Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu.....	113

Tablolar Listesi

Tablo 1: Bazı Büyük İşletmelerin Endüstri 4.0 Teknolojileri Uygulamaları	19
Tablo 2: Endüstri 4.0, Üretim Stratejisi Paradigmasını Değiştiriyor	32
Tablo 3: Endüstri 4.0'ın Alışılmış İş Kurallarını Değiştirmesi ve Sunacağı Yeni Avantajlar.....	33
Tablo 4: Avrupa'da Akıllı Üretimi ve ICT'yi Destekleyen Seçilmiş Girişimler	46
Tablo 5: Türkiye'nin Endüstri 4.0 Üstlenmesine Yaklaşımı	47
Tablo 6: Tarımı Etkileyen İtici Güçler ve İlişkili Mega Trendler	76
Tablo 7: Büyük Veri Uygulamalarının Akıllı Tarım Sistemlerindeki Örnekleri	82
Tablo 8: Tarımsal Yapı ve Gıda Güvenliğindeki Gelişmeler ve Hedefler	101
Tablo 9: Tarım Sektörü Hedefleri	104
Tablo 10: Küresel Rekabetçilik Endeksi Hesaplamasında Kullanılan Ana Bileşenlerde Türkiye'nin Sıralaması.....	114
Tablo 11: Tarımda Başarılı Ülke Örnekleri ve Türkiye Karşılaştırması (2016)	116
Tablo 12: ABD'nin HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı	125
Tablo 13: Hollanda'nın HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı (2016, Bin \$).....	130
Tablo 14: İsrail'in HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı (2016, Bin \$).....	137
Tablo 15: Türkiye'nin HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı (2016, Bin \$).....	142

Kısaltmalar Listesi

3D: (3 dimensional) - 3 boyutlu

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AIS: (Automatic Identification System) - Otomatik Tanımlama Sistemi

AMRC: (the Advanced Manufacturing Research Centre) - İngiltere İleri Üretim Araştırma Merkezi

Ar-Ge: Araştırma ve Geliştirme

BE: Belçika

CAD: (Computer Aided Design) - Bilgisayar Destekli Tasarım

CAM: (Computer Aided Manufacturing) - Bilgisayar Destekli İmalat

CAPEX: (Capital Expenditures) – Sermaye giderleri

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

CLAAW: (Meggitt's Closed Loop Adaptive Assembly Workbench) - Adaptif Kapalı Devre Montaj Tezgahı

CO2: Karbondioksit

CPS: (Cyber-Physical systems) - Siber-fiziksel sistemler

DE: Almanya

DTÖ: Dünya Ticaret Örgütü

ERP: (Enterprise Resource Planning) - Kurumsal Kaynak Planlama

EWS: (Early Warning System) - Erken uyarı sistemi

Fow: (Future of Work) – İşin geleceği

FR: Fransa

GATT: (General Agreement on Tariffs and Trade) – Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması

GHG: (Greenhouse Gas) - Sera gazı

GIS: (Geographic Information System) - Coğrafi Bilgi Sistemleri

GNSS: (Global Navigation Satellite System) – Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

GOÜ: Gelişmekte olan ülkeler

GPS: (Global Positioning System) - Küresel Konumlama Sistemi

GSYİH: Gayri safı yurt içi hasıla

GÜ: Gelişmiş ülkeler

Ha: Hektar

HMI: (Human-Machine Interface) - İnsan-Makine Arayüzü

HS: (Human-sourced) - İnsan kaynaklı

ICT: (Information and Communications Technology) - Bilgi iletişim teknolojisi

ILO: (International Labour Organization) - Uluslararası Çalışma Örgütü

Inc: (incorporated) - Anonim şirket

Iop: (Internet of People) – İnsanların interneti

Iot: (Internet of Things) – Nesnelerin İnterneti

IT: İtalya

İHA: İnsansız Hava Aracı

LRMB: (The Layered Reference Model of the Brain) - Beynin Katmanlı Referans Modeli

MARDI: (Malaysian Agricultural Research and Development Institute) – Malezya Tarım Araştırmaları ve Geliştirme Enstitüsü

MB: Megabayt

MES: (Manufacturing Execution System) – Üretim Yönetim Sistemi

MG: (Machine-generated) - Makine tarafından oluşturulan

Nbıot: (Narrowband Internet of Things) – Dar bantlı nesnelerin interneti

NIST: (National Institute of Standards and Technology) - Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü

OECD: (Organisation for Economic Co-operation and Development) - Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü/ İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı

PDCA: (Plan-Do-Check-Act) - Planla-Yap-Kontrol et-Harekete geç

PLC: (Programmable Logic Controller) - Programlanabilir Mantıksal denetleyici

PM: (Process-mediated) - Proses aracılı

RF: Radyo Frekansı

RFID: Radyo Frekansı Tanımlama

ROCE: (Return on Capital Employed) – Kullanılan sermayenin getirisi

Sms: (Short Message Service) - Kısa Mesaj Hizmeti

TAGEM: Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü

TMO: Toprak Mahsulleri Ofisi

TR: Türkiye

UAV: (Unmanned Aerial Vehicle) - İnsansız Hava Aracı

UK: Birleşik Krallık

USA: (United States of Amerika) - Amerika Birleşik Devletleri

USDA: (United States Department of Agriculture) – Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı

VRT: (Variable Rate Technology) - Değişken Oranlı Teknoloji

WCR: (The Working Capital Requirement) – İşletme Sermayesi Gereksinimi

Wi-Fi: (Wireless İnternet) - Kablosuz İnternet

WTO: (World Trade Organization) – Dünya Ticaret Örgütü

YY: Yüzyıl

1. GİRİŞ

Bu çalışmada Alman sanayi ekolü Endüstri 4.0, dünya ve Türkiye bazında incelenmiş, tarıma etkileri araştırılmıştır. Akıllı tarım, dijital tarım ve hassas tarım kavramlarının pek çok kaynakta aynı anlamda kullanıldığı görülmektedir. TARIM 4.0 başlığı altında bu kavramlar terminolojik olarak incelenmiş ve anlamları tek tek ele alınmaktadır.

Sürekli gelişen teknoloji sanayi sektöründe de dijitalleşmenin hızını arttırmaktadır. Dünyanın önde gelen ülkeleri 2011 yılı itibariyle Endüstri 4.0 adı altında sanayide teknoloji reformuna ayak uydurmuş, geliştirmeye devam etmektedir. Hemen her sektörde uygulanan dijitalleşme tarımda da yerini almıştır. Üretimde maksimum verim, minimum insan gücü ilkesiyle hareket eden Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0 kavramı beraberinde işsizlik sorusunu da doğurmaktadır. Ancak bu durum yeni iş kollarının doğuşunu da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0 kavramları incelenmiş, dünyada ve Türkiye’deki mevcut durum üzerinden analizleri yapılmıştır. Gelişmiş ülkelerin bu alandaki uygulamaları, Türkiye’nin mevcut durumu ve gelecekte sanayi ve tarım kapsamında nelerin beklediği konusuna ışık tutulması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada öncelikle Endüstri 4.0’ın gelişim aşamalarına değinilmiştir. 1. Sanayi devriminden 4. Sanayi devrimine geçişin detayları, 4. Sanayi devriminde yaşanan gelişmeler ve ortaya çıkan yeni kavramlar incelenmiştir. Endüstri 4.0’ın sektörlere etkileri, dijitalleşmeyle birlikte yaşanan sektörel değişimler gösterilmektedir.

Endüstri 4.0’ın insan hayatını doğrudan etkileyen en önemli konulardan biri olan tarıma etkileri üzerinde ayrıntılı olarak durulmuştur. Tarımsal faaliyetleri çağa uydurmak, hızla gelişen dünya düzeninde gereklilik haline gelmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde geleneksel tarım yerini hızla akıllı ve dijital tarıma bırakmaktadır. Dünya, sanayide dijitalizasyona nasıl hızla geçiş yapıyorsa tarım için de aynı durum söz konusudur. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler ile bu dönüşüme girmiş ülkelerin

kıyaslaması mevcuttur. Fakat Türkiye’de Tarım 4.0 konusunda henüz aktif bir faaliyet bulunmadığından şuan geliştirilmekte olan projeler üzerinden örnekler verilmiştir.

Araştırmada genel olarak Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0 üzerinde kavramsal bilgiler ve örnekler kullanılarak açıklanmıştır. Türkiye’nin, Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0 alanlarındaki gelişmeleri benimsemesi, yönetip uygulayabilmesi için bir metodoloji, yol haritası oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu tezde mevcut literatür, Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0’ın tanımı ve gelecekteki vizyonu temelinde gözden geçirilmiştir. Veri tabanları arasında; Ulusal Tez Merkezi, Google Academics, Google Scholar, Google Books, Dergipark, ResearchGate, Springerlink vb. gibi akademik arama motorları bulunmakta ve özetle belirtilen anahtar kelimeler kullanılarak buralardaki bilimsel makale ve tezlerden yararlanılmıştır. Ağırlıklı olarak Endüstri 4.0 teriminin doğuşu kabul edilen 2011 yılı ve sonrası kaynaklardan yararlanılmış, terminolojik ve kavramsal örnekler bakımından daha eski kaynaklara da başvurulmuştur. Tablo ve grafikler ise orijinallerinden Türkçe’ye çevrilmiş ve yorumlanmıştır.

2. ENDÜSTRİ 4.0

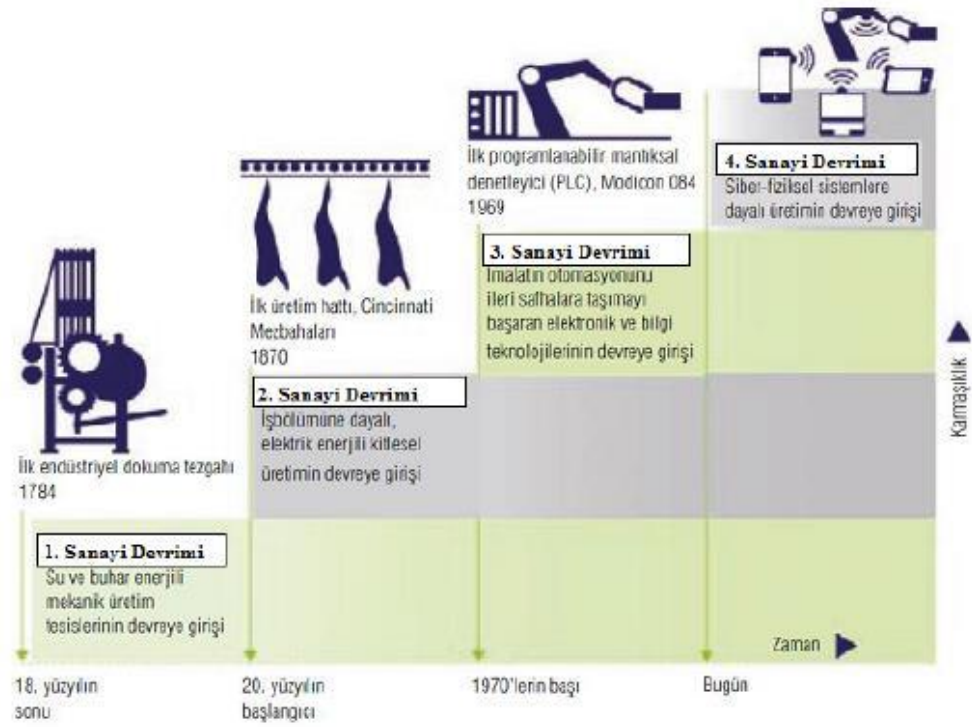
Endüstri 4.0 kavramının kökleri Alman sanayiine dayanmaktadır. Temel amacı; Nesnelerin İnterneti'ni (IoT) ve İnsanların İnterneti'ni (IoP) üretim ortamına entegre etmektir. Endüstri 4.0'ın vizyonu; üretim sanayisi içindeki kuruluşların işlevlerini etkileyen, birbiriyle iletişim kurabilen, birbirleriyle bilgi paylaşabilen siber-fiziksel sistemler (CPS) şeklinde küresel kapsamda makine, fabrika ve depo ağları oluşturmaktır (Gilchrist, 2016).

Bir diğer ifadeyle; siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve bilişsel bilgiyi içermekle birlikte üretim teknolojilerinde mevcut olan otomasyon ve veri alışverişi eğilimine “Endüstri 4.0” ismi verilmektedir. Endüstri 4.0, Sanayi 4.0 ve bazen dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılabilir (Marr, 2018).

Endüstri 4.0 terim olarak dördüncü sanayi devrimi anlamına gelmektedir. “Endüstri 4.0” terimi, I4.0'a veya kısaca I4'e kısaltılmış, Alman hükümetinin yüksek teknolojlili stratejisinde yer alan ve üretimin bilgisayarlaşmasını destekleyen bir projeden kaynaklanmıştır (BMBF-Internetredaktion, 2016).

Endüstri 4.0 ayrıca "akıllı fabrika" olarak da bilinen kavramı ortaya çıkarmaktadır. Akıllı modüler fabrikalarda, siber-fiziksel sistemler, fiziksel süreçleri izlemekte ve fiziksel dünyanın sanal kopyasını oluşturarak merkezi olmayan kararlar alınmaktadır. Nesnelerin İnterneti aracılığıyla siber-fiziksel sistemler, değer zincirindeki katılımcılar tarafından sunulan ve kullanılan dahili ve kurumsal hizmetler arasında eş zamanlı olarak hem birbirleriyle hem de insanlarla iletişim kurmakta ve işbirliği yapmaktadır (Hermann, 2016).

Endüstri 4.0, endüstriyel üretim değer zincirlerini ve iş modellerini (örneğin “akıllı fabrika”) radikal bir şekilde dönüştürecek yeni bir teknolojik çağa yol açmak için gömülü sistem üretim teknolojileri ile akıllı üretim süreçlerini birleştirmektedir (Headquarters, 2014).



Şekil 1: Sanayi Devrimi'nin Tarihsel Süreci

Kaynak: (Kagermann H. W., 2013)

Endüstriyel olarak ilk kez 18. yüzyılda buhar makinelerinin icadı ile başlayan ve üretimi artırmayı amaçlayan İlk Sanayi Devrimi (Sanayi 1.0) ve bunu 20. Yüzyılın başlarında seri üretime geçiş olarak görülen İkinci Sanayi Devrimi (Sanayi 2.0) izlemiştir ve elektrik enerjisinin kullanımına zemin hazırlamıştır. Daha sonra, üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0) ile üretim sistemleri analog ve dijital sistemler olarak sanayide yer almıştır (Can, 2016), (Sayer, 2014), (Yang, 2017).

2.1.1. 1. Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

1800'lü yıllarda üretimde çalışan işçilere yardımcı olmak için su ve buharla çalışan makineler geliştirilmiştir. Bu buharlı makinelerin üretim yetenekleri arttıkça sayıları da arttırılmıştır (Crandall, 2017).

Sanayi Devrimi'nin bu ilk dönemi, insan yerine makineler kullanılarak yapılan yeni üretim sistemi 1760'dan 1830'a kadar uygulanmaya devam etmektedir (Baten, 2016). İlk sanayi devriminin temel sonuçları aşağıdaki faydaları sağlamaktadır (Sussman, 2009);

- Tekstil endüstrisinde, buharla çalışan pamuklu iplik eğirme makineleri kullanılarak fabrikaların üretimi ve verimliliği büyük ölçüde artmıştır.
- Kömürün yakıt olarak kullanılmasıyla demir üretim maliyeti azalmıştır.

2.1.2. 2. Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

“Teknolojik devrim” olarak da bilinen 2. Sanayi Devrimi, 19. yüzyılın sonlarından 20. yüzyılın başlarına dek sürmüştür (William, 2012).

Endüstri 1.0 ile Endüstri 2.0'ın temelleri atılmıştır. Diğer bir deyişle, Endüstri 2.0, Endüstri 1.0'ın fikirleri ve icatları üzerine kurulmuştur. İkinci sanayi devriminin en dikkat çeken özellikleri; elektrik ve elektrik kaynaklı ışığın kullanımı, otomatik sinyaller, inşaatta çelik kullanımı şeklindedir (Stephanie, 2013).

20. yüzyılın başından itibaren elektriğin birincil güç kaynağı haline gelmesiyle ve kullanımının su ve buhardan daha kolay olmasıyla, işletmelerin güç kaynaklarının bireysel makinelere aktarması sağlanmıştır. Böylece makineler kendi kendilerine yetebilecek güç kaynakları ile tasarlanarak daha portatif olarak taşınabilir hale getirilmiştir (Crandall, 2017).

2.1.3. 3. Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

20. yüzyılın son yıllarında, transistörler ve daha sonra entegre devre yongaları gibi elektronik cihazların icadı ve üretimi, operatörleri desteklemek veya değiştirmek için

tek tek makinelerin tamamen otomatikleştirilmesine imkan sağlamıştır. Bu dönem ayrıca elektronik donanımlardan yararlanabilmek için yazılım sistemlerinin geliştirilmesini beraberinde getirmiştir. Malzeme ihtiyaçlarının planlanması gibi entegre sistemlerin yerini, insanların fabrikadaki ürün akışlarını planlama ve izleme olanağı sağlayan kurumsal kaynak planlama araçları almıştır. Maliyet düşürücü baskı, birçok üreticinin bileşenlerini ve montaj operasyonlarını düşük maliyetli ülkelere taşımasına neden olmuştur. Coğrafi dağılımın genişlemesiyle ve tedarik zinciri yönetimi kavramının formelleştirilmesiyle sonuçlanmıştır (Crandall, 2017).

2. Dünya Savaşı'ndan sonra, dijital teknolojinin geliştiği ve Endüstri 3.0'ın temellerini attığı zamandır. Bu aşamada sanayi dijitalleşmeye başlamıştır. Başlıca gelişmeler mekanik hesap makinesi, bilgisayarlar, iletişim teknolojilerinin gelişimi, süper bilgisayar gibi cihazların icat edilmesidir. Üretim süreçleri içerisinde, bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin kullanımıyla günlük yaşama daha ufak, daha kullanışlı ürünlerin girdiği görülmüştür (Kharb, 2018).

2.1.4. 4. Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

4. nesil sanayi devrimi, dijital dönüşümü akıllı üretim ile birleştirerek siber-fizik sistemlere yol açmaktadır. Bu devrimden etkilenebilecek başlıca endüstriler; petrol ve gaz, lojistik, kimya, enerji, madencilik, akıllı şehirler vs.'dir (Kagermann H. W., 2012).

21. yüzyılda Endüstri 4.0, sistemleri paylaşmak, bilgileri analiz etmek ve akıllı eylemlere rehberlik etmek amacıyla Nesnelerin İnterneti'ni (IoT) kullanmalarını sağlamak için üretim tekniklerini birleştirir. Deloitte University Press'in “Endüstri 4.0 ve Üretim Eko-sistemleri” başlıklı makalesine göre, üretim hem robotik, yapay zeka hem de diğer bilişsel teknolojilerle, gelişmiş gereçler ve artırılmış gerçeklik gibi en yeni teknolojileri de içerdiği belirtilmektedir. Yeni teknolojinin geliştirilmesi, Endüstri 4.0'a geçişin ana itici gücü olmuştur. Üretim yürütme sistemleri, atölye kontrolü ve ürün yaşam döngüsü yönetimi gibi ilk olarak 20. yüzyılın ilerleyen yıllarında geliştirilmiş programlardan birkaçı, tam olarak uygulanmasını sağlayacak teknolojiye sahip olmayan

kavramlardır. Endüstri 4.0 artık bu programların tam potansiyellerine ulaşmalarına yardımcı olabilmektedir (Crandall, 2017).

Günümüzde dünya; imalattan, üretime kadar neredeyse tüm endüstrilerin etkilendiği ve manuel üretimden tam otomatik kontrole doğru ilerlediği bir duruma gelmiştir. Mevcut endüstri 4.0 dönemi en yaygın şekilde endüstriyel internet olarak adlandırılmaktadır ve bu akıllı üretim döneminin endüstri 5.0'a doğru kısa bir süre içinde geçeceği ön görülmektedir (Kharb, 2018).

2.2. Dijital Dönüşüm

Bu kavram, toplumun tüm alanlarında uygulanan dijital teknolojilerin değişikliklerini ifade etmektedir.

- Endüstri 4.0, dijital dönüşümde uygulanan kavramların endüstriyel uygulamasıdır ve temel unsurlar şu şekildedir;
 - Gerçek zamanlı yeteneğe sahip eksiksiz bağlantı
 - Merkezi olmayan, akıllı ve kendini optimize eden, organize eden
 - Modüler ve yeniden yapılandırılabilir,
- Endüstri 4.0 etkisinin değerlendirilmesi, dijital dönüşümden ve imalat endüstrisinin özelliklerinden analogiler¹ almalıdır.
- Tüketim malları sektöründeki dijital dönüşüm endüstriyel uygulamadan çok daha ileridir (Schober, 2017).

¹**Analoji:** Kimi ortak yönleri bulunan iki şey arasındaki benzeşme.

2.3. Endüstri 4.0'ın Doğuşu

Endüstri 4.0, Alman Hükümeti tarafından ilk kez 4. Sanayi devriminin başlangıcı olarak 2011 yılında Hannover Fuarı'nda ilan edilmiştir (Ustundag, 2018). Bitkom, VDMA, ZVEI'nin (Bitkom, VDMA, ZVEI, 2016) raporunda da açıkladığı gibi, Endüstri 4.0 terimi, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca tüm değer akışının organizasyonu ve kontrolünde bir sonraki aşama olan dördüncü sanayi devrimini ifade etmektedir. Bu döngü, giderek bireyselleştirilmiş müşteri isteklerine dayanmaktadır ve fikir, sipariş, geliştirme, üretim ve son müşteriye teslimattan, geri dönüşüm ve ilgili hizmetlere kadar uzanmaktadır.

Endüstri 4.0 terimi, mekanizasyon ve otomasyon, dijitalizasyon, ağ oluşturma ve minyatürizasyon dahil olmak üzere çok çeşitli kavramları karşılamaktadır (Lasi, 2014).

İlk sanayi devriminde endüstri, su ve buharlı üretim mekanizmasına dayalıyken, bunu ikinci sanayi devrimi elektrik enerjisi ile izlemektedir. Daha sonra dijital devrim olarak bilinen üçüncü sanayi devrimi ortaya çıkmış ve elektronik kullanım artmıştır (Şahin A., 2017).

Endüstri 4.0, şu anda imalat mühendisliği sektöründe devrim yaratan endüstriyel BT²'de öncü bir rol üstlenmesi için Alman stratejik girişimidir. Endüstri 4.0'ın asıl stratejisi, Almanya'nın küresel olarak rekabet edebilecek yüksek ücretli bir ekonomi olarak kalmasını sağlayacaktır. Almanya lider tedarikçi konumunu geliştirme ve Endüstri 4.0 çözümleri için lider pazar olma potansiyeline sahiptir. Böylece Alman ekonomisini

² Bilgi Teknolojileri

güçlendirir, uluslararası işbirliğini arttırır ve yeni, internet tabanlı pazarlar yaratmaktadır (GTAI, 2016).

2.4. Alman Stratejisi

Almanya'nın Endüstri 4.0 stratejisinde belirttiği özellikler; yüksek esneklikteki seri üretim koşulları ile üretilen ürünlerin güçlü bir şekilde özelleştirilmesi (Garbee, 2016), gerekli otomasyon teknolojisinin gittikçe karmaşılaşan işlerinde öz-optimizasyon, öz-yapılandırma, öz-teşhis, biliş ve akıllı destek yöntemlerinin getirilmesiyle geliştirilmesi şeklindedir (Jürgen & Oliver, 2012).

Almanya'da kurulan piyasa sistemi ile şu anda yılda yaklaşık 20 milyar € üretilmektedir. Sadece uygulama endüstrisi yıllık 4 milyar € ciro üretmekte ve tahmini katma değer faktörü yaklaşık 15 milyar € 'dur. Bu nedenle, Almanya'nın yerleşik sistem pazarı, ABD ve Japonya'nın arkasında dünyanın üçüncü büyük pazarıdır.

Almanya'nın Yüksek Teknoloji Stratejisi'nde belirlediği hedefleri, Temmuz 2010'da başlatılan "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020" başlığında incelenmiş ve genişletilmiştir. Bu yüksek teknoloji stratejinin ilk başarılarına dayanan bu halef girişimi; lider pazarlar yaratmayı, bilim ve endüstri arasındaki ortaklığı daha da yoğunlaştırmayı ve inovasyon için genel koşulları iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020, Almanya'yı aşağıdaki alanlarda bilim ve teknoloji tabanlı çözümlerin lideri yapabilmek için oluşturulmuştur (Bunse, 2014):

- İklim / Enerji
- Sağlık / Beslenme
- Hareketlilik

- Güvenlik
- İletişim

2.5. Endüstri 4.0'ın Yapısı

Endüstri 4.0'ın dört karakteristik özelliği vardır. Bunlar (Nyeki, 2017);

1. Akıllı üretim sistemlerinin dikey entegrasyonu: Esasında Endüstri 4.0 temelli akıllı fabrikalar tamamen bağımsız olarak çalışamaz, akıllı ürünler ile diğer akıllı üretim sistemlerinin ağ ile bağlı olmasına ihtiyaç duymaktadırlar. Dikey ağ oluşturmanın amacı; akıllı fabrikaların ve üretim tesislerinin talep, stok seviyeleri, makine hataları, öngörülemeyen gecikmeler gibi değişkenlere ve etkenlere hızlı, doğru ve pratik bir şekilde cevap vermesini sağlayan siber-fiziksel üretim sistemlerinin (CPPS) kullanımıdır.

2. Küresel değer zinciri ağları aracılığıyla yatay entegrasyon: Değer yaratan ve arttıran ağların kurulması ve bakımı entegrasyon ile kolaylaşacaktır. İş ortakları ile müşteriler arasındaki ilişki, yatay entegrasyondan bahsederken ilk akla gelen ilişkidir. Ayrıca yatay entegrasyon küresel bir ağ oluşturabilir, yeni iş modellerinin ülkeler, hatta kıtalar arasındaki entegrasyonunu sağlayabilir.

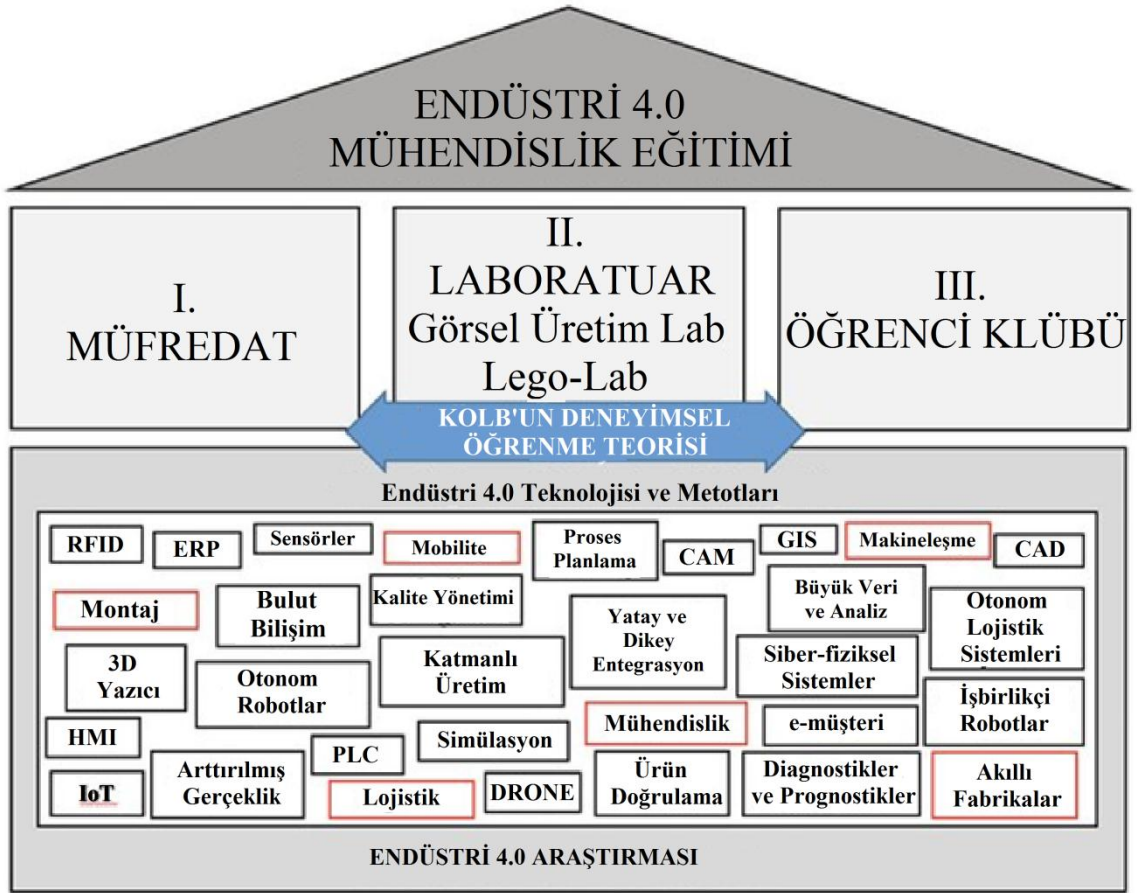
3. Tüm değer zinciri boyunca mühendislik: Ürünün bütün yaşam döngüsü boyunca üretimden son tüketimine kadar endüstrideki tüm değer zinciri mühendislik becerisine tabidir. Örneğin; tekstil imalatı gibi sektörlerde mühendislik hizmeti sayesinde sadece üretim prosesine odaklanılır, ürünün üretimi, satışı, tedariği unutulur. Oysaki mühendislik tüm aşamalarda etkin bir rol üstlenmektedir.

4. İmalatın hızlandırılması: Özellikle imalat ile ilgili olan iş operasyonları, yenilikçi ve pahalı olmayan birçok teknolojiye dayanmaktadır.

Endüstri 4.0 ile hedeflenen; modüler yapılara sahip akıllı fabrikaların ulaşabileceği siber-fiziksel sistemlerle fiziksel süreçleri izlemek, fiziksel dünyanın sanal kopyasını oluşturmak ve merkezi olmayan kararlar almaktır. Siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin interneti birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurabilecek ve çalışabileceklerdir. Nesnelerin İnterneti ile değer zinciri kullanıcıları kurum içi ve kurumlar arası örgütsel hizmetler sunacak ve değerlendirecektir (Kesayak B. , 2019).

Türk-Alman Üniversitesi ise Şekil 2’de görüldüğü üzere Endüstri 4.0 mühendislik eğitiminin aşamalarını Kolb’un Deneyimsel Öğrenme Teorisi³ kapsamında geliştirmiş, aşamalara ayırmıştır (Gencay, 2019);

³ **Kolb'un deneyimsel öğrenme teorisi (ELT)**, 1984 yılında modelini yayınlayan David A. Kolb tarafından geliştirilen bir öğrenme teorisidir. Berlin’de bir gestalt psikoloğu Kurt Lewin’in çalışmalarından esinlenmiştir. ELT, bir kişinin becerilerinin ve iş ihtiyaçlarının ölçülebileceği bir dilde değerlendirilebildiği bir yöntemdir (Sims, 1983). Kolb'un deneyimsel öğrenme teorisi iki düzeyde çalışır: dört aşamalı bir öğrenme döngüsü ve dört ayrı öğrenme stili. Kolb'un teorisi, deneyim, algı, biliş ve davranış içeren bütünsel bir bakış açısına sahiptir (Lu, 2007).



Şekil 2: Endüstri 4.0 Mühendislik Eğitiminin Genel Çerçevesi

Kaynak: (Gencay, 2019)

2.6. Tasarım İlkeleri ve Hedefleri

(Hermann, 2016)'a göre Endüstri 4.0'da dört tasarım ilkesi vardır. Endüstri 4.0 senaryolarını belirleme ve uygulamada şirketleri desteklemekte olan bu ilkeler;

1. **Arabağlantı:** Kablosuz iletişim teknolojisi, İnsanların İnterneti (IoP)⁴ ya da Nesnelerin İnterneti (IoT)⁵ özellikleri sayesinde, yapılacak olan işlemlerin etkinliği ve verimliliği açısından izlemekle görevli kişilere makine, sensör ve diğer cihazların bağlanabilmesi olarak tanımlanmaktadır.
2. **Bilgi şeffaflığı:** Endüstri 4.0 teknolojisinin beraberinde getirdiği şeffaflık sayesinde, operatörlere doğru kararları vermeleri için gereken birçok faydalı bilgiyi sağlamaktadır. Ara bağlantı, operatörlerin üretim sürecinin tüm noktalarından çok miktarda veri ve bilgi toplamasına ve işlevselliğine yardımcı olmakla birlikte, yenilik ve iyileştirmeden yararlanabilecek kilit alanları belirlemektedir.
3. **Merkezi Olmayan Kararlar:** Arabağlantı ve bilgi şeffaflığı kavramları, operatörlerin üretim tesisleri içinde ve dışında karar vermelerine olanak sağlamaktadır. Lokal ve global bilgileri aynı anda bir araya getirme yeteneği, daha iyi kararlar almaya ve genel verimliliği artırmaya yardımcı olmaktadır
4. **Teknik Destek:** Endüstri 4.0 teknolojisi ile insanın rolü bir makine operatörü ile problem çözücü ve karar vericiye yönlendirilir. Yardım sistemleri, acil sorunları hızlı bir şekilde çözmek için bilinçli kararlar alması gereken operatörlere yardımcı olmak üzere tasarlanmıştır (Bonner, 2017).

⁴**İnsanların İnterneti (IoP):** Internet of People; insanların profillerini, itibarlarını ve kimlik bilgilerini barındıran birbirine bağlı eşler arası ağlardan oluşan açık bir sosyal grafiğe sahip, açık kaynaklı ve merkezi olmayan bir teknoloji altyapısıdır. İnsanların profillerinin ortak bir anahtarla tanımlandığı ve profil ilişki bağlantıları ile birbirine bağlandığı insanlara doğrudan erişim kanalı sağlayan bir bilgi alanı olarak kabul edilebilir.

⁵**Nesnelerin İnterneti (IoT):** Internet of Things; internet bağlantısının fiziksel cihazlara ve günlük nesnelere genişletilmesidir. Elektronik, İnternet bağlantısı ve diğer donanım türleriyle (sensörler gibi) yerleşik olan bu cihazlar İnternet üzerinden başkalarıyla iletişim kurabilir ve etkileşime girebilir ve uzaktan izlenebilir ve kontrol edilebilir.

(Gilchrist, 2016) ise, üretim süreçleri için otomasyon veya dijitalleştirme çabalarında ve üreticiler tarafından kullanılan 6 tasarım ilkesinin mevcut olduğunu ifade etmektedir.

Bunlar aşağıdaki gibidir:

1. Birlikte çalışabilirlik

Üretim süreci önceden belirlenmiş bir dizi yöntem veya adım izlememektedir. Yalnızca doğrudan dahil olan kişileri, makineleri ve işlemleri içermektedir. Birlikte çalışabilirlik, tüm bileşenler arasında sorunsuz etkileşim ve esnek işbirliği gerektirmektedir.

Örneğin, montaj istasyonları, oluşturulan ürünlerden veya üzerinde çalışan insanlardan ayrı değildir. Birlikte çalışabilirlik, tüm bileşenlerin Nesnelerin İnterneti üzerinden bağlanma, iletişim kurma ve birlikte çalışma yeteneğini ifade eder. Buna insanlar, akıllı fabrikalar ve ilgili teknolojiler dahildir.

2. Sanallaştırma

Gerçek süreçlerin ve makinelerin izlenmesi, fiziksel dünyada gerçekleşir ve geri bildirim alınan sensör verileri, simülasyonla oluşturulan sanal modellere bağlanır. Süreç mühendisleri ve tasarımcıları, sanallaştırdıkları fiziksel işlemleri etkilemeden, değişiklikleri veya güncellemeleri tamamen ayrı ayrı özelleştirebilir, değiştirebilir ve test edebilmektedir.

Endüstri 4.0 tesisindeki üreticiler, mevcut süreçleri ve ürünleri büyük ölçüde iyileştirmek, ürün geliştirme ve modellemeyi azaltmak, bir üretim süreci oluşturmak ve böylece yeni ürünler üretim süresini kısaltmak için akıllı fabrikanın "sanal ikizini" yaratabileceklerdir.

3. Yerinden yönetim

Endüstri 4.0, akıllı fabrikadaki farklı sistemlerin kararlarını tek bir örgütsel hedefe sapmadan, bağımsız olarak vermelerine olanak sağlayarak tek merkeziyetçiliği desteklemektedir.

4. Gerçek zamanlı kapasite

Endüstri 4.0 çabaları aynı zamanda her şeyi gerçek zamanlı yapmaya odaklıdır. Bu da üretim süreci, veri toplama ve proseslerin geri bildirimi ve izlemesinin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesini gerektirmektedir.

5. Servis yönlendirmesi

Nesnelerin İnterneti, başkaları tarafından kullanılabilecek hizmetler sağlamaktadır.

Bu nedenle akıllı fabrikalar iç ve dış hizmetlere ihtiyaç duymaya devam edecektir. Bundan dolayı Nesnelerin İnternet'i Endüstri 4.0'ın önemli bir bileşenidir.

6. Modülerlik

Esneklik ise Endüstri 4.0'ın bir diğer tasarım prensibidir. Bu nedenle akıllı fabrikalar değişken koşullara ve ihtiyaçlara rahatlıkla uyum sağlayabilirler. Akıllı fabrika, modüler ve çevik ürünler, üretim sistemleri ve hatta konveyör bantlar tasarlayıp inşa ederek esnek ve üretimde değişebilir. Üreticiler, tek tek ürün hatlarının diğer ürünlere veya üretim süreçlerine en az kesintiyle geliştirilmesini, genişletilmesini veya değiştirilmesini sağlayabilmektedir (Gilchrist, 2016).

Endüstri 4.0, yeşil yani ekolojik üretim süreçlerini, ekolojik tedarik zinciri yönetimini ve organik ürünlerle çevresel bakımdan sürdürülebilir üretimi düşündürmektedir (De Sousa Jbbour, 2018).

2.7. Endüstri 4.0 ve Sanayi İlişkisi

Endüstri 4.0, batı ülkelerinde sahip olunan yüksek teknolojileri, rekabetçi bir avantaja dönüştürmelerine neden olacak üç ana öğeye dayanmaktadır. Birincisi, bir ürünü çok seri bir şekilde pazara sunmaktır. Seri inovasyon döngüsü ile bu durum mümkün kılınmaktadır.

İkincisi, seri üretime karşı bir koz olabilecek olan kişisel üretimdir. Günümüzün tüketici kültürü, bireyselliği vurgulayan kişiselleştirilmiş ürünleri ön plana çıkarmaktadır. Kişiselleştirilmiş ürünlerin aynı üretim hattından, aynı hızda çıkarılmasını sağlayacak dijitalleştirilmiş ve karmaşık iş süreçleri, Endüstri 4.0'daki en önemli yeniliklerden biri olarak vurgulanmaktadır.

Üçüncü olarak ise, bu dijital dönüşüm hareketi ile üretim tesislerine muazzam bir verimlilik gelecektir. Endüstri 4.0 ile fabrikalar tamamen dijitalleştirildiğinde, üretimde insan hataları ortadan kalkacak, maliyetler azalacak ve daha verimli üretim süreçleri sağlanacaktır (Şahin A. , 2017).

Roland Berger, Endüstri 4.0 vizyonunu, önceliklerini tanımlamak ve kişiye özel bir yol haritası geliştirmek için 4 adımlı bir yaklaşım önermektedir. Bu yaklaşım Şekil 3'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3: Endüstri 4.0 Yol Haritasını Tanımlama Yaklaşımı

Kaynak: (Schober, 2017)

Sanayi sektörünün Türkiye’de, dijital teknolojilerin kullanım düzeyleri Endüstri 4.0 kapsamında Şekil 4’te görüldüğü gibidir. Tabloda da görüldüğü üzere siber güvenlik öğeleri özellikle benimsenmektedir. Robotik ve otomasyon sistemleri ve sensörler yaygın kullanılırken, büyük veri ve analizleri pilot proje aşamasındadır. Bulut ve endüstriyel internetinin farklı aşamalarda ve farklı ağırlıklarda kullanılmasına rağmen, yapay zeka ve akıllı sistemler, artırılmış gerçeklik, eklemeli üretim ve simülasyon gibi unsurların henüz kullanılmadığı görülmektedir (Cebeci, 2018).



Şekil 4: Türkiye'nin Sanayi Sektöründe Dijital Teknoloji Kullanım Düzeyleri

Kaynak: (Türkiye Sanayici ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD), 2017)

(Tekin Z. , 2018)'ın yaptığı araştırmada ise Endüstri 4.0 devrimini uygulayan işletme ve sanayilerin Endüstri 4.0 teknolojilerini ve bileşenlerini uygulayışları kriterleriyle birlikte Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Bazı Büyük İşletmelerin Endüstri 4.0 Teknolojileri Uygulamaları

KRITERLER	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) Teknoloji Kullanımı									
Nesnelerin İnterneti	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Bulut Bilişim Sistemi	Var	-	Var	-	Var	-	Var	Var	-
Akıllı Fabrikalar	Var	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	-
Arttırılmış Gerçeklik	Var	-	-	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Yapay Zeka	Var	-	-	-	Var	-	-	Var	-
Sistem Entegrasyonu, Dikey Ve Yatay Entegrasyon	Var	-	-	-	Var	-	-	Var	Var
Siber-Fiziksel Sistemler, Siber Güvenlik	Var	-	-	-	Var	-	-	Var	Var
Simülasyon	-	Var	-	Var	Var	Var	Var	Var	-
Dijital Girişim Yazılım Paketi	Var	Var	-	Var	Var	Var	-	Var	-
Sensörler Ve Proses Enstrümantasyonu	Var	Var	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Radyo Frekansı İle Tanımlama	Var	-	-	-	Var	-	-	Var	-
Büyük Veri Ve Veri Analitiği	Var	-	Var	-	Var	Var	Var	Var	Var
Katkı Üretim, 3d Yazıcı Kullanımı	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	-
Akıllı/İşbirlikçi Robot Kullanımı	Var	-	-	-	Var	-	Var	Var	-

KRITERLER	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2) İşletme Avantajı									
Maliyet Düşürme	Var	Var	-	Var	Var	-	-	Var	-
Katma Değeri Yüksek İnsan Odaklı Bir Yapı	Var	-	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Sürdürülebilir Üretim	Var	Var	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Performans Artışı	Var	-	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Verimlilik Artışı(Enerji Vb.)	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	-
Yatırım Artışı	Var	-	-	Var	Var	-	-	Var	-
Hızlı/Esnek Üretim/ Pazara Hızlı Yanıt Verebilme	Var	Var	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Hızlı Prototipleme	Var	Var	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Farklı Ve Kaliteli Üretim	Var	Var	-	Var	Var	-	Var	Var	-
Etkin Tedarik Zinciri Yönetimi	Var	Var	-	Var	Var	-	Var	Var	-

1)KUKA, 2)ARBURG, 3)INTEL, 4)FESTO, 5)BOSCH, 6)CATERPILLAR, 7)BMW, 8)SIEMENS, 9)ATOS

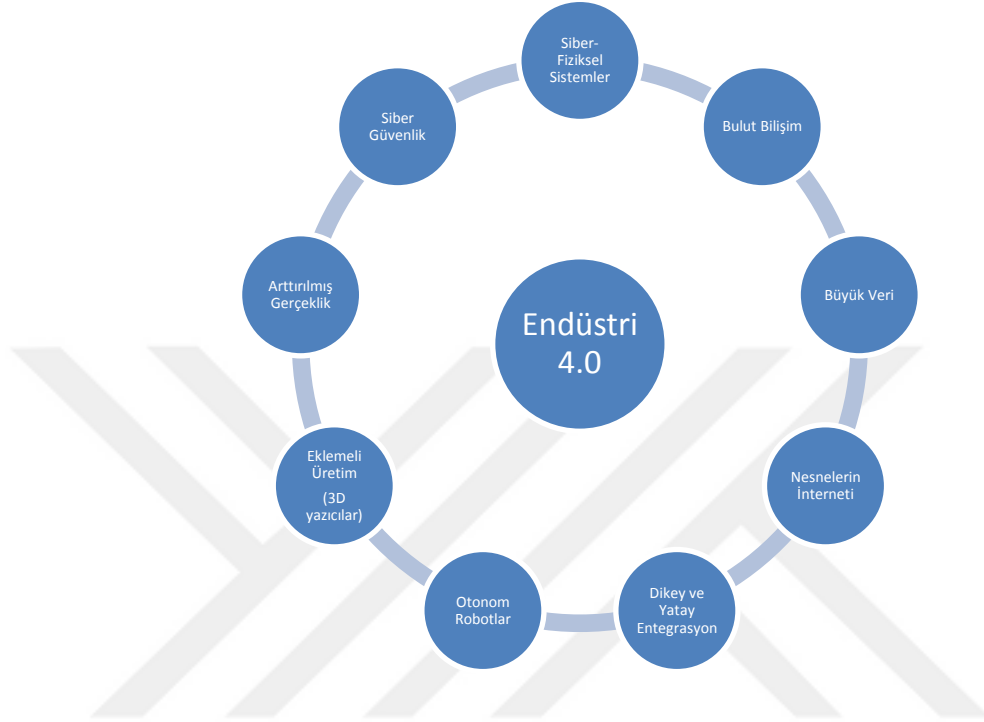
Kaynak: (Tekin Z. , 2018)

2.8. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Fiziksel süreçleri izleyen siber-fiziksel sistemlerin yardımıyla, fiziksel dünyanın sanal bir kopyası tasarlanabilir. Bu nedenle, bu sistemler kendiliğinden merkezi kararlar alma yeteneğine sahiptir ve yüksek derecede bir özerkliğe ulaşma kabiliyetine sahiptir. Sonuç olarak, Endüstri 4.0, değer yaratmak için geniş bir yelpazede yeni teknolojiler sunmaktadır (Erboz, 2017).

- 3D yazıcılar
- Akıllı sensörler
- Artırılmış gerçeklik / giyilebilir teknoloji
- Arttırılmış gerçeklik
- Bulut teknolojisi
- Büyük veri analizi ve gelişmiş algoritmalar
- Çok seviyeli müşteri etkileşimi ve müşteri profili
- Dikey ve Yatay Entegrasyon
- Gelişmiş insan-makine arayüzleri
- Kimlik doğrulama ve sahtekarlık tespiti
- Mobil cihazlar
- Nesnelerin İnterneti (IoT) platformları
- Otonom robotlar
- Siber güvenlik

- Simülasyon
- Yer tespit teknolojileri



Şekil 5: Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Kaynak: (Banger, 2017) s:28

2.8.1. Dikey ve Yatay Entegrasyon

Endüstri 4.0 'da akıllı fabrikaların faaliyetlerini bağımsız olarak gerçekleştirmeleri beklenemez. Tüm diğer akıllı ürünler, üretim sistemleri ve diğer akıllı fabrikalarla birlikte, tüm sistemler bir iletişim ağına dahil edilecektir.

Dikey entegrasyon ile fiziksel siber sistemlerin kullanılması fabrikaların stok durumlarına, talep seviyelerine, ve arıza, bakım sorunlarına anında tepki vermesini

sağlayacaktır. Dikey entegrasyon kısaca; akıllı pazarlama, akıllı lojistik, akıllı hizmetler ve diğer tüm akıllı sistemlerin entegre bir yapı olarak tek bir çatı altında toplanmasıdır.

Yatay entegrasyon ile, üreticilerin ve müşterilerin birbirine bağlı ve tam entegre oldukları anlaşılmalıdır. Endüstri 4.0'da üretim, pazarlama, mühendislik ve satış sonrası destek gibi bütün süreçler doğrudan entegre edilecek ve birbirine bağlanacaktır. Örnek olarak, bağımsız ürün tasarımı ve kontrolü, anında müşteri geri bildirimi ve bu yeni tasarımın kişiye özel bir ürün olacak şekilde yansıtılmasıyla hızlı bir şekilde ve aynı anda görüntülenebilmektedir (Yıldız, 2017).

2.8.2. Büyük Veri (Big data)

"Büyük veri", adından da anlaşılacağı gibi boyut olarak çok büyük miktartlı, veri tabanlı yazılım araçlarını saklamak, yönetmek ve analiz etmek gibi yeteneklerin de çok ötesinde olan veri kümelerini ifade etmektedir (Yin, 2015).

Veri toplama ve analiz süreçlerinin birçok üretim sistemi için vazgeçilmez olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Veri toplama ve toplanan verileri analiz ederek birçok iyileştirme ve tahmin faaliyeti yapılabilir. Ancak, Endüstri 4.0 ile durum çok farklı olacaktır. Çünkü bugün sahip olduğumuz veri toplama ve analiz yazılımı aslında bir nesil önce mevcut istatistiksel yazılımımız ve dayandığı ilkeler, önceki yıllara ait bir dizi temel yapıya dayanmaktadır. Örneğin, veri analizi yapmak ve bazı sonuçlar elde etmek için, verilerin önce bilgisayar sistemimizin hafızasında olması gerektirmektedir (Yıldız, 2017).

Endüstri 4.0 "Akıllı Fabrikalar", iş ihtiyaçlarını sensörler ile algılayan, internet üzerinden diğer uzaktan üretim araçlarıyla iletişim kuran ve bulut üzerindeki sistemlerde "Büyük Veri" den ihtiyaç duydukları üretim bilgilerini elde eden akıllı makineleri ve sistemleri içerir. Burada üretim araçları ile iletişim ve etkileşim internet üzerinden sağlanmaktadır (Sinan, 2016).

Endüstri 4.0 ile birlikte, Büyük Veri dört ana bileşene sahip olacaktır: hacim, çeşitlilik, hız ve hassasiyet. Büyük verilerin yönetilebilmesi için, “öğrenme sistemleri” geliştirmek ve analizi bağımsız olarak gerçekleştirmek gerekecektir.

Büyük veri öğrenme paradigmaları geliştirilmelidir (derin öğrenme, çevrimiçi öğrenme, yerel öğrenme, transfer öğrenme, yaşam boyu öğrenme ve topluluk öğrenimi). Büyük verilerde boyut küçültme, örnek seçimi ve veri silme gibi manipülasyon için gereksinimler olacaktır. Dikey / yatay veri ölçekleme ve algoritma manipülasyonu gibi sorunlar ortaya çıkacaktır.

Böylece müşteri deneyimi, ürün performansı, iş verimliliği, operasyonel verimlilik optimize edilebilir ve buna göre yeni ürün ve hizmet portföyleri oluşturulabilmektedir (Yıldız, 2017).

2.8.3. 3D Yazıcılar

3D yazıcıların çoğalmasıyla, farklı prototipleri test etme, hızlı bir şekilde yeniden tasarlama ve üzerinde çalışma gibi beceriler daha verimli hale gelmiştir. Yazıcıya çok çeşitli malzemeler kullanarak üç boyutlu tasarımlar göndermek ve üç boyutlu fiziksel yapılar elde etmek oldukça kolay ve yaygın bir hal almıştır. Geleneksel yöntemlerle üretilmesi zor olan ya da hiç üretilemeyen, karmaşık tasarımlara sahip olan 3 boyutlu fiziksel ürünler bu sayede elde edilebilecektir. Özel üretilen ürünlerin daha da önemli olacağı dördüncü sanayi devrimiyle 3D yazıcıların önemli bir rol oynayacakları ifade edilmektedir.

Ayrıca, üç boyutlu yazıcılarda geliştirme çalışmaları da hız kazanarak devam etmektedir. Örnek olarak; metal tozları kullanan ve lazerlerle kombine edilmiş özel amaçlı bir 3D yazıcıyla bir savaş gemisi, herhangi bir liman olmadan gemideki 3D yazıcıyı kullanarak ihtiyaç duyulan parçaları istenilen karmaşıklıkta üretebiliyor ve ihtiyaç duyacağı çeşitli ebat ve tipte yedek parçalar üretilmektedir. Benzer bir diğer şekilde, uluslararası bir uzay istasyonunda ihtiyaç duyulabilecek 3 boyutlu bir parça,

uzay istasyonunun içinde mevcut olan üç boyutlu bir yazıcı ile elde edilebilmektedir (Yıldız, 2017).

2.8.4. Otonom Robotlar

Robotların kullanımı yeni bir kavram değildir. Ancak, Endüstri 4.0'da robotların kullanımında önemli farklılıklar olacaktır. Robotlar, insanlar tarafından kullanılan araçlardan ziyade insanlarla çalışan tamamen özerk sistemler olacaktır. Yeni nesil robot tasarımlarında robotlar kendi kendine yeten sistemler olarak yerini alacaklardır. Robotlar, iş süreçlerine tamamen entegre otonom yapılar olacaktır. Bilim kurgu filmlerinde gördüğümüz robotlar Endüstri 4.0'da gerçek dünyada yerini alacaktır (Yıldız, 2017).

Otonom robotların algılaması, analiz ve verileri depolaması alanları gittikçe daha da çok yönlü hale gelmektedirler. Genellikle vasıfsız alanlarda üretimi destekleyen eski tip robotların yanı sıra, yeni tip otonom robotlar da istihbarat, algılama, üst düzey zeka, içgörü ve karar verme yeteneklerine sahiptir. Bu yönleriyle üretim süreçlerinde daha da etkili roller alırlar ve insan özellikleri ile donatılarak bağımsız hale gelmektedirler. Nesnelerin İnterneti ile yeni tip otonom robotlar, gelişmiş teknolojik sistemler ve uzaktan algılama sistemlerinin desteği sayesinde üretim faaliyetlerini kendi başlarına gerçekleştirebilmektedirler (Görçün, 2017).

2.8.5. Simülasyon

Simülasyon, gerçek bir sistemi modellerken sistemin davranışlarını ve sistemin çalışması için belirlenen stratejileri oluşturma ve değerlendirme sürecini anlamayı ifade etmektedir (White, 2009) .

Dünyamızda fiziksel yapıların kesinlikle dijital bir ikizleri olacaktır. Bu nedenle, dijital dünyadaki fiziksel sistemlerin eşdeğerleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılabilmektedir. Simülasyonlar yaygın olarak kullanılacak ve ürünler daha uygun tasarımlara sahip olacak ve ürün ve hizmetlerin kalitesi yüksek olacaktır (Yıldız, 2017).

2.8.6. Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik, iş dünyası ve nihayetinde tüketicilerin daha kesin kararlar vermeleri ve üç boyutlu yapılarda gerekli iyileştirme faaliyetlerini gerçekleştirmeleri için önemli fırsatlar sunmaktadır. Ayrıca, arttırılmış gerçeklik ürünlerine erişimin birim maliyetleri gün geçtikçe azalmakta ve geliştirilmeye devam etmektedir. Kullanımı dördüncü sanayi devrimi ile geliştirilecektir.

James Cameron'un yönettiği 2009 yapımı filmi Avatar'da birçok farklı uygulamada gördüğümüz arttırılmış gerçeklik artık bir bilim kurgu değil, dördüncü sanayi devriminin önemli bir parçasıdır. Bu çalışmada Endüstri 4.0 ile ilgili seçkin literatürün genel bir gözden geçirmesi ve değerlendirmesi yapılmıştır.

Ayrıca, küresel bir yaklaşımla eğitimde başarıyı ölçen testlerin başarısı ile Endüstri 4.0'da kanonik korelasyon⁶ yaklaşımı ve daha da önem kazanacak olan mevcut küresel yeterlilik endeksi verileri, kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Yıldız, 2017).

⁶**Kanonik Korelasyon:**Her birinde en az iki değişken bulunan, iki değişken seti arasındaki ilişkilerin incelenmesinde kullanılan bir analiz tekniğidir. Bu analizde, değişken setlerinden birisi açıklayıcı ya da bağımsız değişken seti, diğeri ise bağımlı değişken seti olarak tanımlanabilir.

2.8.7. Siber Güvenlik

Endüstri 4.0’da veriler, sadece yetkili kişilerin erişimine açık olmalı ve veri bütünlüğü ve kaynakları doğrulanmalıdır. Bu nedenle şirketler, bilgi ve verilerini koruyarak veri kaybı ve bilgi güvenliği tehdidi gibi sorunlarla karşılaşmayacaklardır.

Ağa bağlı çalışan her türlü nesne için siber güvenlik çok önemli bir konudur. Ağa bağlı tüm sistemlerin güvenliğini sağlamak ve saldırıları önlemek son derece önemlidir.

Bu alandaki güvenlik yapılarının ve devralmak için önemli sayıda siber güvenlik uzmanının kullanılması gerekecektir.

Öte yandan, Nesnelerin İnterneti'nin yayılmasıyla artan güvenlik ihtiyacını karşılayabilecek olan farklı yapılarla ilgili çalışmalar yürütülmektedir. Son zamanlarda kullanılan kripto para birimleri (Bitcoin vb.) için de altyapı oluşturan "Blockchain" kavramı ile belki de Nesnelerin İnterneti için gereken en güvenli altyapılardan biri olacaktır (Yıldız, 2017).

(Erboz, 2017)’a göre ise, bu teknolojiler temel olarak, “Endüstri 4.0” veya “akıllı fabrika” terimini tanımlayan 4 ana bileşene ayrılabilir:

- Siber-fiziksel sistemler
- IOT
- Bulut bilişim
- Bilişsel hesaplama

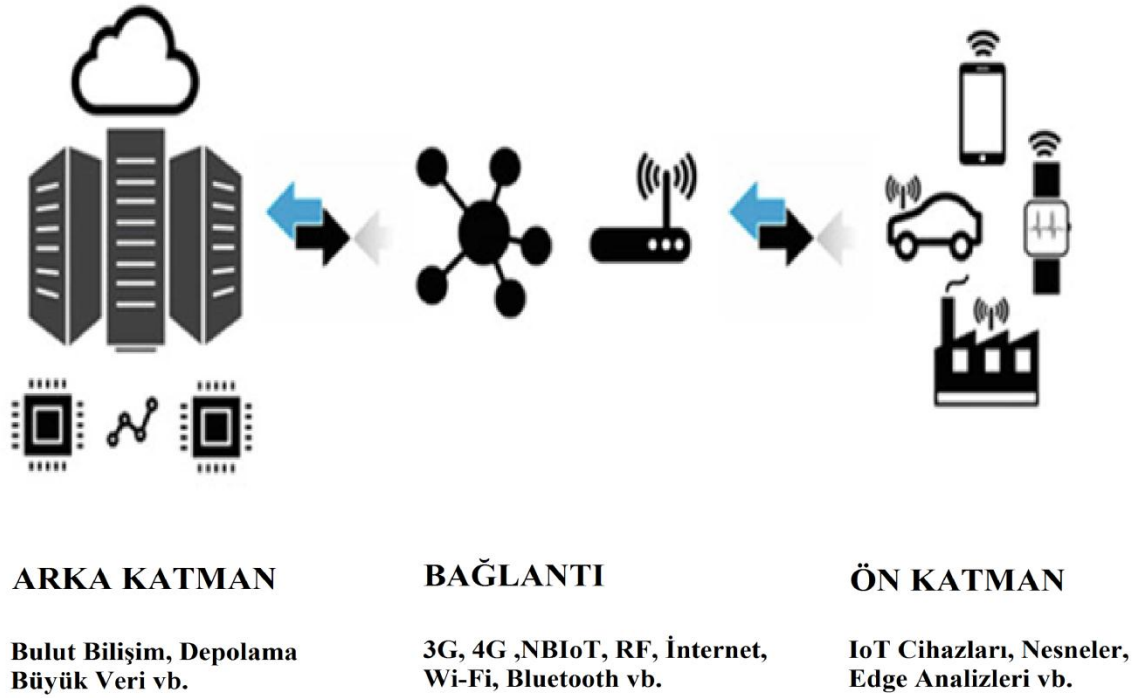
2.8.8. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemler değer zincirlerinin bağlı olduğu ve dinamik veri işleme ile yeni bir aşamaya ulaşmıştır. Dünyanın geleceğini şekillendiren ve etkileyen teknolojik, ekonomik emtia hareketleri; sensörler, üretim araçları ve bilgi teknolojilerini birbirine bağlayarak tek şirketten çok endüstriyel zincirler yaratmıştır. Siber fiziksel olarak bağlı sistemler ile veriler analiz edilir, yeni parametreler tanımlanır ve daha düşük maliyetli ve daha kaliteli ürünler  retilenilmektedir (T S AD, 2016).

Bu sistemler fiziksel süreçleri, sistemleri ve iletişimi yönetmek ve takip etmek için bilgi teknolojilerini, bilgisayarları, yazılımları ve ağları kullanırlar. Siber-fiziksel sistemler internete bağlı olduğundan, fiziksel dünyadan internet üzerinden veri toplar ve dünyadaki nesnelerin etkileşimini içermektedirler (Alçın, 2016).

2.8.9. IOT

IoT yani Internet of Things, Türkçe ismiyle “Nesnelerin İnterneti”, yerleşik sensörler kullanılarak veri toplayabilen ve değiştirebilen internet bağlantılı cihazlardan oluşan bir ağı tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu kavram; fiziksel cihazların veya araçların (bağlı cihazlar veya akıllı cihazlar olarak da bilinir), akıllı binaların, elektronik, yazılım ve sensörler aracılığıyla birbirine bağlayan, verilerin kontrol edilmesine, veri toplanmasına ve değiştirilmesine olanak sağlayan birleşik bir ağ sistemini bir araya getirir. şekil 6’te basit bir IoT ekosisteminin katmanları gösterilmektedir. Her bir katmanda; donanım, yazılım ve hizmet bileşenlerinin bir karışımı değer zincirinin bir parçasını oluştuğu gösterilmektedir (Ustundag, 2018).



Şekil 6: İot (Nesnelerin İnterneti) Değer Zinciri Katmanları

Kaynak: (Ustundag, 2018)

2.8.10. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, üçüncü taraflardan alınan bilişim sistemleri ile ilgili hizmetlerin sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem, uygulamaların İnternet ortamındaki uzak bir sunucuda çalıştırılmasına veya kullanıcı verilerinin uzak sunucuda her zaman erişilebilir olmasını sağlamaktadır (Özsoylu, 2017).

Bulut bilişim, İnternet'e bağlı bilgisayarların ve yazılımların bu büyük ağda paylaşarak işlerini yapmalarını sağlayan İnternet tabanlı bir yaklaşımdır. Bulut bilişimi ayrıca veri depolamak için de kullanılmaktadır (Öztuna, 2017).

Bulut bilişim ayrıca bellek ve disk değişikliğine gerek duymayan esnek yapısı sayesinde elektrik ve yerden tasarruf da sağlamaktadır (Henkoğlu, 2013) .

Bunun yanı sıra, bulut bilişim hizmetleri sunan kurumlar sayesinde şirketlerin bilişim alanına yatırım yapmalarına ihtiyaç kalmıyor. Bunun yerine, işletmeler bulut bilgi işlem platformlarına internetten erişebilmekte, yazılımlarını ve verilerini bu platformun sunucularına kaydedebilmektedir (Banger, 2017) s:43.

Pek çok kişi tarafından bulut bilişim ve siber güvenliğin gelecekte Endüstri 4.0 kapsamında büyük zorluklarla karşılaşacağı iddia edilmektedir. Bulut sistemi, dünyanın herhangi bir yerinden erişim sağlanabilen bilgi için çevrimiçi bir depolama sistemi olarak tanımlanır. Büyük veri ve yapay zeka kullanımından dolayı bilgisayarların veritabanları önceki yıllara nazaran çok daha fazla miktarlarda veri toplamak ve depolamak zorunda kalacaklardır. Bulut bilişim ayrıca şirketlerin kullandıkları verilere daha hızlı ve pratik erişmesine olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak, şirketler bilişim sistemleri için daha fazla bulut depolamaya ve daha fazla veri odaklı çalışmak durumunda kalacaklardır. Bu sebeple performanslarını arttırmak ve iyileştirmek için daha fazla bulut teknolojisi kullanmaya ihtiyaç duyacaklardır (Boston Consulting Group, 2019).

2.8.11. Bilişsel Hesaplama

Cognitive computing yani bilişsel hesaplama, dar anlamda bir disiplin olarak, zorunlu talimatlarla belirli bir bilgisayar problemini çözmek için bilgisayarlar arası iletişimden doğan bir uygulamadır. Geniş anlamda ise, bir dizi bilgiyi veya talimatı beklenen

davranışa aktaran bir sistemde öğretimsel zekanın uygulanması için oluşturulan bir süreçtir (Wang Y. B., 2013).

Bilişsel hesaplama, beynin mekanizmalarını taklit eden otonom çıkarımlar ve algılamalar ile hesaplama zekasını uygulayan akıllı hesaplama metodolojileri ve sistemleri için yeni bir paradigmadır (Wang Y. , 2009).

Bilişsel hesaplama sistemlerinin tasarlanmasında, beynin katmanlı referans modelinde (Layered Reference Model of the Brain (LRMB)) ortaya koyulduğu gibi beynin paralel otonom çıkarımları ve algılama mekanizmaları referans alınmıştır (Wang Y. W., 2006). Yani, matematiğe dayalı bilişsel ve algısal bir bilgi işlemi sağlamak için tasarlanmıştır. Bilişsel hesaplamanın temelinde, yeni nesil bilişsel bilgisayarlar ile düşünen ve algılayabilen otonom akıllı sistemler tasarlanabilmekte ve uygulanabilmektedir (Wang Y. , 2009).

2.9. Endüstri 4.0'ın Etkileri

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti kullanımının artması, Bosch şirketinde ve özellikle Almanya'da Industrie 4.0 olarak adlandırılmaktadır (Geissbauer, 2016). Uygulamalar, hataları tahmin edebilen ve bakım süreçlerini otonom olarak tetikleyen ya da kendi kendini organize eden, üretimde beklenmeyen değişikliklere tepki veren lojistiği içermektedir.

Lojistik ve tedarik zincirlerini optimize eder: Yeni bir bilgi sunulduğunda bağlı bir tedarik zinciri ayarlayabilir ve barındırabilir. Bir hava gecikmesi bir gönderiyi bağlarsa, bağlı bir sistem proaktif olarak bu gerçeğe uyarlanabilir ve üretim önceliklerini değiştirebilir.

Bağımsız ekipman ve araçlar: Gemilerden gelen nakliye konteynırlarını kabul ettiklerinde operasyonları düzene sokmak için özerk vinçlerden ve kamyonlardan yararlanan nakliye sahaları vardır.

Robotlar: Bir kez sadece eşit bütçeye sahip büyük işletmeler için mümkün olduğunda, robotikler artık daha uygun fiyatlı ve her büyüklükteki kuruluşlara açıktır. Bir depodaki ürünleri seçmekten, onları göndermeye hazır hale getirmeye kadar, özerk robotlar üreticileri hızlı ve güvenli bir şekilde destekleyebilir. Robotlar, ürünleri Amazon depolarının etrafında hareket ettirir ve ayrıca maliyetleri düşürür ve çevrimiçi perakendeci için yer alanının daha iyi kullanılmasını sağlamaktadır.

Katkı maddesi üretimi (3D baskı): Bu teknoloji son on yılda muazzam bir gelişme göstermiştir ve özellikle prototip yapımında fiili üretime geçilmesinden önce ilerleme kaydetmiştir. Metal katkı maddesi imalatındaki ilerlemeler, üretim için birçok olanak açmıştır.

Nesnelerin İnterneti ve Bulut: Endüstri 4.0'ın kilit bir bileşeni, bağlı cihazların tanımladığı Nesnelerin İnterneti'dir. Bu sadece iç operasyonlara yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda verilerin depolandığı bulut ortamını kullanarak, aynı ekipmanı kullanarak başkalarının öngörülerinden yararlanarak veya daha küçük işletmelerin teknolojiye erişmesine izin vermeyerek ekipman ve operasyonlar optimize ederek kendi başlarına yapabilmelerine olanak sağlamaktadır (Marr, 2018).

Tablo 2’de Endüstri 4.0’ın üretim stratejisi paradigmasını nasıl ve ne yönden etkilediği gösterilmektedir.

Tablo 2: Endüstri 4.0, Üretim Stratejisi Paradigmasını Değiştiriyor

Endüstri 4.0 – Özellikler	
Seri üretimden seri özelleştirmeye	Esnek ve kısa üretim sağlama, yeni iş modellerinin ortaya çıkmasını ve uygun fiyatlı özelleştirmeyi mümkün kılar
Hacim ölçek efektinden yerel ve esnek birimlere	LCC ⁷ 'de ürün başına uzmanlaşmış büyük fabrikalardan, her yerde rekabetçi bir maliyet ile üretim sağlayan yüksek teknoloji ekipmana sahip olan akıllı fabrikalara
Planlı markadan stoğa ve dinamik markadan siparişe	Planlama ve tahmini temel alan ve stoklarla desteklenen organize bir üretimden, talep üzerine dinamik üretim ve verim yönetimine
Üründen kullanıma	Entegre anlayış, hizmetler iş modeli / karar faktörünün kilit unsuru
Maliyetten ROCE ⁸ güdümüne	Karmaşıklık olarak kullanılan düşük Sermaye için daha yüksek ROCE sayısal olarak aktarılır.
Taylorizmden esnek iş organizasyonuna	Uzaktan çalışma (artırılmış gerçeklik, kalıcı bağlantı), Görevler paralellik, esnek organizasyon ve yönetim
Zor çalışma koşullarından daha cazip çalışma alanlarına	Temiz / yüksek bağlantılı çalışma alanı, yoğun beyaz yaka ile karmaşık zanaat üretiminin geliştirilmesi

Kaynak: (Schober, 2017)

⁷LCC: Life cycle costing, Yaşam döngüsü maliyetlemesi

⁸ROCE: Return on capital employed, Kullanılan sermayenin getirisi

2.9.1. Endüstri 4.0'ın Günlük Hayata Etkileri

Endüstri 4.0 devrimi hayatımızın her alanına girmiş durumdadır. Adaptasyon açısından incelediğimizde insanlar birbirleriyle, makinelerle ve makineler de birbirleriyle bağlı durumdadır. Hayatımızın her alanında bir değişim söz konusudur. Bu değişimin sanayi için de kaçınılmaz duruma gelmesinin öncelikli sebebi, herkesin kendisine özel ürünler istemesidir.

Yakın zamana kadar bu sadece pazarlamanın gündemindeydi ve dijital satış pazarlamasını kullanarak müşterinin kendi ürünlerini tasarlamasını ve bir dereceye kadar mutlu olmasını sağlayabilmektir.

Bugün ise insanlar sadece özelleştirebildikleri, kişiselleştirebildikleri ürünlerden memnun olmaktadır. Bu doğrultuda Endüstri 4.0 da tüketicilerin üretim taleplerini yansıtmaktadır (Şahin A. , 2017).

Endüstri 4.0, alışılmış iş kurallarını da önemli ölçüde değiştirecek; yeni kazananlara muazzam fırsatlar sunacak ancak yenilikçi olmayanları kaybetmeye itecektir. Bahsedilen durum aşağıda Tablo 3'de gösterildiği gibidir.

Tablo 3: Endüstri 4.0'ın Alışılmış İş Kurallarını Değiştirmesi ve Sunacağı Yeni Avantajlar

Endüstri 4.0 - Beklenen faydaları	
Daha iyi ürünler tasarlayın ve üretmek	Endüstri 4.0, imalat yöntemlerinin bölgeye göre uyarlanmasını sağlayacaktır; otomatik sıfır hata üretimi gibi.
Proses verimliliğini artırarak maliyetlerden tasarruf etmek	Üretim sorunlarını önceden tanımlamak ve ele almak için dijital ve gerçek süreçleri birbirine bağlar, ör. kalite sorunu.

Yeni iş modelleri oluşturmak	Endüstri 4.0 değer zincirlerini dağıtır veya iş kurallarını değiştirir; Değer zinciri daha görünür hale gelecek ve araçlara olan ihtiyaç ortadan kaldırılabilir.
Ek iş oluşturmak	Yeni 'Endüstri 4.0' katılımcıları gelecekteki oyun değiştiriciler olacaktır; yumuşak dokular ve yapay kemikler üretmek için biyolojik yapıların üretilmesi için 3D biyo-baskı, ek işlerin yaratılmasına yardımcı olacaktır.
Yenilikleri serbest bırakmak	Dijital potansiyelden tam olarak yararlanmak için ek yaratıcılığı serbest bırakır; iş modeli yeniliğine olan talep şu anda artıyor.
Kuruluşları yeniden düşünmek	Endüstri 4.0, organizasyonları daha duyarlı ve esnek hale getirecektir; Ar-Ge ekipleri daha hızlı bir şekilde küresel uzmanlıktan yararlanabilir.

Kaynak: (Schober, 2017)

Teknolojinin ekonomik büyüme üzerindeki olası olumlu etkisine karşın, kısa vadede işgücü piyasalarının üzerinde olumsuz etkisini de dikkate almak önemlidir. Çalışma üzerindeki teknoloji etkisinden kaynaklanan endişeler yeni oluşmamaktadır. İktisatçı John Maynard Keynes 1931 yılında da yaygın olan teknolojik işsizlik konusundaki ünlü uyarısını şu şekilde yapmıştır: “İşgücü kullanımından tasarruf etme araçlarını keşfetmiş olmamız onun için yeni kullanımlar bulma hızımıza ağır basıyor.” “O zaman bu doğru çıkmamıştı, ancak ya bu kez doğru çıkarsa?” olarak belirtilmiştir.

Bilgisayarların son yıllarda, özellikle kasiyerler, muhasebeciler ve telefon operatörlerinin işlerinin yerini aldığına dair kanıtlarla bu tartışmalar yeniden gündeme gelmiştir.

Gelişmekte olan teknolojilerin işgücü piyasalarındaki etkisi konusunda iki karşıt görüş bulunmaktadır: Mutlu sonlara inananlar, teknoloji ile işsiz kalan çalışanların yeni iş bulacaklarını ve bu teknolojinin yeni bir refah dönemi başlamasına neden olacağını

savunmaktadır. Öte yandan, muazzam bir teknolojik işsizlik yaratacağına ve gittikçe sosyal ve politik bir kıyamete yol açacağına inananlar bulunmaktadır. Tarihin de gösterdiği gibi sonuç iki görüşün arasında bir yerlerde olacaktır. Burada asıl sorulması gereken soru şu şekildedir: “Teknolojik dönüşüme yakalanan ve işlerini kaybeden insanlar için yardımcı olabilmek ve desteklemek için neler yapılabilir?”

Argüman şöyle gelişmekte: İnsan ihtiyaç ve arzuları sonsuzdur. Bu nedenle bunları karşılama süreci de sonsuz olmalıdır. Olağan resesyon ve depresyon dönemlerini bir kenara bırakacak olursak, herkes için her zaman iş olacaktır. Tabi bu görüşün teknolojiye ait olduğunu unutmamak gerekir. Birçok farklı çalışma kategorisinde, özellikle de makine tekrarı ve hassas el işi gerektiren işler daha şimdiden otomasyona tabi tutulmuş bulunmaktadır. Bilgi işlem gücü büyümeye devam ettikçe bunları birçok başkası izleyecektir. Er geç, öngörülenden de önce, muhasebeciler, finansal analistler, sigortacılar, doktorlar, hukukçular, kütüphaneciler, gazeteciler gibi daha pe çok mesleklerin kısmen veya tamamen otomasyonun hedefinde olacağı açıkça öngörülmektedir (Schwab K. , 2016).

18. ve 19. yüzyılların fizyokratlarının görüşlerine dayanan liberal argümanlara göre, bir devlet, bir toplumda sanayiye müdahale etmediği sürece, kendi eksikleri ve istekleri dışında sağlıklı ve güçlü bir işçinin işsiz kalması imkansızdır. İşsizlik bazı istisnalar kişisel bir kusurdan meydana gelmez. İşsizliğin asıl nedeni ekonomik sistemin yapısıdır.

İşsizlik fabrikaların geliştirilmesinden sonra imalat sektörüne dayalı ekonomik sistemin yapısından kaynaklanmaktadır ve 19. yüzyıldan beri önem kazanmıştır. İmalat sanayiinin erken dönemlerinde standart imalatın bulunmaması nedeniyle, işçilerin esas olarak küçük sanayi ve tarımsal işlerle uğraşmaları, üretim türünü ve sırasını değiştirme açısından daha fazla esneklikten söz edilmektedir.

Neredeyse 20. yüzyıl boyunca, son derece gelişmiş olan işbölümü, kendi kollarında çalışan ve uzmanlaşmış işçilerin, üretimin genel sonucunu bilmeden bile, işlerini

uzmanlık gerektiren diğer parçalara aktarmasını çok zorlaştırmıştır. 2000’li yıllarda modernleşmenin farklı bir yüzü olarak görmek mümkündür. İşsizlik, Endüstri 4.0 gibi faktörler ile tartışılmakta ve çok sayıda işin kısa sürede ortadan kalkacağı ileri sürülmektedir. Yeni meslekler beşeri sermayeye dayalı olacak, kısa ve orta vadede, işsizlik sorununun daha karmaşık hale geleceği, ancak uzun vadede yeniden dengenin oluşacağı önemli kaynaklar olduğu ifade edilmektedir (Aşçı, 2019).

Devrim henüz tamamlanmadığından Endüstri 4.0'daki mevcut nokta hakkında çok net bir değerlendirme yapmak mümkün değildir. Hala hazırlık ve altyapı çalışmalarının devam ettiği bir dönemde olduğu ifade edilebilir. Dünyadaki tüm ülkelerin farklı aşamalarda olmasına rağmen, tam otomatikleştirilmiş ve yeni döneme tamamen ayak uydurabilmiş bir ülke yoktur. Fakat ilerleyen yıllarda yaşanan bu teknolojik gelişmelerin daha da artmasıyla dünyanın çok farklı bir döneme gireceği düşünülmektedir. Bu dönem; akıllı fabrikalar, yeni üretim sistemleri, ürün ve hizmet alanlarında yaşanacak hem de devletlerin ekonomik ve refah düzeylerindeki ilerlemeden izlenebilecektir.

Bu önümüzdeki dönemlerde meydana gelmesi beklenen değişikliklerin mesleki yaşam üzerinde bazı etkileri olacaktır. Bazı iş alanları yakın zamanda ortadan kalkacak olsa da, şu anda kullanılmayan yeni iş alanlarının da ortaya çıkacağı düşünülmektedir (Yüksekbilgili, 2018).

2.10. Work 4.0 Kavramı

İş dünyası önemli değişikliklerden geçmektedir. Teknolojik ilerleme, küreselleşme ve nüfusun yaşlanması, iklim değişikliğinin etkilerini azaltma çabalarıyla işgücü piyasasını şekillendiren en önemli referanslardan bazılarıdır. Aynı zamanda, yeni örgütsel iş

modelleri ve değişen işçi tercihleri, geleneksel tam zamanlı bağımlı istihdam normundan farklı yeni çalışma biçimlerinin ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır.

Bu değişikliklerin çoğu potansiyel olarak çok yıkıcıdır. Ancak, yıkıcı küresel eğilimlerle ilgili endişeler yeni değil. Sanayi Devrimi'nden bu yana, teknolojiden kaynaklanan iş kaybı korkuları kamuoyunda tartışılmaktadır. 1930'larda John Maynard Keynes "yeni bir hastalık" yani "teknolojik işsizlik" konusunda uyar mıştır (Keynes, 1963).

Dijitalleşme ve otomasyondaki gelişmelerin bir sonucu olarak, teknolojiye dayalı işsizlik, dünyadaki tüm iş kollarındaki insanlara olan ihtiyaı azaltmıştır. Değişen retim yöntemlerine ek olarak, dijital ekonomi insanların yaşam tarzlarını da değiştirmektedir. Bu nedenle bu kavrama yeni ekosistem denmektedir. Ancak yeni ekosistemin de ötesinde, insanlık post-dijital ekosistem denilen yeni bir döneme girmektedir.

Yapay zekanın makineleşmede artması beklenmedik sonuçları da beraberinde getirmektedir. Post-dijital ekosistemde, devletler işsizlik ve eşitsizliğin nasıl ele alınacağını düşünmek zorunda kalacaklardır. Günümüzün kapitalist sistemlerinde bu sorunun belli bir çözümü yoktur. Dijital ekonomik sistem, otomasyon teknolojilerinin sonucu olarak verimlilik artışının ve maliyetlerin azalmasının meydana geldiği yeni bir ekonomik sistem olarak tanımlanabilmektedir (Civelek, 2020).

Dijitalleşme, dijital ekonomi ve FoW⁹ arasındaki bağ ile ilgili politika girişimleri belirlenirken, bir yandan da hükümetlerin ve paydaşların bunu yeni yeni inşa ettikleri görülmektedir.

Mevcut düzenlemeyi değiştirmek için çoğu yeni çerçeve veya teklif Avrupa'da son 3-4 yıl içinde ortaya çıkmıştır ve birçoğu hala planlama veya konsolidasyon aşamasındadır.

Sendikalar, çoğunlukla iş ve işveren örgütlerinden sonra bu kavrama dahil oldularsa da ulusal düzeyde, bu bölgedeki son politika teşvikleri şu şekilde yeniden toplanabilir:

· **Dijital gündemler**

Bağlanabilirlik, veri gizliliği ve koruması, girişimcilik, dijital yayılım, dijital becerilere yatırım ve e-devlet konularını kapsayan kavramlar.

Örnekler: the French '*Transition Numerique*'¹⁰, Digital Belgium

· **Sanayi ve yenilik stratejileri**

Çoğunlukla, hem dijital hem de yenilenebilir teknolojiler üzerine üretimi modernize etmeye, Ar-Ge'ye, eğitim ve bölgesel kümelere yatırım yapmaya odaklanılmıştır.

Örnekler: (bkz. Şekil 7)

⁹**FoW (future of work):** İşyerinde yapay zekanın artan kullanımı ve işgücünün hem bilanço içi hem de bilanço dışı yetenekleri içerecek şekilde genişletilmesi.

¹⁰**Transition Numerique:** Dijital dönüşüm

· İşin veya işin geleceği 4.0 (WORK 4.0 or future work) tartışmaları

Teknolojik bağlanma, genellikle düşük karbonlu ekonomilere¹¹, demografik değişime ve göçe, iş piyasası dönüşümlerine, sosyal korumaya ve eğitim ihtiyaçlarına geçiş,

Örnekler: German work 4.0 white paper¹², ILO FoW Commission¹³

· Beceri ve Eğitim politikaları

Eğitim ve öğretim sistemlerinin tasarımını, finansmanını ve yönetimini yeni becerilerin ihtiyaçlarına göre tartışmak veya uyarlamak,

Örnekler: İrlanda'nın Ulusal Beceri Stratejisi 2025, Fransız Kişisel Etkinlik Hesabı¹⁴

Online platformlarda, çoğunlukla rekabet, düzenleme ve işgücü piyasalarına etkileri konusunda istişareler ve komiteler şeklinde devam eden tartışmalar da bulunmaktadır. Genellikle bu tür tartışmalar dijital gündemlerde veya çalışma ve çalışma bakanlıklarında ve ayrıca tek başına girişimler kadar rekabet otoritelerinin aksine gerçekleşmektedir.

¹¹**Düşük Karbon Ekonomisi**; üretim yapan herhangi bir sektörün, atmosfere mümkün olan minimum miktarda **karbon** (CO₂) yani sera gazı salımı vermesiyle oluşturulan **ekonomik** yapıdır.

¹²**German work 4.0 white paper**: Alman Work 4.0 kavramı

¹³ İş Geleceği Konusunda Küresel Bir Komisyonun oluşturulması, ILO İş Geleceği Girişiminin ikinci aşamasını işaret ediyor. Görevi, 21. yüzyılda sosyal adaletin sağlanması için analitik temel sağlayabilecek işin geleceği hakkında derinlemesine bir inceleme yapmaktır.

¹⁴**Fransız Kişisel Etkinlik Hesabı**: Çalışma nüfusunun üyelerinin kariyerleri boyunca edindikleri evrensel hakları bir araya getirir.



Şekil 7: Dijitalleştirme Endüstrisi İçin Ulusal Girişimlere Genel Bakış

(Sunulan harita, Kasım 2017 itibarıyla Üye Devletlerdeki ulusal politika girişimlerinin durumunu yansıtmaktadır.)

Kaynak: (Tasig, 2017)

Geniş anlamda, şu an için Doğu Avrupa görünüşte daha az endüstriyel veya dijital stratejilere sahiptir, ancak bazı ülkeler hala hazırlık aşamasındadır.

Bir bütün olarak bakıldığında EU28¹⁵ ile ilgili genel bir bakış sağlamak için daha fazla araştırma yapılması gereklidir (Byhovskaya, A. European Economic and Social Committee, 2018).

2.11. Endüstri 4.0 ve Yeni Meslekler

Endüstri 4.0 ile birlikte işgücünün yerini makinelerin almasıyla bir çok meslek kaybedilecek, yerine yeni çağ meslekleri gelecektir. İnsana ihtiyacın azalmasıyla istihdam kaybı konusunda yaşanan kaygılar geleceğin henüz pek bilinmeyen meslekleriyle azalmaktadır. Bu mesleklere örnekler;

- 3-D Yazıcı Mühendisliği
- 5 duyu Reklam Tasarımcılığı
- Akıllı Şehirler Planlayıcılar
- Akıllı tedarik yöneticiliği
- Bilgi Madenciliği
- Bilişim Sistemleri ve Nesnelerin İnterneti Çözüm Üreticisi
- Bulut Hesaplama Uzmanlığı
- Değişim Yöneticiliği
- Duygu Tasarımcılığı
- Endüstriyel Veri Analiz Uzmanı
- Endüstriyel Veri Bilimciliği,
- Endüstriyel Yazılım Programcıları
- EQ-IQ Tasarımcısı

¹⁵**EU28:** 28 ülkeden oluşan (AB, Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Almanya, Estonya, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Fransa, Hırvatistan, İtalya, Kıbrıs, Letonya, Avrupa Birliği) 'nin kısaltmasıdır. Ekonomik ve politik bir blok olarak faaliyet gösteren ülkeler; Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Hollanda, Avusturya, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovenya, Slovakya, Finlandiya, İsveç, İngiltere)

- Etki ve Mahremiyet Koruyucuları
- Giyilebilir Teknoloji Tasarımcılığı
- Hafıza Onarım ve Arttırma Uzmanı
- Hafıza Temizleme/Yenileme/Yükleme/Filtreleme Uzmanı
- Holografikerler
- Hologram İlişkileri Koordinatörü
- Hot-Line İşletmeciliği
- IT/IoT Çözüm Mimarlığı
- İnternet Pazarlama Uzmanları
- İş Terapistleri
- Kişisel Marka Tasarımcısı, Danışmanı
- Kriptografi ve Siber Güvenlik Uzmanı
- Nano Medikalci
- Organ İmalatçısı, Tasarımcısı
- Robot Koordinatörlüğü
- Robot Koordinatörü, Programcısı, Tamircisi
- Robot tamircileri
- Robotik Sorunlar Avukatlığı
- Rüya Gerçekleştiriciler
- Sağlık Karantinacıları
- Salgın Hastalık Güvenlikçisi
- Siber Polis, Siber Terör Uzmanı
- Siber Teknoloji Mühendisi
- Simülasyon, oyun uzmanları
- Soru Tasarımcılığı
- Sürdürülebilir İş Modeli Uzmanları
- Tasarım Guruları
- Taşeron- Fason Yöneticiliği
- Yapay Zeka Pazarlamacılığı
- Yaşam Koçları – Gurular

- Yönetici Menajerliği
- Zaman Planlamacısı

2.12. Endüstri 4.0 Uygulamaları

Köping'deki Volvo Powertrain (bundan sonra Volvo olarak anılacaktır) fabrikası, Endüstri 4.0'ın uygulanması için büyük bir potansiyel görmekte ve geleceği olduğunu iddia etmektedir. Volvo henüz herhangi bir yapay zeka veya makine öğrenimi uygulamamasına rağmen özellikle kesme makinelerindeki takımların yerini almak için bu teknolojileri iyi kullanıyor. Bu teknolojiyi örneğin, belirli bir süre boyunca aynı makineleri kullanmak yerine, yıpranan parçalarını değiştirmek için kullanabileceklerini ön görüyorlar. Bu teknikler henüz uygulanmamış olmasına rağmen, Volvo yıllar içinde Endüstri 4.0 üretimi için makinelere yatırım yapmıştır. Ayrıca Endüstri 4.0 teknikleri ile ilgili araştırma projelerinde farklı üniversitelerle işbirliği yapmaktadırlar.

Volvo, bilgisayar güvenliğinden sorumlu bir şirketle işbirliği yapmaktadır. Siber güvenliği çok ciddiye alıyorlar, ancak bazen engeller olabileceğini söylüyorlar. Örnek olarak, tedarikçilerine fabrikalarını göstermek için bir kısmını çevrimiçi olarak bağladıklarında, farklı güvenlik nedenleriyle ekran paylaşımı ile ilgili sorunlar olmakta. Bu nedenle, çalışmak zor ve zaman alıcı olabilmektedir.

Yatay entegrasyon söz konusu olduğunda, Volvo şu anda yeni bir sistem entegre etmektedir. Bu yeni sistem, üretim hattı boyunca farklı bilgiler toplayabilecek ve daha sonra diğer sistemlere bağlanabilecektir. Dikey entegrasyon söz konusu olduğunda, üst üste yeni sistemler inşa ettikleri, yeniden inşa ettikleri ve ekledikleri daha eski bir sisteme sahipler. Volvo bunun kaldırılmasının biraz zor olduğunu iddia ediyor ve eğer yaparsa pahalı ve zaman alıcı olacağını belirtmektedir.

Volvo'da, geri dönüşümde kullanılabilecek parçaları gönderebilecekleri bir yeniden üretim tesisine sahipler. Atıkları en aza indirmek için, alüminyum ve kimyasallar gibi artık malzemeleri satmaktadırlar.

Endüstri 4.0'ın uygulanması söz konusu olduğunda, önümüzdeki üç yıl içinde imalatla zaten büyük bir değişiklik göreceğimizi düşünüyorlar. Ayrıca, gelişmelerin her zaman süreceğinden ötürü, bir Endüstri 4.0 uygulamasıyla asla tamamen bitmeyeceğini iddia ediyorlar.

Volvo'nun üretimi her yıl daha karmaşık ve hassas hale geliyor. Bu, daha az insanın üretim hattında çalışmasını sağlıyor, ancak kalite gereksinimlerini ve sorumluluk seviyelerini arttırıyor. Üretim sistemleri ve makineleri Endüstri 4.0 ile daha da karmaşıklaşacağından, en önemli zorluklardan biri insanlara doğru becerileri nasıl edineceklerini öğretmek ve eğitmektir. Bununla birlikte, bu sistemler karmaşık görevleri otomatik olarak yerine getirebilecek ve bu da uzun vadede çalışanların çalışmasını kolaylaştıracaktır (Larsson, 2019).

Bir diğer örnekte ise, havacılık endüstrisi bazen "kapsamlı otomasyon için çok düşük hacimli" olarak nitelendirilse de, Endüstri 4.0 ilkeleri çeşitli havacılık şirketleri tarafından araştırılmış, otomasyon maliyetinin haklı çıkamadığı durumlarda verimliliği artırmak için teknolojiler geliştirilmiştir. Bunun bir örneği havacılık parçaları üreticisi Meggitt PLC'nin projesi M4'dür.

Meggitt Modüler Değiştirilebilir Üretim (M4), günümüzün ve geleceğin teknolojisinin yenilikçi bir kombinasyonu ile geleneksel fabrika tasarımını değiştirerek devrime öncülük ettiğini iddia etmektedir. M4, her fabrikada daha çeşitli bileşenler oluşturmaya, en son teknoloji ekipman kullanımını en üst düzeye çıkarmaya ve çevrimiçi olduklarında yeni teknolojileri entegre etmeye olanak tanıyacaktır. Her üretim aşamasında elde edilen büyük veriler, her bir fabrikayla iyi performansa yakınlaştıracak şekilde geliştirilmiş montaj ve tasarımla beslenecektir.

M4, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, IBM, İngiltere İleri Üretim Araştırma Merkezi (AMRC) ve Üretim Teknoloji Merkezi, Coventry tarafından desteklenen, 2014 yılında üç yıllık girişim ile Adaptif Kapalı Devre Montaj Tezgahı (CLAAW) çalışmasına başlamıştır.

Bu öncü akıllı çalışma tezgahının, operatörlerin daha geniş bir ürün yelpazesi yaratmasına ve üretim, kalite, tekrarlanabilirlik ve izlenebilirlikte kuantum sıçramasına yol açacağı belirtilmektedir.

- Video ve lazer kılavuzları operatörlere sırayla hangi parçaları seçeceklerini, yerleştireceklerini ve ayarlayacaklarını gösterir.
- Entegre kameralar, eş zamanlı sorun giderme ve eğitim için operatörleri uzmanlara bağlar.
- Kameralar montaj boyunca ayrıntılı kayıtlar tutar, izlenebilirliği geliştirir ve iyileştirme için fikirler yakalar.
- Araştırma, yapay görme ve akıllı gözlük gibi geleceğin teknolojilerini entegre etmeye devam etmektedir.

(Meggitt Applied Research & Technology Group, 2018).

Ülkeler gelecek planlarında Endüstri 4.0'a öncelik vermektedirler. Türkiye ise akıllı üretimi gelecekteki büyümenin kilit noktası olarak tanımlamaktadır. Tablo 4'de Avrupa'da Endüstri 4.0 ile gelişmiş üretimi ve ICT¹⁶'yi destekleyen seçilmiş girişimler gösterilmektedir.

¹⁶ ICT (Information and Communications Technology): Bilgi iletişim teknolojileri

Tablo 4: Avrupa'da Akıllı Üretimi ve ICT'yi Destekleyen Seçilmiş Girişimler

İhraç Yapan Ülkeler		Program (içerik, finansman hacmi)		
DE	BMBF ¹⁷	Future Inventions	Gelecekteki zorluklar için Alman Sanayisini desteklemek üzerine	EUR 200 m
FR	Fund for Digital Society	Future Inventions	Gömülü sistemler, entegre edilmiş nesneler üzerinden Ar-Ge için parasal destek ve büyük veri	EUR 150 m
UK	University of Warwick	Warwich Manufacturing Group	Otomotiv ve ICT odaklı farklı araştırma girişimleri	EUR 229 m
UK	Innovate UK	Catapult Centers	GSYH'ya çifte üretim katkısı	EUR 370 m
BE	Cleantech Vlaanderen	MIP	Yenilikçi cleantech ve geçiş ekonomisi projeleri	n.a.
BE	Made Different	Factories of the Future 4.0	'Geleceğin Fabrikaları'nın gelişimini desteklemek	EUR 8 m
IT	CFI	Intelligent factories clusters	İtalyan üretim topluluğunu 4 proje ile araştırma geliştirecek ve kalkındıracak şekilde yapılandırmak	EUR 41 m
TR	Min. Of Science, Ind & Techn. + TÜBİTAK	Industry 4.0 (Decree 2016/101)	Akıllı üretim sistemlerine geçişi teşvik etmek ve Türk sanayisinin yüksek teknoloji üretim payını arttırmak	fbd
TR	TÜBİTAK	Technology & Innovation Grant Programs Directorate	Türk firmalarının proje bazlı Ar-Ge faaliyetlerini desteklemek	EUR 260 m

¹⁷Federal Ministry of Education and Research

TR	Min. Of Science, Industry & Techn.	SAN-TEZ Program	Teknoloji tabanlı ürünler üzerine yüksek lisans projelerini destekleyerek firmalar ve üniversiteler arasında Ar-Ge işbirliğini teşvik etmek	EUR 110 m
----	------------------------------------	-----------------	---	-----------

Kaynak: (Schober, 2017)

2.13. Türkiye’de Endüstri 4.0

Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-16), Sanayi Politikası Stratejisi (2011-14) ve 10. Kalkınma Planı (2014-18) ile orta ve yüksek teknoloji ihracatını artırmak için üretimi güçlendirerek Türkiye’de Endüstri 4.0’ı tanıtmanın temeli oluşturulmaktadır.

Türkiye, Endüstri 4.0 devrimi için hazırlık ve adaptasyonunu artırmak için gelişmiş bir yaklaşıma ihtiyaç duyacaktır. Üretimi arttırmak elzemdir. Aşağıdaki

Tablo 5’te Türkiye’nin Endüstri 4.0’a yaklaşımı gösterilmektedir.

Tablo 5: Türkiye'nin Endüstri 4.0 Üstlenmesine Yaklaşımı

Devlet / Bölgesel destek	İnovasyonu Hızlandırmak	En iyi Uygulamaların benimsenmesi	Altyapı Oluşturmak	Yeni Yetenekleri Desteklemek	Bir Yol Haritası Geliştirmek
> Hükümet, altyapı, güç ve veri bağlantısına	> Kamu ve özel sektör ortakları inovasyonu	> Endüstriler, dört ana alanda küresel en iyi uygulamaları	> Dijital yön birçok ürün ve hizmet için kritik	> Altyapının yanı sıra, bu dinamik dijital	> Her şirketin kendi firmaları için

yatırım yaparak uygun bir ekosistem oluşturulmasına destek vermelidir.	artırmak için yakın işbirliği içinde olmalıdır.	benimsemelidir: 1-İş modeli 2-Değer zinciri 3-Finansal Üs 4-Bilgi tabanı	öneme sahip hale gelmiştir.	ortamın da yeni yetenekler geliştirmesi gerekmektedir.	Endüstri 4.0'ın amacını ve potansiyelini tanımlaması ve buna göre özel bir strateji geliştirmesi gerekmektedir.
> Türk şirketleri yeni teknolojileri benimsemeye hazır olmak zorunda kalacaklardır.	> Ar-Ge bilgisini sektöre aktarmak gereklidir.	> Küresel uygulamaların yaygın olarak benimsenmesi, genel büyümeyi sağlayacaktır	> Bu nedenle, "yeni" endüstrinin dinamik telekomünikasyon ve İnternet kullanımını teşvik eden rekabetçi bir ortama ihtiyacı vardır.	> Endüstri 4.0'ın benimsenmesini sağlamak için geriye dönük eğitim politikalarını ve eski içeriğin kökten değiştirilmesi gerekmektedir..	> Stratejiyi uygulamak ve tüm düzeylerde satın alma oluşturmak için yukarıdan aşağıya organizasyon değişikliği gerekmektedir.

Kaynak: (Schober, 2017)

3. TARIM 4.0

Endüstri 4.0 kavramı ilk defa 2011’de Almanya’da ortaya atılmıştır. Bu kavram bilişim teknolojileri ve sanayinin bir arada olacağı, üretimin bilgisayarla entegre olacağı, maksimum verim elde edileceği ve yapay zekanın ön planda olacağını öne sürmüştür. Bu bilgi teknolojisinin tarım sektöründe de kullanılarak ve entegrasyon sağlanarak, tarımsal üretimin verimliliğini ve etkinliğini arttırmak amacıyla Tarım 4.0 hedeflenmiştir (Saygılı v. , 2019).

Tarım 4.0 beraberinde çeşitli kavramlar getirmiştir. Terminolojik olarak ele alındığında literatürde akıllı, dijital ve hassas tarım gibi ifadeler kullanılmaktadır. Çoğunlukla İngilizce’den Türkçe’ye çevrildiğinde bu terimler birbirlerine karıştırılabilmektedir. 1990’lı yıllardan itibaren tarımda kullanılan bilişim teknolojileriyle farklı terimlerle tarif edilmeye, adlandırılmaya çalışılmıştır. İlk zamanlar uzmanlar arasında “Precision Agriculture” yani hassas tarım ifadesi kullanılmakta, sonraları ise “Smart Agriculture” yani akıllı tarım ve “Digital Agriculture” yani dijital tarım terimleri kabul görmektedir.

Akıllı tarım bir felsefe olarak ele alındığında, doğanın heterojenliğini yöneterek bilgiye dayalı tarımsal üretimdir. Yani doğru miktarda girdinin doğru zamanda doğru yere, doğru yöntemle uygulanmasıdır. Bu akıllı tarım felsefesi, tarım teknolojileri ile destelenmektedir. “Geleneksel tarım”ın geleceği olarak görülen “akıllı tarım” kavramının sağlayacağı ekonomik avantajları ve çevre kirliliğini azaltma üzerindeki rolü çok önemlidir. Buna örnek olarak, geleneksel tarımda bitkilerin besin maddelerindeki değişkenlere dikkat edilmeksizin tarlanın tamamına veya yetersiz bir kısmına verilen gübre bitki gelişimine zarar vermektedir. Oysaki akıllı tarım teknolojileri kullanıldığında toprağın ve bitkinin ihtiyacına göre uygulamalar yapılabilir.

Ayrıca toprağın ihtiyacından fazla gübre verilmesi agronomik olarak verim düşüklüğüne neden olabilmektedir. Gerek gübre israfının önlenmesi, gerek bitki

veriminin korunması, gerekse ekonomik kayıpların önüne geçilebilmesi için geleneksel tarımdan akıllı tarıma geçmek önem arz etmektedir.

Sonuç olarak örneklerde görüldüğü gibi gelenekselden akıllı tarıma geçiş tercih olmaktan çıkmış zorunlu hale gelmektedir. Geleneksel tarımda dönüşüm gereklidir. Bu felsefî dönüşümle beraber gelen teknolojik yenilikler son 20 yıldır Türkiye’de prototip ve bilgi olarak üretilmekte ve kullanılmaya hazır hale getirilmektedir (Tekin A. B., 2018).

2013 yılında Alman hükümeti ilk olarak dördüncü endüstriyel evrim olarak bilinen Endüstri 4.0’ı önermiştir (Anderl, 2015). İki yıl sonra, Tarım 4.0 tanımlanmış ve hızla dünyadaki araştırmacıların dikkatini çekmiş ve beraberinde bazı gereklilikleri getirmiştir (Clercq, 2018).

Dört ana gereklilik aşağıdaki gibidir:

1. Artan gıda ihtiyacı

Nüfus artışı ve gıda kıtlığı dolayısıyla tarımsal üretime olan talebi arttıracaktır. Bu arada, insanların yeme alışkanlıkları da değişmiş, esas olarak yüksek değerli hayvan proteinlerine olan talebe yansımıştır. Ayrıca, kentleşmenin gelişmesiyle birlikte, tarım arazileri üzerinde altyapı ve binalar yer alacaktır (Yuan, 2018).

2. Kaynakların makul dağılımı

Doğal kaynaklar bugün inanılmaz derecede stres altındadır. İlk olarak, ekim için kullanılmayan arazi nadirdir ve ekili arazinin % 25'i ormansızlaşma, bitki örtüsünün aşırı kesilmesi, yetersiz nadas¹⁸ dönemleri vb. şeklindedir (Udias, 2018).

İkincisi, su kaynakları aşırı kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak nehirlerden ve göllerden sık sık su transfer etmek de ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır (Dong, 2018).

Üçüncüsü, yetersiz iş düzenlemeleri nedeniyle tarım makineleri verimli bir şekilde kullanılamamaktadır. Sonuç olarak, büyük miktarda enerji kaynağı boşa harcanmaktadır (Fountas, 2015).

3. İklim değişikliğine uyum

İklim değişikliği çevreyi büyük ölçüde etkilemiştir. İklim değişikliğine yol açan ana faktörlerden biri insan yapımı sera gazı (GHG) emisyonlarıdır. İklim değişikliğinin ikincil etkileri sık sık kuraklığa, sellere ve aşırı iklim koşullarına neden olmaktadır (Czimer, 2016).

Ayrıca, tarımsal üretimler iklim değişikliğinin etkilerine karşı özellikle hassastır. İklim değişikliğine uyum sağlama çabalarının eksikliği, gıdaların kalitesi, erişilebilirliği ve kullanımı konusunda artan belirsizliğe yol açacaktır (Kmoch, 2018).

¹⁸ Toprağın işlenerek bir süre boş bırakılması işlemidir.

4. Gıda israfından kaçınma; Gıda atıkları, üretim, dağıtım, pazarlama vb.

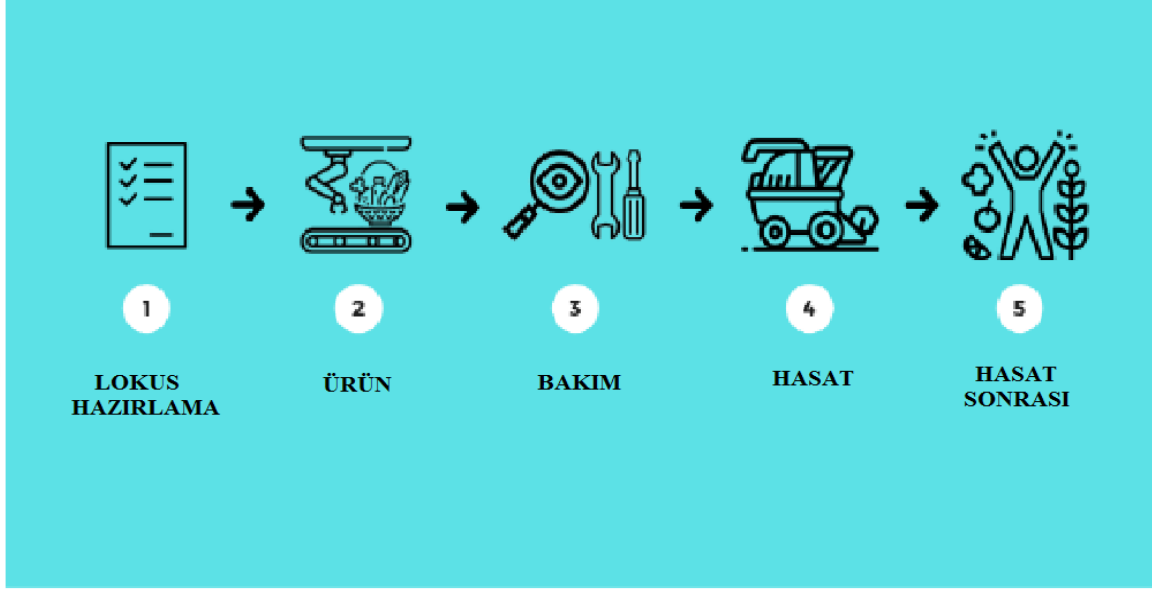
Birincisi, kimyasal ürünlerin aşırı kullanımı, haşere kontrolünün olmaması ve iklim değişikliğine adaptasyon bilgisinin yetersizliği vb. nedeniyle ürünler kalitesiz ve niteliksiz hale gelebilmektedir. Bu da gıda israfına ve tarım arazilerinde hasara yol açabilir (Van Evert, 2017).

İkincisi, dünya küreselleşmiş bir tedarik ve pazarlama sistemini paylaşmaktadır. Ancak, gıda dağıtımı acil bir süreçtir. Yetersiz teslimat karar verme süreci gıda israfına neden olabilir (Borodin, 2016).

Üçüncüsü, gıda atıkları çevreye zararlıdır. Boşa harcanan gıdaların geri dönüşümü ve işlenmesi yenilerini üretmekten daha fazla kaynak tüketecektir (Pourmoayed, 2016).

Bir Tarım 4.0 çerçevesinin planlanması, hazırlanması ve oluşturulması için gerekli stratejilerin görselleştirilmesi, teknoloji adımlarının yan yana yerleştirilmesiyle yapılabilir. Tipik bir tarım işleminde Şekil 8’da gösterildiği gibi, üretim aşamalarını temsil eden beş ana başlık vardır. Bunlar; lokus¹⁹ hazırlama, üretim, bakım, hasat ve hasat sonrası süreçlerdir.

¹⁹Bir genin kromozom üzerindeki özel konumu olarak düşünüldüğü yer olarak tanımlanır.



Şekil 8: Tipik Tarım Faaliyeti Süreçleri

Kaynak: (Bujang, 2019)

3.1. Tarım'daki Devrim Aşamaları

Dijital tarımda şuan gelinen nokta, aynı sanayi devrimi aşamaları gibi bir anda gelişen bir süreç değil, yıllarca sürmüş bir gelişim evresinin sonucudur. Bu evreler;

- **Tarım 1.0:** Hayvan gücüyle makineleşmenin entegrasyonu,
- **Tarım 2.0;** Tarımda traktör ve motorların kullanımına başlanması,
- **Tarım 3.0;** Dijital tarım uygulamaları ve yönlendirici sistemlere geçilmesi
- **Tarım 4.0;** Bağlantılı tarım uygulamaları şeklindedir.

3.1.1. 1. Tarım Devrimi (Tarım 1.0)

Buharlı motorun icadı ve mekanik üretime başlayan ve demiryollarının inşa edilmesi ile tetiklenen 1.Sanayi Devrimi 1750-1840 yılları arasında meydana gelmiştir.

Ancak, bu sanayi devrimine yol açan asıl etken 1600'lerin ortasından itibaren İngiltere'de tarımda yaşanan değişikliklerdir. Tarımda meydana gelen bu değişiklikler, artan nüfusun artan gıda ihtiyacını desteklemek için oluşmuştur. Böylece yaşanan bu değişiklikler “Tarım Devrimi” olarak bilinir hale gelmiştir. Birçok tarihçi, bu değişiklikler olmadan 1750'den itibaren sanayileşmenin ve sanayi devriminin gerçekleşmesinin mümkün olmayacağına inanmaktadır (Easton, 2014).

3.1.2. 2. Tarım Devrimi (Tarım 2.0)

Elektrik üretimini ve seri üretimi mümkün kılan montaj hattına 2. Sanayi Devrimi ile birlikte 19. Yüzyılın sonları 20. Yüzyılın başlarında (1870 ve 1914 yılları arasında) geçilmiştir.

Bununla beraber tarımın, bu nitelikteki diğer sektörlerin çoğundan, büyük ölçüde üretim koşulları iyileşmiş ve hızı artmıştır. Fakat tarım geniş alanlarda, insan gücüyle yapılır ve hasat edilene kadar tam olarak değer kazanmaz. Bunu takiben, sanayideki ölçek ekonomileri çok daha büyüktür. Çünkü üretim süreci tarımda olduğu gibi doğa tarafından değil, insan yaratıcılığı ile sınırlıdır (Persson, 2010).

Bu dönemde, yem bitkileri ve durak beslemeli hayvancılığa dayalı yeni tarım yöntemlerinin benimsenmesi hızla devam etmiştir. Ancak sahneye yeni aletler ve araçlar ortaya çıkmasına rağmen, tarımdaki teknolojik ilerlemenin önüne çıkan genel engeller dönüşümün benimsenmesini geciktirmiştir. Bazı ortamlarda yararlı olan icatlar başka yerlerde başarısız olmuştur. Dikenli tel (1868'de icat edilmiş) gibi birkaç “genel

amaçlı” teknoloji piyasaya sürülmüştür. Ancak teknolojinin büyük kısmı bölgeye ve ürüne özeldi ve bunun aksine, tarımsal üretkenlik, gübre kullanımının uzun sürmesi nedeniyle önemli ölçüde gelişti ve çiftçiler kimya endüstrileri tarafından üretilen nitrat, potasyum ve fosfat kullanmayı öğrenmişlerdir (University of Stellenbosch Business School (USB), 2017).

3.1.3. 3. Tarım Devrimi (Tarım 3.0)

Özellikle dijital devrim olarak bilinen 3. Sanayi Devrimi, 1960'lı yıllarda yarı iletkenler, ana bilgisayar hesaplaması (1960'lar), kişisel bilgisayar (1970'ler ve 80'ler) ve internetin (1990'lar) ana sürücüler olarak gelişmesiyle başlamıştır. 1960 aynı zamanda dünya nüfusunun 3 milyara ulaştığı ve “endüstriyel” tarım çağının başladığı yıl olmaktadır.

Tarımda endüstriyel yöntemler batı ülkelerinde iyi benimsenmiş ve kimyasal girdiler önemli ölçüde artmıştır. Tarım ve gıda üretiminin mekanizasyonu norm haline gelmiştir. Bu dönem büyük ölçekli kapalı tesislerde yaygın olarak kullanılan çok sayıda hayvan yetiştirilmektedir. Daha sonra buralarda sağlanan verimlerin, önemli gizli maliyetlerle birlikte önemli ölçüde arttığı görülmüştür.

Bu devrim aynı zamanda “Yeşil Devrim” in başladığı zamandır. Yeşil Devrim; yeni mahsuller, sulama, gübreler, böcek ilaçları, mekanizasyon, teknolojik bilgiyi genişleterek ve çiftçilere malzeme tedarik ederek ürün performansını ve verimi artırarak açlığı ortadan kaldırmak için planlanan uluslararası çaba olarak bilinmektedir.

Bunun yanı sıra, Yeşil Devrim'in başarısı sorgulanabilir. Çünkü bazı yerlerde gıda üretimi %1000'den fazla artmasına rağmen, her yer aynı sonuçlara sahip değildi. Açlığın azalmasına yardımcı olmasına rağmen, kıtlığı ortadan kaldırmadı ve üretim maliyetlerinin artmasına ve olumsuz çevresel etkilere yol açmıştır.

Sonuç olarak, teknoloji yaklaşımı güvenli bir gıda tedarikini garanti etmez ve genellikle ekolojik olarak sürdürülebilir değildir. Buna ek olarak, insanların kaynak eksikliğine veya ekonomik gücün dağıtımına, satın alma gücüne vb.de yeterli etkiyi sağlayamamıştır (McKenzie, 2007).

3.1.4. 4. Tarım Devrimi (Tarım 4.0)

Tarımda Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) rolü sadece son zamanlarda hem ölçeği hem de kapsamı olarak önemli ölçüde artmakla kalmamıştır. Aynı zamanda genişleyen geniş bant bağlantısı, “Nesnelerin İnterneti” nin (IoT) daha fazla konuşlandırılması, gelişmiş analitik, uygun fiyatlı cihazlar ve yenilikçi uygulamalar da tarımın dijitalleşmesine katkıda bulunmuşlardır (FAO, 2017).

Günümüzde tarımda akıllı telefonlar, tabletler, tarla içi sensörler, uydu ve dronlar gibi dijital teknolojilerinin kullanımları yaygındır. Toprak şartlarının uzaktan ölçülmesi, suyun daha akıllı yönetilmesi, hayvancılık ve mahsul izleme gibi bir dizi tarım çözümü sunulmaktadır. Bu durum, çiftçilerin daha verimli bir şekilde planlama yapmalarını ve daha verimli olmalarını sağlar. Sonuçta; elde edilen mahsul verimleri, hayvan performansı, proses girdilerinin optimizasyonu, işçiliğin azalması vb. karlılığı artırır. Dijitalleşme ayrıca çiftçiler için çalışma koşullarının iyileştirilmesine ve tarımın çevresel etkilerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (EIP-Agri Agriculture & Innovation, 2018).

Dördüncü tarım devriminin hali hazırda yolda olduğuna ve tarım endüstrisinin kesintiye uğramak ve yüksek teknoloji endüstrisine dönüştürülmek üzere olduğuna inanılmaktadır. Üretim verimliliğini artırma, tedarik zinciri verimliliğini artırma ve çiftçiliğin değer zinciri boyunca karmaşıklığı azaltma konularındaki büyüme fırsatlarından faydalanmak için sayısız yenilikçiye öncülük etmektedir.

Geleneksel yatırımcı şirketler sürece sadece yavaş yavaş dahil olmakla birlikte, büyük tarım ve kimya şirketleri halihazırda tarım teknolojisine veya “AgTech” e atıfta bulunularak büyük yatırımlar yapmaktadır. Tarımsal ekosistem açısından, beş büyük yenilik alanında aktif olan yenilikçilere dair artan kanıtlar vardır. Bunlar (Deloitte Monitor, 2016) :

1. Değer zincirlerinin yeniden yönlendirilmesi: Çok sayıda oyuncu, tedarik zinciri verimsizliğini azaltmak için doğrudan müşteriye teslimat, yemek kitleri, gıda e-ticareti ve benzerleri yoluyla değer zinciri adımlarını atlamaya çalışmaktadır.

2. Bitkisel verimlilik teknolojisi: Etkili verimi artırmak için insansız hava araçları, büyük veri, robotlar ve paylaşım platformlarının yanında sulama, toprak ve mahsul teknolojileri sunan start-up'lar ve sektörler arası yenilikçiler örnek gösterilebilir.

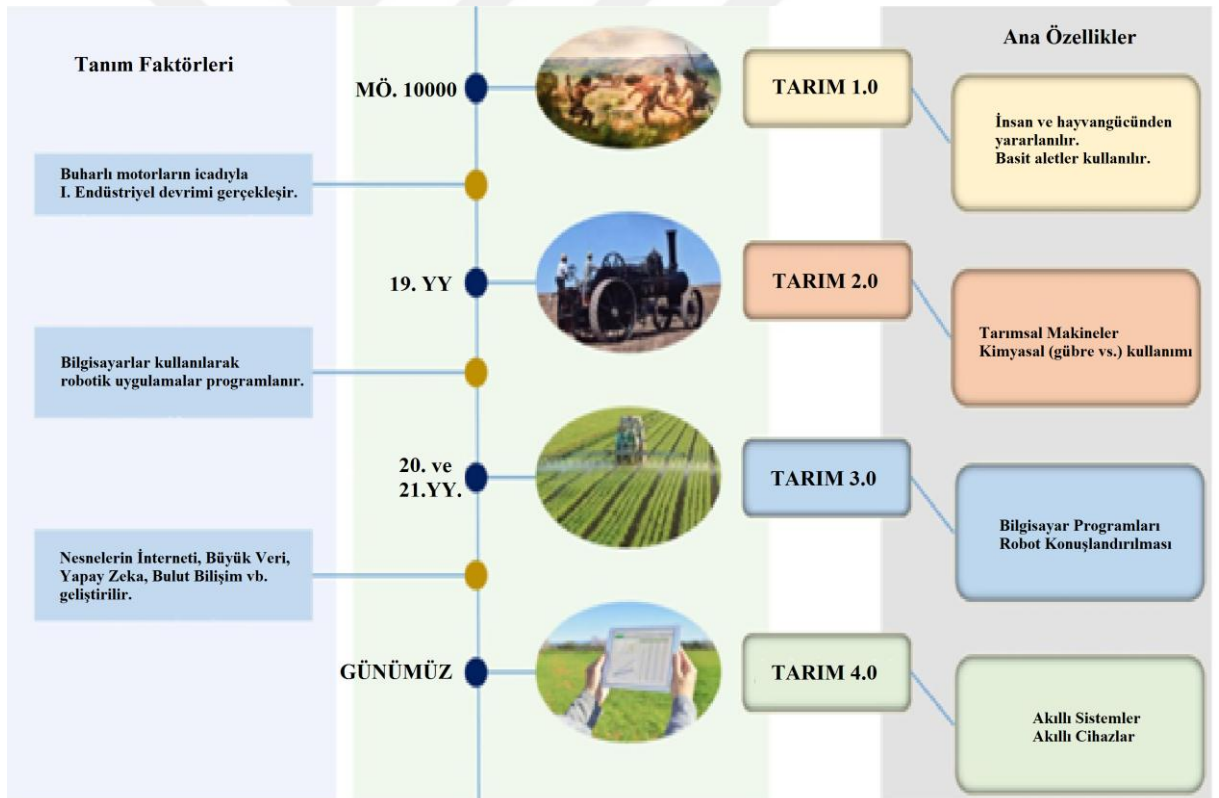
3. Biyo-kimyasallar ve biyo-enerji: Ekolojik ayak izinin azaltılmasını takiben, yenilikçiler biyolojik olarak üretilen tarım kimyasalları, biyo-malzemeler ve biyo-enerji geliştirmektedir.

4. Gıda teknolojisi ve yapay et: Şirketler, bir kilogram et üretmek için sekiz kilogramlık tahıl kavramına karşı koymak için “sürdürülebilir protein” kullanmak için bitki bazlı et ve yumurtalar geliştirmektedir.

5. Kapalı ve dikey tarım: Potansiyeli gösteren yeni yenilikler akıllı seralar ve kapalı tarımdır.

Hassas tarım kavramını daha da ileriye taşıyan Agtech, geleceğin çiftliklerini daha üretken ve verimli hale getirme konusunda ciddi bir vaatte bulunuyor, özellikle yedi ana kategorideki gelişmeler (AFGRI Agri Services, 2017):

1. Çiftlik yönetim yazılımı
2. Hassas tarım ve tahmini veri analizi
3. Çiftçilerin veri toplamasına ve bitki sağlığı, hava durumu ve toprak kalitesini izlemesine yardımcı olan sensörler
4. Hayvan verisi - özellikle üreme modellerinden genomiye kadar hayvancılığın daha iyi anlaşılmasını amaçlayan yazılım ve donanım
5. Robotik ve uçaklar
6. Akıllı sulama
7. Teknolojinin, daha önce geleneksel çiftçiliği desteklemeyen yerlerde ve ortamlarda çiftçiliği mümkün kılmak için alternatif tarım yöntemleri sağlamak için kullanıldığı yeni nesil çiftlikler ve pazar yerleri (çiftçileri herhangi bir aracı olmadan doğrudan tedarikçilere veya tüketicilere bağlayan teknolojik platformlar)



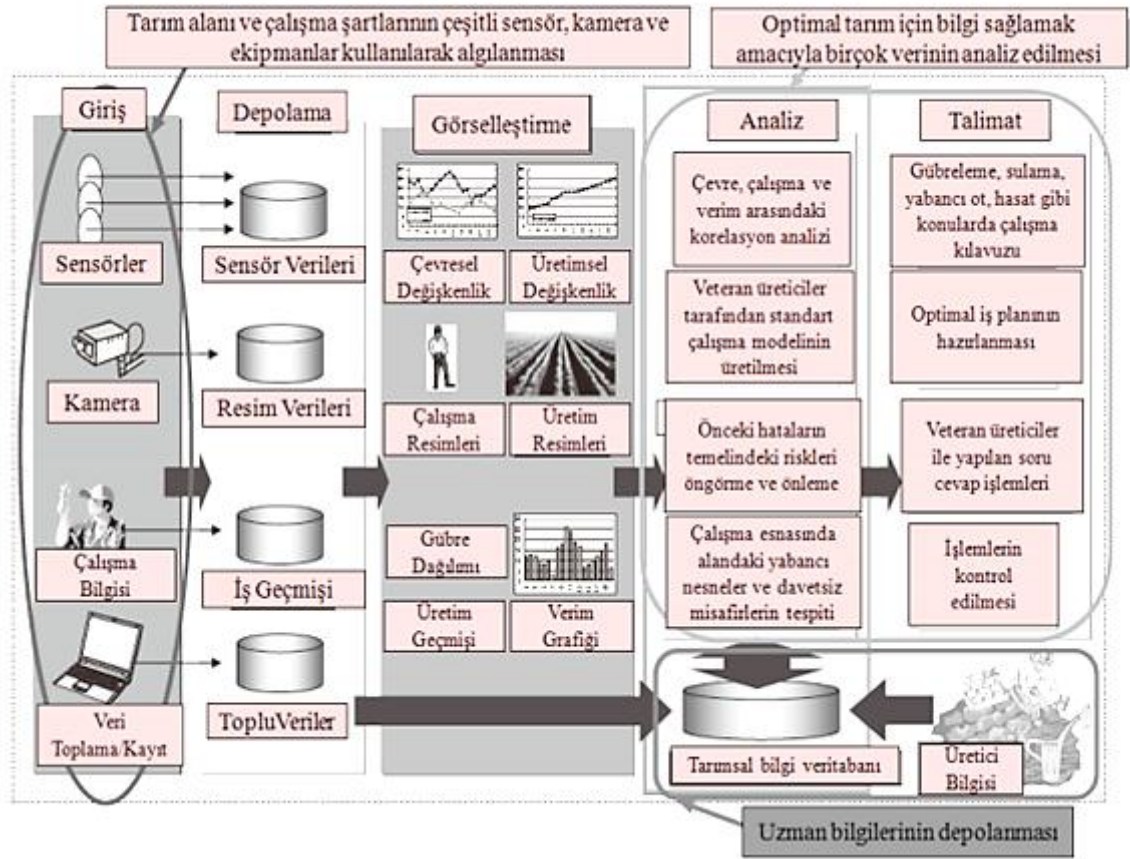
Şekil 9: Tarımda Yaşanan Devrimler

Kaynak: (Zhai, 2020)

3.2. Tarım Sektörü

Tarım sektörü; ekonomik, sosyal ve çevresel yönleriyle toplumdaki her kesimi yakından ilgilendirmektedir. Tarım; ülke nüfusunun beslenmesine, istihdamına ve milli gelire katkıda bulunmaktadır. Diğer sektörlerle hammadde temin edilmesinde ve ihracata katkı sağlamasıyla birlikte ekolojik dengeye de katkı sağlamasından dolayı tüm dünyada stratejik önem taşıyan bir sektördür (Doğan, 2015).

(Hori, 2011) , Japon Fujitsu şirketi kurduğu bulut sistemi ile ilgili tarım sektörü hakkında bilgi vermiştir. Bu bilgi tarımsal uygulamalar için bir bulut modelinin tasarlanması ile ilgilidir. Geliştirilen bu model üzerinden çiftçilerin ürünlerin satışının nasıl yapılabileceği ve fiyatlandırılması ile ilgili bilgilendirilmeleri sağlanmıştır. Üretim-satış planlaması, bilgilendirme desteği, operasyonel planlama yönetimi, ekili arazinin veri yönetimi için prototip bir web sayfası oluşturulması ve mobil uygulamaları araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmadaki bilişim teknolojileri ile desteklenmiş tarımsal üretim uygulamalarının veri akış şeması Şekil 10'de açıklanmıştır.



Şekil 10: Tarımsal İşlemleri Destekleyen Bilişim Teknolojileri Mekanizması

Kaynak: (Ünal, Tarımsal Üretim Uygulamalarında Bulut Hesaplama Teknolojisi, 2013)

3.3. Tarım Sektöründe Dijital Süreç

Dijital tarım veya Tarım 4.0, hassas ve akıllı tarım üretimine dayalı tarım mühendisliğinin evrimidir. Sürdürülebilir tarımda üretimin otomasyonu temel amacdır. Dijital, akıllı veya hassas tarım (Precision Farming) veri yönetimini otomasyon ile entegre ederek Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) aracılığıyla tarım alanlarının izlenmesini, kontrolünü ve rehberliğinin yönetimini sağlamaktadır (CEMA, 2017).

Sensörler tarımsal üretimin her aşamasında kullanılarak, makinelerin üretim sürecinde aralarındaki iletişimi sağlamaktadır. Bu sensörler ile donatılan tarım alet ve makineleri

çiftçilere üretim için gerekli koşullar için rehberlik hizmeti sağlamaktadır. Bu hizmetler sayesinde; toprağın mevcut durumu, bitkilerin ihtiyaç duyduğu mineral ve sulama miktarı, gübre ihtiyacı, hava koşulları, tahmini hasat zamanı gibi tarımsal üretimde gerekli olan konularda maksimum bilgi ve rehberlik alınabilir. Bu bilgiler doğrultusunda üretim yapan çiftçiler maksimum verim alabilmekle beraber, emek gücü ve üretim maliyetlerini minimize edebilme imkanına sahip olurlar. Bu da hem zamandan tasarruf edebilme hem de ürünlerinden yüksek kalite ve miktar alabilme şansını doğurmaktadır (Kahraman, 2020).

İngiltere'deki tarım arazileri büyük çiftlikler durumuna geldiğinde, tarım makinelerinin ortaya çıkmasıyla verimlilik ve karlılık artmış üretim daha iyi yönetilebilir hale gelmiştir. 1840'larda, gübre kullanımı verimliliği daha da artmıştır. 2. Endüstri Devrimi'yle (1870-1914) üretimde elektrikle meydana gelen değişim seri üretime, kimyasal gübreler ve ilaçların tarımsal zararlılarla mücadelede kullanılmasına başlanmış, tarımda mekanizasyon artmıştır. Dijital devrim olarak da bilinen 3. Endüstri Devrimi 1960'larda başlamış ve yeni ürünlerle, sulamadaki, gübrelemedeki, böcek ilaçlarındaki kısaca ve tarımdaki değişiklikler, mekanizasyon, teknolojik bilgi transferi "Yeşil Devrim" olarak adlandırılmıştır.

Bütün bu gelişmeler ışığındaki amaç, dünyadaki hızla artan nüfusu beslemek olmasına karşın, üretim maliyetleri arttıkça ve ekolojik olarak sürdürülemez hale geldikçe çevresel sorunlar ortaya çıkmıştır. Tarım teknolojilerindeki bu hızlı dönüşüm, traktör kullanımı, tarımsal anlamdaki zararlılara dirençli olduğu söylenen, genetiğiyle oynanmış ürünlerin ortaya çıkması tarımın içyüzünün tamamen değişmesine neden olmuştur. Tarım sektöründe, çiftlikleri daha iyi planlamak, izlemek ve yönetmek için 1994 yılında uydu teknolojileri tanıtılmıştır. 2000'li yıllarda çiftçilerin verimliliği arttırmasına yardımcı olması için yazılım ve mobil uygulamalar geliştirilmeye başlamıştır.

2011 yılında Alman Hükümeti, Endüstri 4.0 terimi ile ileri teknoloji stratejisini açıklamıştır. Bu sanayileşme süreciyle teknolojinin tarımda kullanımı artmış ve 2015

yılında çok büyük miktarda verilerin (büyük veri) kullanımının da görülmesi tarımda önemli gelişmelerin önünü açmıştır.

Çiftçiler bugün artık bilginin gücünü kaynaklarını daha etkin kullanabilmek ve bilinçli kararlar vermek ve için kullanmaktadır. Tarımda; dronlar ve uydular, tabletler, akıllı mobil telefonlar, alan sensörleri gibi dijital teknolojilerin kullanımları yaygınlaşmış ve toprak şartlarının uzaktan ölçülmesi, suyun daha iyi yönetilmesi, bitkilerin ve hayvanların izlenmesi gibi bir dizi tarımsal çözüm getirilmiştir. Dijitalleşme, maliyetleri en aza indirerek karlılığı arttırırken, tarımın çevresel zarar etkisinin azaltılmasına da yardımcı olmaktadır (USB (University of Stellenbosch Business School), 2017).

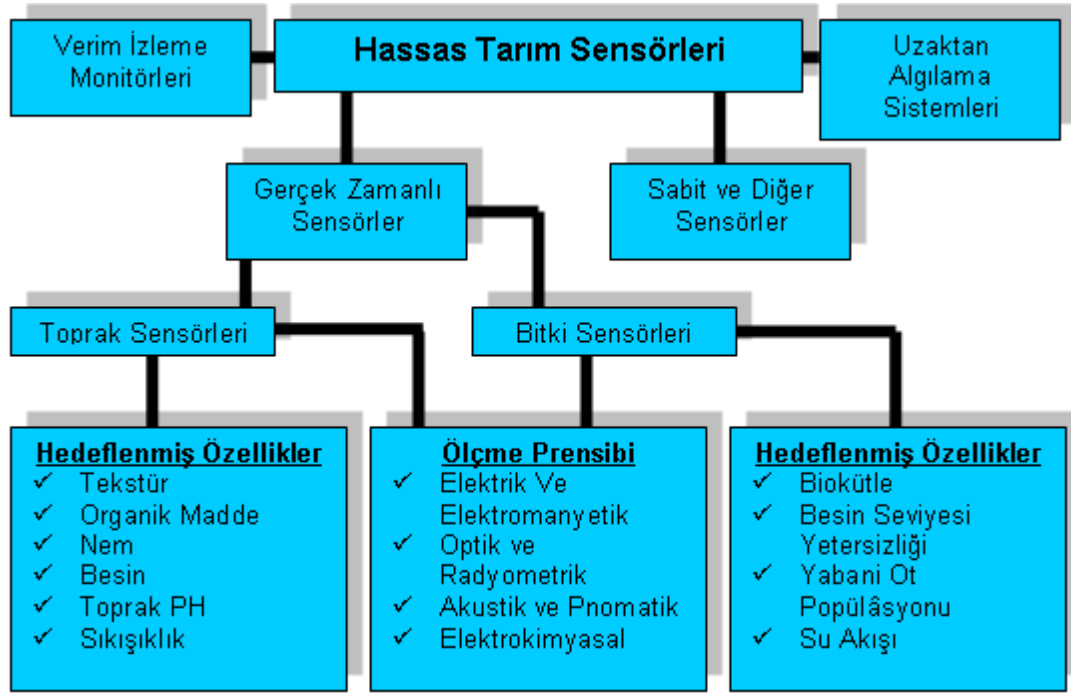
3.4. Dijital Tarım

Tarımın ilerleyen yıllarda artan dünya nüfusu için daha az fiyatla daha fazla üretimi karşılamak durumunda kalması öngörülmektedir. Böyle bir durumda akıllı tarım akıllara gelmektedir. Akıllı tarımın nihai amacı maliyetleri düşürürken, artan nüfus gereksinimlerini karşılayabilecek, çiftçilerin karşılaştığı zorlukları minimuma indirecek bir entegrasyon oluşturmaktır. Akıllı tarım bileşenleri kullanılarak bu sorunlara yardımcı olabilecek sorunların çözümü amaçlanmaktadır (Tarnet, 2020).

Klasik üretimden ziyade tarımsal verimliliği maksimize ederek, toprak-ürün yönetimi, kaynakların daha verimli kullanımı, çevreye verilen zararın minimum edilmesi gibi unsurları ele alarak, tarımsal üretimde uygulanan girdilerin ihtiyaç duyulduğunda, ihtiyaç duyulan zaman ve miktarda kullanılmasıdır (Tarnet, 2020).

Akıllı tarımın bir diğer tanımı olan hassas tarım ise doğru zamanda ve doğru yerde doğru yollarla yeni teknolojiler kullanarak, çevreye verilen zararı minimuma indirerek

sürdürülebilir üretim yapmayı sağlayan, verim ve kazancı arttırmayı amaçlayan, bilgi, teknoloji ve üretime dayalı bir tarım yönetim sistemi olarak ifade edilmektedir. Hassas tarımda kullanılan teknolojiler aşağıdaki Şekil 11’da gösterilmektedir.



Şekil 11: Tarımda Teknoloji Gelişimi: Hassas Tarım

Kaynak: (Ünal, Tarımsal Üretim Uygulamalarında Bulut Hesaplama Teknolojisi, 2013)

3.4.1. Dijital Tarım Uygulamaları

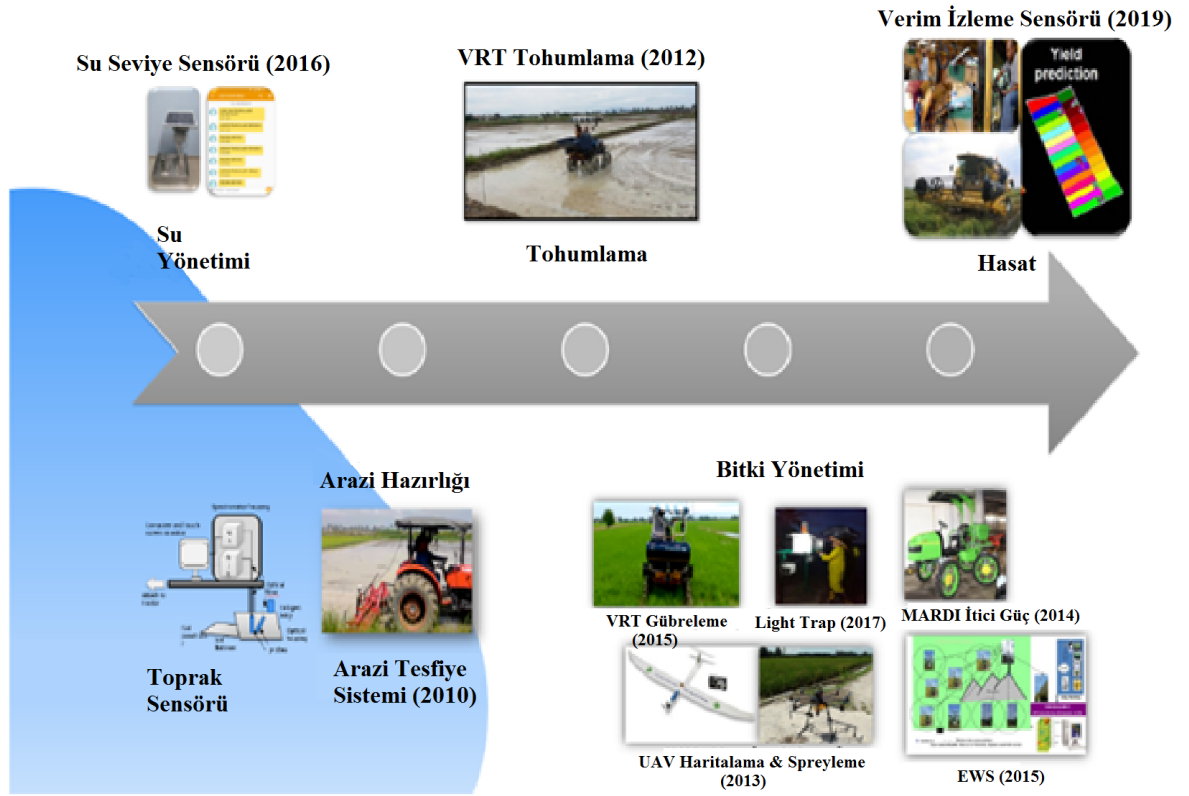
- Tarımsal alanda akıllı sulama sistemleri sayesinde otomatik sulama imkanı sağlanabilecektir.
- Kullanıcı, çiftçi tek bir tuşla su sistemi aktive edebilecek.
- Kullanıcı topraktaki nemi ölçen sensörler sayesinde, nem değerlerini ölçebilecek. Hava durumuyla entegre olan bir sistem ile su ve elektrik tasarrufu sağlanabilecek,

- Elektrik kesildiğinde veya herhangi bir sorun oluştuğunda sistemin motoru aktive olmaz ise kullanıcı isterse motoru manuel olarak kontrol edebilecek,
- Bulut bilişim sayesinde nem ve sıcak sensörleri analiz edilebilecek, grafik şeklinde görüntülenebilecektir (Roltek - Dokuz Eylül Üniversitesi Teknoloji Geliştirme, 2018).

Hassas tarım, insansız hava araçları (İHA) ve mekanizasyon ve otomasyon çözümleri gibi mevcut teknolojiler, daha yüksek kapasiteli 5G ağı, IoT modülleri, Blockchain²⁰ ve robotik araçlar gibi yeni teknolojilerle kullanılabilmektedir.

Malezya Tarımsal Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü (MARDI) şu anda araziye değişken oranlı (VRT) tohumlama ve gübreleme yaparak erken uyarı sistemleri ve su yönetimi için verim izleme sensörleri yerleştirilmiş ve çeşitli teknolojilerin bulunduğu çeltik tarlaları için hassas tarım teknikleri araştırma ve değerlendirmesi yapmaktadır. Arazi hazırlığında, düz bir topoğrafya, tarlalar yabani otların büyümesine karşı yeterli koruma sağlamak için idealdir. CBS bazlı arazi araştırması, arazi seviyesi özelliklerini haritalamak ve tohumlama haritasında kullanılacak arazi seviyesi endeksini elde etmek için kullanılmaktadır (Bujang, 2019) s: 6.

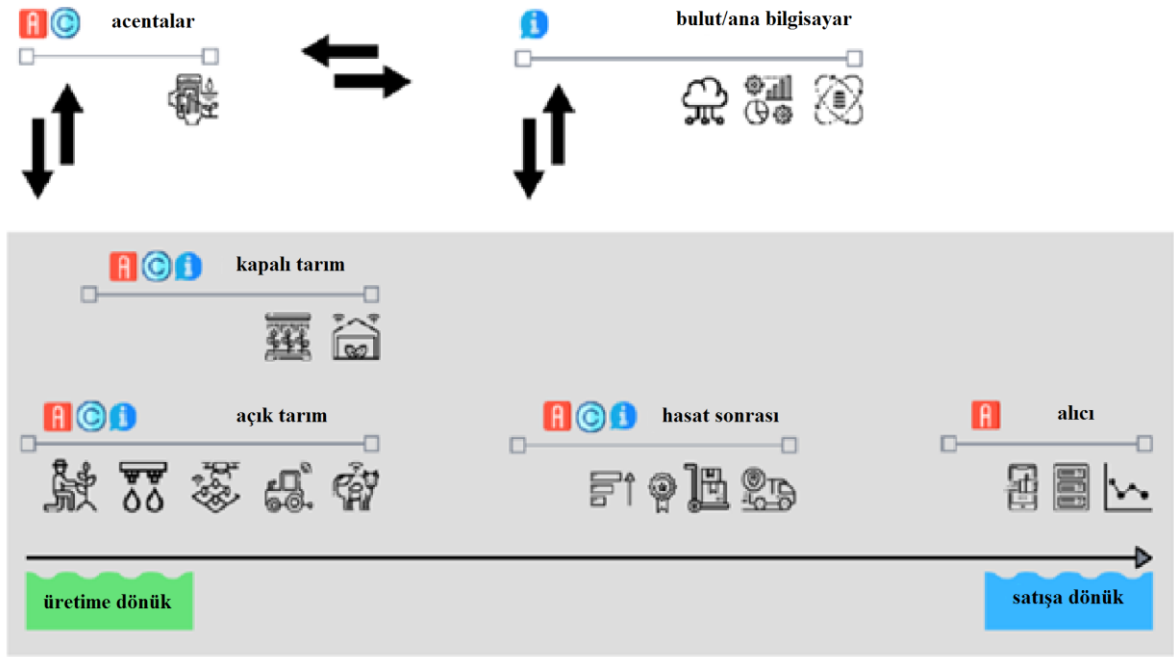
²⁰**Blockchain:** Kriptografi kullanarak birbirlerine bağlanan ve güvenli hale getirilen, devamlı büyüyen ve bloklar adı verilen bir kayıt listesidir.



Şekil 12: MARDI'nın Hassas Tarım Ar-Ge Faaliyetleri İçin Teknoloji Haritası

Kaynak: (Bujang, 2019) s:8

Şekil 13'te olduğu gibi Ar-Ge, üretim zinciri boyunca üç sütunla belirlenen hatlar boyunca ilerlemelidir. Bu zincirdeki ilgili sütunları ve içindeki verilerin nasıl yönetildiğini belirleyerek Ar-Ge faaliyetleri daha fazla odaklanabilir. Çiftliklerden gelen MG (Makine tarafından oluşturulan, Machine-generated) verilerinin toplandığı ve verim ve hasat sürelerini izlemek ve belirlemek için analiz için bulut tabanlı platformlara itildiği görülebilir. Bu veriler daha sonra ürün hasat için ve kalite kontrol, izlenebilirlik ve müşteri memnuniyeti için müşterilere taşındığında PM (Proses aracılı, Process-mediated) verileriyle artırılır. Daha sonra müşterilerden alınan HS (İnsan kaynaklı, Human-sourced) verileri, daha sonra üretim sistemine geri dönüştürülecek olan gıda bulunabilirliğini, satın alınabilirliğini ve güvenliğini belirlemek için ajanslar ve düzenleyiciler aracılığıyla PM verileriyle analiz edilmektedir (Bujang, 2019) s:5.

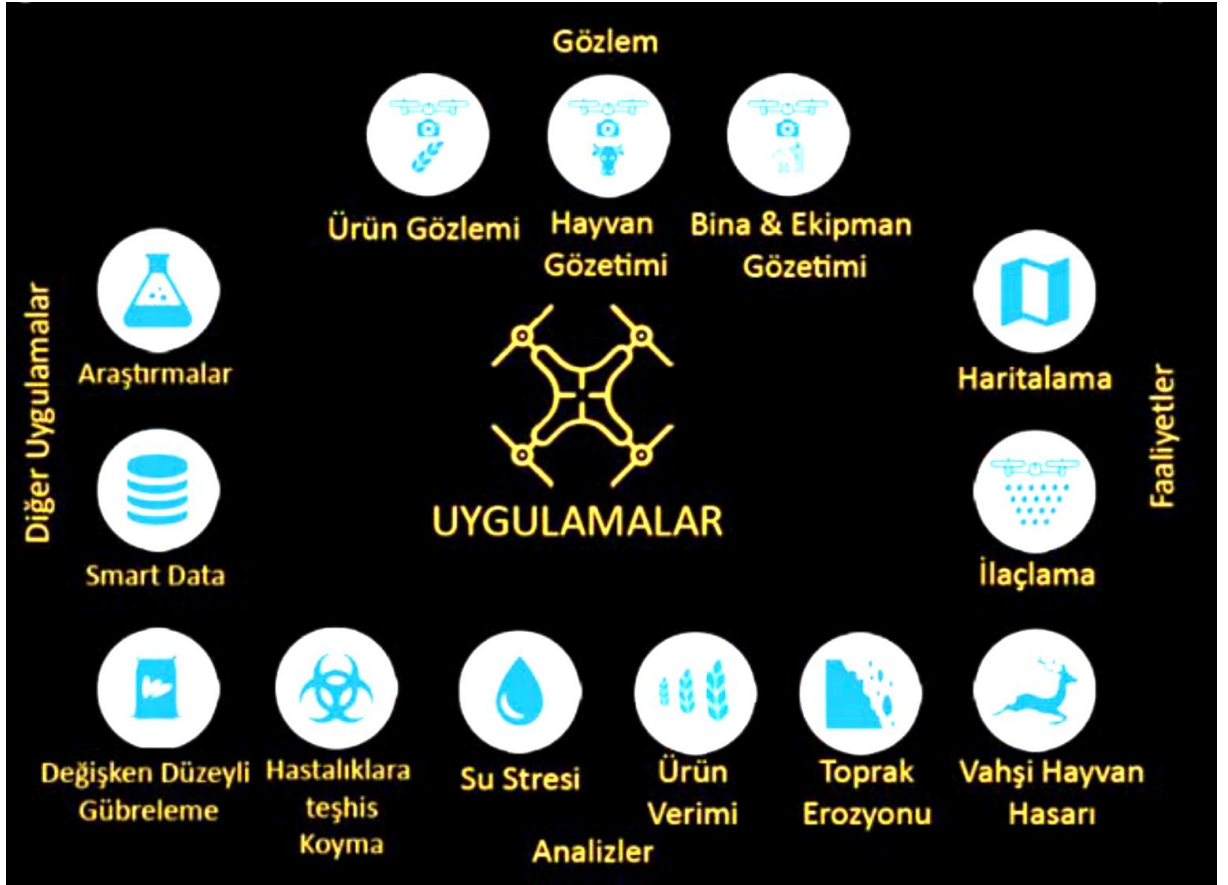


Şekil 13: Tarım 4.0 Çerçevesi: Üretim Sistemindeki Otomasyon, Bağlantı ve İstihbarat Teknolojisi sütunları ile ilgili süreçlere göre sınıflandırılan veri akışı. (Teknoloji Sütunları: A = Otomasyon, C = Bağlantı, I = Zeka)

Kaynak: (Bujang, 2019) s:6

3.4.2. İHA'ların Tarımsal Amaçlı Kullanımı

İHA yani insansız hava araçları savunma ve güvenlik alanları haricinde sivil bölgelerde de kullanılmasıyla tarım, yangınla mücadele, ulaşım-taşımacılık, doğal hayatın gözetimi, havadan çekim, deprem sonrası hasar ve radyasyon tespiti gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Tarım alanında kullanılan İHA'lar; su stresi tespiti, hastalık ve haşere tespiti, olgunluk ve verim tahmini, yabancı ot florası tespiti, su kaynaklarının kontrolü, işçilerin kontrollerini uzaktan algılama temelli gözetimin altyapısını oluşturan izleme teknikleri için yapılan uygulamalardır. Hava platformlarından veya uydudan alınan görüntülerle hasat sezon içi ya da sonrasında bitki haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalar yürütülebilmektedir (Koger, 2003), (De Castro, 2012).



Şekil 14: İHA'ların Tarımda Kullanıldığı Konular

Kaynak: (Türkseven, 2016)

Akıllı tarımda uzaktan algılama ile uydu ve hava kaynaklı platformlardaki problemlerin üstesinden gelebilmek için İHA'lara yer verilmektedir (Tekin A. B., 2015). İnsansız hava araçlarının tarımda kullanıldığı başlıklar Şekil 14: İHA'ların Tarımda Kullanıldığı Konular'da gösterilmektedir.

Bu görüntüler alındıktan sonra kullanılan kameralardaki sensörler oldukça önemlidir. Gerçeğe en yakın görüntüyü sağlayan; göreceli(visual) sensörler, vejetasyonun 3D boyuta taşınmasını sağlayan lider sensörler, nesnelerin ısı farkının esasına göre ayrımını yapabilen termal ısı sensörleri ve kızılötesi dalgalar ile yansımaları ölçebilen multispektral ve hiperspektral sensörler kullanılmaktadır.

Özellikle de kızılötesi dalgaların yansımalarında kullanılan sensörler uzaktan algılamayla ilgili yapılan çalışmalarda çok yaygın kullanılmaktadır. Bitkilerin spektral ayrımlarından kaynaklanan farklılıklarının analizleri çeşitli endeksler kullanılarak yapılmaktadır. Bu ayrımsal farklar; sağlıklı bitkiyle sağlıklı bitki, olgunlaşmış bitkiyle olgunlaşmamış bitkiyi, yabancı ot ile kültür bitkisini, su stresinde bitkinin suya olan ihtiyacını rahatlıkla spektral endekslerle ortaya koyulabilmektedir.

Genelde sağlıklı bitki yeşil tonlarında, su eksikliği olan sağlıklı bitki sarı veya yeşilin farklı bir tonunda olmaktadır. Bitkilerdeki bu değişimleri insan fark edene kadar geç kalınabilir. Fakat yakın kızıl ötesi (NIR) spektrum ve ışık tayfında toplanan bu veriler bitkilerde oluşan bu değişimleri insan gözünün fark edebilmesinden çok daha önce algılayabilirler (Türkseven, 2016).

3.4.3. Dijital Tarımda Bulut Teknolojisi Kullanımı

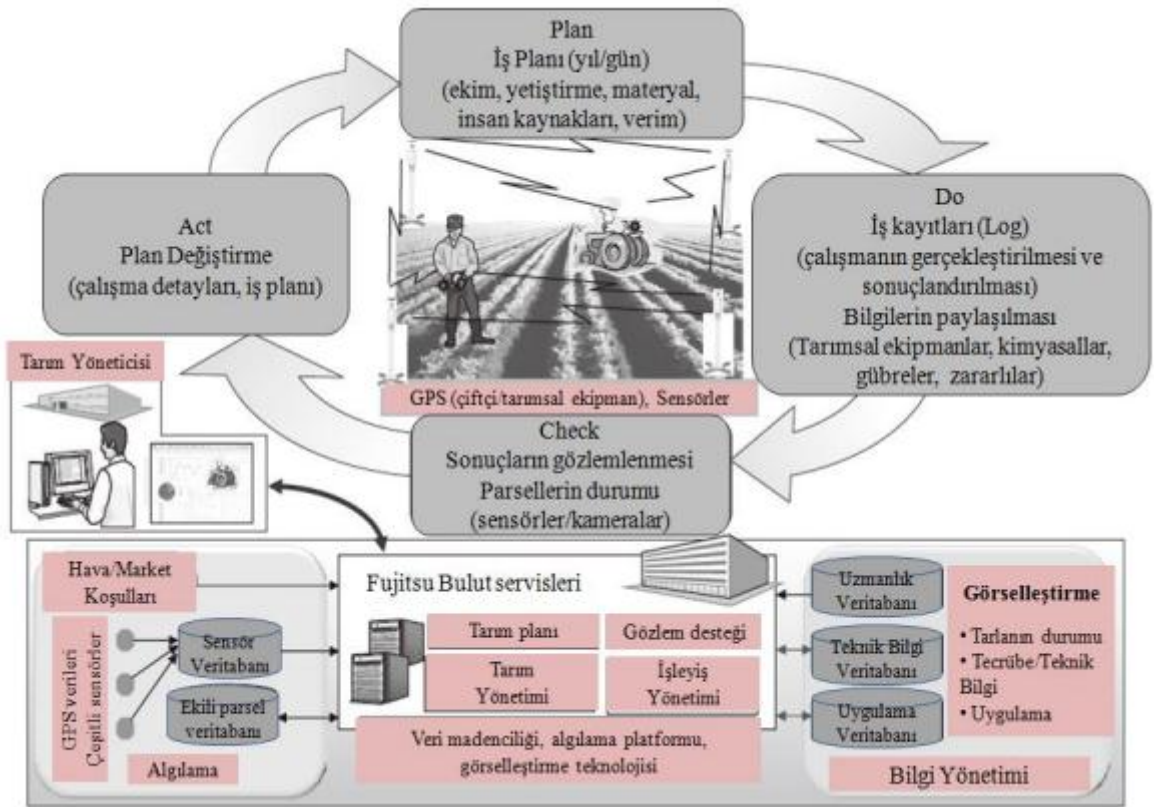
Bulut bilişim yöntemi, yönetim veya servis sağlayıcı etkileşiminden çok az çaba sarf ederek hızlı bir şekilde alınabilen ve serbest bırakılabilen bir model olarak tanımlanır ve paylaşılan ayarlanabilir bilgi işlem kaynakları havuzuna uygun ağ erişimi sağlamaktadır (Mell, 2009).

ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST)'nin tanımındaki bulut bilişime göre; talep üzerine ve hızlı bir şekilde alınabilen ve serbest bırakılabilen paylaşılabılır, ayarlanabilir bilgi işlem kaynakları setine, yönetim veya servis sağlayıcı etkileşimi ile çok az çaba göstererek ağ erişimi sağlayan bir modeldir (Simmon, 2012).

Dijital tarımda bulut teknolojisi kullanımının avantajları; anında güncelleme, arttırılmış dosya format uyumu, arttırılmış veri güvenliği, düşük donanım maliyeti, düşük yazılım maliyeti, gelişmiş performans, gizlilik ve güvenlik, grup çalışması, işletim sistemlerinin arasında geliştirilmiş uyum, sınırsız depolama kapasitesine sahip olma şeklindedir.

Dezavantajları ise; deneyimsiz bulut operatörü, düşük hızlarda düzgün çalışmaması, güvenlik açıkları, kullanılan programın özellikleri sabit hızda internet bağlantısı gerektirmesi, sistem güncellemeleri, uygulamanın yavaş çalışması şeklindedir.

Araştırmacılar bu tarımsal uygulamalarda kullanılan PDCA ²¹ döngüsünün bulut teknolojilerinin geliştirilmesinde önemli ölçüde katkıda bulunacağını bildirmişlerdir. Araştırmacıların önerdiği tarımsal bulut modeli ve PDCA döngüsü Şekil 15'te gösterilmektedir.



Şekil 15: Tarımsal Bulut Modeli ve PDCA Döngüsü

Kaynak: (Mell, 2009)

²¹PDCA: Planla-Yap-Kontrol et-Harekete geç

Büyük tarım alanlarının heterojen yapısındaki değişimleri anlamak, değerlendirmek ve uygulamak üreticiler için çok zor ve imkansız gibi görünebilmektedir. Ancak, teknolojik gelişmeler bu farklılıkları algılamak için çok çeşitli hizmetler sunabilmektedir. Ayrıca, dijital tarım teknolojisi ile geleneksel tarım üretimi sistemini bütünlükten kurtarmakta ve tarımsal alandaki parçalar şeklinde değerlendirmek için fırsat sunmaktadır (Topakcı, 2010).

Hassas tarım teknolojisinin bileşenleri olan GIS, GPS, ürünleri uzaktan algılama, performanslarını izleme teknolojileri bu alandaki farklılıkları tespit etmekte kullanılabilmektedir. Belirlenen veriler, hassas tarım için son ve en önemli bağlantı olan değişken oranlı uygulama sistemleri yardımıyla değerlendirilir ve sonuçlandırılırlar. Günümüzde güçlü bilgisayarlar, gerçek zamanlı kontrolörler, değişken hızlı uygulama ekipmanları, global konumlandırma sistemleriyle ve sensör teknolojilerindeki gelişmeler ile her türlü veriyi çok hassas bir şekilde elde etmeyi, değerlendirmeyi ve uygulamayı çok daha kolay hale getirmektedirler (Sudduth, 1999).

Dijital tarım teknolojilerinden faydalanmak isteyen insanlar, kurumlar veya kuruluşlar için temel sorun, sistemin kurulum maliyetidir. Veri toplama ve depolama için gerekli bilgisayar sistemleri, veri analizini sağlayan yazılımlar ve kullanıcılara sonuçları anlaşılır bir şekilde rapor etmelerini sağlayan uzman sistemler en önemli maliyet kaynaklarıdır. Veri depolama üniteleriyle, analiz yazılımı ve uzman sistemler gibi dijital tarım teknolojisi altyapısını oluşturan bu bileşenlerin güçlü hizmet sağlayıcılar tarafından kurulması ve bu sistemlerin İnternet üzerinden tüm kullanıcılara açılması maliyetleri en aza indirecektir. Sonuçta, şirketlerin işlerini yürütürken kullandıkları bilgi sistemleri ile ilgili hizmetleri, üçüncü şahıslardan internet aracılığıyla sağlayan bulut bilişim yöntemi, dijital tarım teknolojisinin sorununa çözüm sağlayacaktır (Ünal, Tarımsal Üretim Uygulamalarında Bulut Hesaplama (Cloud Computing) Teknolojisi , 2013).

(Venkataramana, 2012), tarımsal bulut konusu ile alakalı bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelin, bitkilerin hastalık analizi, üretim sırasında uygun fiyatlı gübrelerin mevcudiyeti için çiftçilerin, araştırma merkezlerindeki uzmanların veya Tarım Bakanlığı'nın ilgili bölümlerinin kolayca anlaşılabilir bir şekilde gerekli tavsiyelerin aktarılmasını sağlayan bir yapıda olması gerektiğini belirtmektedirler.

3.4.4. Topraksız ve İnsansız Tarım

Topraksız tarım anlam olarak topraksız bir ortamda besin çözeltisi ile bitkilerin yetiştirilmesidir. Besin maddeleri ile zenginleştirilmiş katı veya sıvı ortamlarda yetiştirilen bitki, toprak dışında tarımsal üretim yapılmasıyla oluşur. Ayrıca topraksız tarım, seracılık için uygun bir yetiştirme yöntemidir, ancak yakın zamanda açık havada da uygulanmaya başlanmıştır. Amacı, bitki besinlerini bir dizi besin maddesi ile sağlamak ve bitkilerin besin ve su gereksinimlerini ekonomik olarak besin çözeltileri ile zenginleştirilmiş katı bir ortamda veya suda ekonomik şartlar yaratmaktır.

Dünyadaki tarım alanlarının artan verimsizliği, nüfus oranındaki artış, küresel ısınma ve gıda fiyatlarındaki artış, topraksız tarım üzerine bilim ve araştırma dünyasına ışık tutarak araştırma boyutunu aşmış, bugün uygulama boyutuna taşınmıştır. Türkiye ise bu çalışmaların henüz çok başlarında olmasına rağmen uygulamalar yapmaktadır. Özellikle bu uygulamalar, Ege'nin güneyinde ve Akdeniz bölgesinde topraksız tarım yapılmaya başlamıştır (Özkan, 2014).

Topraksız tarım tarımsal kalkınma için yeni geliştirilmiş bir teknik olarak kabul edilir, ancak basit bir teknik değildir. Bununla birlikte, birçok ülkede yetiştiriciler arasında bu yeni tekniğin teknik altyapısı yoktur ve iyi eğitilmiş istihdamlara ihtiyaç vardır. Sonuç olarak, yeterli sermaye ayrılacak olursa topraksız sistemlerin iyileştirilmesinde ilerleme

kaydedilebilir ve tarımsal yenilik uygulayan ülkelerde geniş bir istihdam sağlanacağı söylenebilir.

Topraksız tarımın avantajları:

- Üretim artışı
- Su kontrolü
- Bitki beslenmesinin izlenmesi
- Arındırma uygulamaları
- Ürün çeşitliliği
- Tarıma elverişli olmayan araziler
- İşgücü gereksinimlerinin hafifletilmesi

Topraksız tarımın dezavantajları:

- Yüksek sermaye yatırımı
- Teknisyen ve vasıflı işgücü sıkıntısı
- Patolojik Yaralanma Riskleri şeklindedir (El-Kazzaz, 2017).

İnsansız tarım olarak kullanılan kavram akıllı tarım yazılımlarının, dronların ve insansız hava araçlarının kullanılmasıyla uygulanan tarımdır. Dünyadaki son gelişmelerden biri olan dronlar yaygın olarak tarımda kullanılmakta ve kullanımı da hızla artmaktadır. İnsansız hava araçları (İHA) olarak bilinen, insan pilotu olmayan uzaktan kumandalı uçaklar da tarım alanında aktif faaliyet göstermektedir. Bunlar ve uydu bazlı alınan bilgiler, tarımda kanıta dayalı planlamayı destekleme ve mekansal veri toplamada büyük bir potansiyele sahiptir. Bazı doğal sınırlamalara rağmen, bu araçlar ve teknolojiler daha sonra politikaları ve kararları etkilemek için kullanılabilecek değerli veriler sağlayabilir.

"Gökyüzündeki bir gözün" avantajları, verileri ve görüntüleri eyleme dönüştürülebilir bilgilere dönüştüren analitik araçlarla birlikte yeni bir devrim başlatmaktır. Bununla birlikte, gizlilik ve güvenlik endişelerini ele alma önceliği, bu teknolojilerin sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasında kilit öneme sahiptir. Birleşmiş Milletler, insani krizlerden tarıma kadar çeşitli görev alanlarında insansız hava araçlarını test etmiştir. Acil durumlarda daha güvenli bir izleme sistemi sağlamanın yanı sıra, dronların kullanışlılığı, daha hızlı ve daha hızlı veri toplanmasını kolaylaştırmak için dikkat çekicidir.

Tarımda dron kullanımı, ekin üretiminde, erken uyarı sistemlerinde hızla artmakta, afet, ormancılık, balıkçılık ve vahşi yaşamı koruma riskini azaltmaktadır. Dronlar, sigorta hasarlarının adli analizi de dahil olmak üzere tarımsal sigorta ve değerlendirme endüstrisinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Dron görüntüleme, mahsul kayıplarını doğru bir şekilde tahmin etmek için de çok yararlıdır (Sylvester, 2018).

3.4.5. Dijital Tarım Yazılımları

Akıllı tarım yazılımları, çiftçilerin ürünlerini korurken, mahsullerin verimlerini ve gelirlerini takip etmesini, yönetmesini ve en üst düzeye çıkarmasını sağlayan bulut tabanlı sistemlerdir. Bu yazılımları kullanan çiftçilere, hava durumu tahmin analiz verileri ve dronlar kullanılarak alanın (tarlanın) güncel durumunu, toprak yönetimi hakkında bilgi ve ürünlerin nem, su, güneş ihtiyacı gibi verilere ulaşmasına olanak sağlamaktadır. Diğer bir deyişle hassas tarım yazılımlarının sunduğu imkanlar şu şekildedir (PAT Research, 2020);

- Eş zamanlı veriler
- Verim izleme
- Yerleşik muhasebe

- Saha yönetimi
- Envanter yönetimi
- Emek yönetimi
- İzlenebilirlik
- Hava durumu verileri
- İşbirliği

Bahsi geçen yazılımlara örnekler vermek gerekirse;

1. AgDNA

Hassas tarımda kullanılan ekipmanlardan en iyi şekilde yararlanmayı ve verileri öngörülere dönüştürmeyi vadeden bu yazılım ile tüm ekim, uygulama ve verim aktiviteleri için agronomik²² verileri eş zamanlı olarak sunduğu belirtiliyor. Yazılım daha sonra bu verileri hava durumu, eğim, toprak ve her dönümdeki görüntülerle uydusal olarak analiz ederek benzersiz bilgiler sunmakta olduğunu belirtiyor (AgDNA, 2020).

2. Sentera/ FieldAgent

FieldAgent, mahsullerin takiplerini, verim kontrolünü ve toprak verimini eş zamanlı sağlayan bir yazılımdır. Arazinin analizlerini yapmak ve değerlendirmek üzerine geliştirilmiştir. Sensörler yardımıyla topladıkları verilere eş zamanlı ulaşım sağlar (Sentera Inc., 2019).

²² Agronomik: Çiftçilikle ilgili bilgilerin araştırıldığı bilim dalı.

3. AgroSense

Bu yazılım modüler tarım alanı yönetim sistemi sağlayan zengin bir istemci platformudur. Çeşitli kaynaklardan gelen verilerin tek bir entegre tarla yönetim sisteminde birleştirildiği açık bir veri kaynağı çerçevesi sağlar. Bu veriler devlet daireleri, üniversiteler veya ticari işletmeler tarafından sağlanabilir (Open Source Ecology, 2013).

3.5. Dijital Tarımın Ekonomik, Sosyal Ve Politik Etkileri

Dünyanın en eski endüstrisinin diğer endüstrileri yakalamak için hala bir yolu olsa da, tarımsal ürünlere yönelik küresel talep arttıkça, aynı zamanda tüketiciler, perakendeciler ve katılımcılar akıllı tarımın benimsenmesinin Endüstri 4.0'da gelişmesi kaçınılmazdır. Değer zincirleri, ürün kalitesi ve üretimin şeffaflığı açısından taleplerini artırmaktadır. Teknolojinin tek başına geliştirilmesi ve aktarılması, verim boşluklarıyla başa çıkmayacak veya israfı veya hasat sonrası kayıpları azaltmayacaktır. Etkin bir yatırım ortamı da oluşturulmalıdır. Çiftçilerin teknolojileri ancak bunu yapmak için sağlam teşvikler varsa benimsemesi muhtemeldir. Bu, iyi işleyen girdi ve çıktı piyasaları, gelişmiş altyapı ve daha iyi finans ve risk yönetimi araçları gerektirmektedir (FAO, 2017).

Mevcut ve gelecekteki küresel gıda arzının getirdiği zorluklar, yine de tarımı teknolojik yeniliklere doğru itmeye devam edecek, ancak aynı zamanda yeni teknolojik gelişmeler de yeni sorular yaratacak. Teknolojik olarak mümkün olan her şey gerçeğe dönüşmeyecek, dolayısıyla dünyadaki sosyal, ekonomik ve politik gelişmeler bağlamında değerlendirilmesinin önemi olacaktır (De Wilde, 2016).

Tarım 4.0'ı hızlandıran sürücüler ve mega trendler:

Dört istihbarat sağlayıcısı ve trend gözlemcisi seçimi ile vurgulanan genel mega trendlerin daha önce tartışılmış bir incelemesine dayanarak, dört boyutta yaygın olarak belirtilen on iki mega trendiyle (Anderson, 2010), Tablo 6, tarım üzerinde etkili olan sürücüleri ve ilgili mega trendleri göstermektedir.

Tablo 6: Tarımı Etkileyen İtici Güçler ve İlişkili Mega Trendler

Sürücü	Megatrend	Açıklama	Tarımla ilgili örnekler
Teknoloji	Yıkıcı teknoloji gelişmeleri	Çok sayıda trend gözlemcisi tarafından belirtilen çoklu teknoloji mega trendleri, örneğin: - Her yerde bağlantı, Nesnelerin İnterneti - Malzemeler (örn. Akıllı, nano, bio vb.) - Özelleştirme, kişiselleştirme, yerelleştirme - Veriye dayalı teknolojiler - Bilgi güvenliği ve veri koruma - Sanal dünya - Yapay zeka ve Robotik - Genomik - Kişiselleştirilmiş tıp - vb.	• Çiftlik yönetim yazılımı • Hassas tarım ve tahmini veri analizi • Çiftçilerin veri toplamasına ve bitki sağlığı, hava durumu ve toprak kalitesini izlemesine yardımcı olan sensörler • Damızlık modellerinden genomiye kadar hayvancılığın daha iyi anlaşılmasını amaçlayan yazılım ve donanım • Robotik ve Drone'lar • Akıllı sulama • Çiftçileri herhangi bir aracı olmadan doğrudan tedarikçilere veya tüketicilere bağlayan teknolojik platformlar • Yeni teknolojiler daha yüksek verim ve maliyet düşüşünü tetikliyor
Enerji ve	Enerji	Artan talebi, yenilenebilir	• Çevresel ve sosyal olarak

Çevre	karışımını değiştirme	olmayanları azaltan, enerji güvenliğini, daha yüksek maliyetleri (ör. nükleer, kömür, yenilenebilir enerji vb.) ele almak için yeni enerji karışımları	sürdürülebilir enerji güvenliği • Yenilenebilir enerji (rüzgar ve güneş) • Biyoyakıtlar (gıda bitkilerini ve biyoyakıtlar için verimli arazileri yönlendirmekten kaçınma) • Fotovoltaik (PV) enerji ve dayanıklı sıcaklık üretimi
	Kaynak yetersizliği	Su, gıda, nadir topraklar, çevresel malların etkisi de dahil olmak üzere önemli emtialar	• Fiziksel su kıtlığı olan bölgelerde yaklaşık 1,2 milyar insan yaşıyor • Daralan buzullardan beslenen havzalarda azalmış akışları ve daha uzun ve daha sık kuru mevsimleri gören suyun dağılımı • İnsan kullanımı için çekilen tüm sulardan tarım için geri çekilme % 70 • Nüfus artış talebini karşılamak için 2050 yılına kadar gıdada %70'lik bir artışa ihtiyaç duyulmaktadır • Tarım, ormanlar ve sulak alanlar gibi doğal yaşam alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi nedeniyle küresel biyo-çeşitlilik kaybının önde gelen nedenidir • Toprakta beslenme ve erozyonun azalması
	İklim değişikliği	İklim değişikliğine yönelik önleme, adaptasyon ve hafifletme	• Grönland ve Antarktika yılda 500 kilometreküp buz kaybediyor • Dünya 1880'den beri son 12 yılda meydana gelen en sıcak yıllardan 10'u ile ısındı

			• Hava koşullarının değiştirilmesi (örn. Bulut tohumlama) • Değişen hava koşulları toprak kalitesini ve mahsul verimini etkiler
Ekonomi ve Politika	Bilgi ve bilgi toplumu	Ekonomik değere temel oluşturan bilginin yaygınlığı, yaygın bilgi, artan kişiselleştirilmiş eğitim, yüksek vasıflı işgücü gerektiren otomasyonun artırılması	• Küresel akıllı telefon penetrasyonu 2018'de% 66'ya ulaştı (gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler) • Mobil cihazlar 2018'de internet tüketiminin %73'ünü oluşturuyor • İnternet reklamcılık harcamalarının %59'u 2018'de mobil olacak • Yeni teknolojiler kullanmak isteyen çiftçilerin medya yeterliliklerini artırmaları gerekmektedir. • Birçok kırsal alanda telekomünikasyon altyapıları hala yetersiz
	Ekonomik kaymalar	Gelişmiş piyasaları, orta sınıfı ve zenginliği arttıran gelişmekte olan ekonomilerin ekonomik gücü	• Çin'in dünya toplam GSYİH'ındaki payının 2000 yılında% 7,1'den 2020'de % 20,7'ye çıkması bekleniyor • 2030'a gelindiğinde, orta sınıfın% 80'i şu anda gelişmekte olan dünya olarak kabul edilecek 4.9 milyar insandan oluşacak.
	Küreselleşme	Giderek daha fazla bağlantılı küresel ekonomi ve ekonomik entegrasyon	• Çiftlik ve diğer ürünlerdeki sınır ötesi ticaret maliyetlerinde düşüş • Tarımsal üretim, tüketim ve ticaretteki hükümet

			çarpıklıklarında azalma • Çiftlik verimliliği artışı talep büyümesini aşmaya devam ediyor • Gelişmekte olan ülke ekonomileri hayvancılık ve bahçecilik ürünlerine yöneliyor.
	Yeni normal	Daha düşük faiz oranları, daha fazla kamu politikası müdahalesi, daha fazla kamu borcu, daha büyük savunma bütçeleri	• Genel olarak, küresel büyüme mali kriz sonrası dönemin normlarına bağlı kalmıştır. • Düşük enflasyon, önemli dengesizliklerin olmaması ve destekleyici para politikaları durgunluk riskinin düşük olduğunu göstermektedir. • Üstün büyüme potansiyeli, yüksek borçluluk (özel ve / veya kamu), hanehalkı ve kurumsal güven, zayıf kredi oluşumu, önemsiz küresel ticaret büyümesi ve verimlilik artışlarının zayıflaması ile korunmaktadır.
	Çok kutuplu	Çok kutuplu bir dünyada iktidarın dağılması, yükselen milliyetçilik, ağlara ve koalisyonlara geçiş.	• Uluslararası sistemin artan karmaşıklığı • Daha az istikrarlı uluslararası düzen • İstikrarsızlık ve kriz olasılığının artması • Küresel finansın yeni mimarisi • Devlet dışı aktörlerin küresel olayları etkileme yeteneklerinin artması • Çatışan ideolojiler / ideolojilerin bulanıklaşması

Sosyal Toplum ve Sağlık	Demografik değişim	Nüfus artışı, yaşlanan toplumlar	• Dünya nüfusunun 60 yılda neredeyse üç katına çıkması, 2050 yılına kadar 9,6 milyara ulaşacağı tahmin ediliyor • Nüfus yaşlanması, toplumun hemen hemen tüm sektörleri (örneğin işgücü ve finansal piyasalar, konut, ulaşım ve sosyal koruma gibi mal ve hizmetlere olan talep ile aile yapıları ve kuşaklar arası bağlar) için önemli bir toplumsal dönüşüm olmaya hazırlanıyor.) • 2030'a kadar gençlik sayısının% 7 oranında artarak 1,3 milyara çıkacağı tahmin ediliyor. • Gençlik sayısında hızlı bir büyüme bekleyen ülkeler, genç işsizlik oranlarının çok yüksek olduğu ülkeler arasında
	Kentleşme ve mobilite	Mega şehirlerin, akıllı şehirlerin büyümesi, güvenli, hızlı ve ekolojik olarak sağlam mobilite için kritik altyapıya yatırım yapma ihtiyacı	• 2050 yılına kadar dünya nüfusunun% 70'i kentsel alanlarda yaşayacak • 2050 yılına kadar kentleşmenin dünyanın kentsel nüfusuna 2,5 milyar insanın katılması öngörülüyor • Ekonomik daralma ve doğal afetler bazı şehirlerdeki nüfus kayıplarına da katkıda bulundu • Dünya kentleşmeye devam ettikçe, sürdürülebilir kalkınma zorlukları şehirlerde giderek

			yoğunlaşacaktır • Kentsel açılımlara hizmet etmek için tarım ve gıda üretimi üzerinde artan baskı
	Sağlık ve sağlıklı yaşam talepleri	Sağlık ve zindelik için artan beklentiler, pandemi risklerinin artması, yaşlanan nüfusların yükü	• Kısmen demografi, gelişen sağlık politikaları ve dijital devrim ile teşvik edilen tüketici davranışlarının değiştirilmesi • İlerici sağlık ve sağlıklı yaşam tüketicileri, yemek kültürünün yeniden tanımlanmasında giderek daha fazla etkilidir • Sağlık, zindelik ve sürdürülebilirlik, gıda perakendeciliğinde ve gıda hizmet satış noktalarında birleşmeye başlıyor • Diyabet hastaları, kendilerine uygun yiyecek ve içeceğe ihtiyaç duymaktadır • Dünya nüfusunun 2000'den 60 yaş üstü oranı yaklaşık% 11'den% 22'ye çıkacak

Kaynak: (USB (University of Stellenbosch Business School), 2017)

3.6. Dijital Tarımın Getireceği Sonuçlar

Gelecekte, ileri teknoloji akıllı tarım sistemleriyle; bulut bağlantılı dronlarla çiftliğin tamamı görüntülenebilecek, nem ve sıcaklık gibi doğal öğeler kontrol edilebilecektir. Ayrıca su, elektrik gibi kaynakların gerekli-gereksiz kullanımları denetlenebilecek, su kirliliğinin önüne geçilebilecektir. Bu imkanlarla çiftçiler eş zamanlı olarak üretim performansını değerlendirebilecek, ürünlerin ve kaynakların detaylı analizine ulaşabileceklerdir. Bu ileri teknoloji tarım sistemlerinin kullanımıyla toprakta istenmeyen ağır metal vb. maddeler analiz edilebilecek, doğal kaynaklar korunabilecek, ürünler çürümeden hasat edilebilecektir. Böylelikle daha verimli ve kaliteli tarım yapılabilecektir (Kahraman, 2020).

Tablo 7: Büyük Veri Uygulamalarının Akıllı Tarım Sistemlerindeki Örnekleri

Akıllı tarım döngüsü	Ekilebilir arazi	Hayvancılık
Akıllı algılama ve izleme	Robot teknolojileri ve sensörler (Faulkner, 2014)	Biometrik algılama, GPS takibi (Sonka, 2014)
Akıllı analiz ve planlama	Tohumlama, dikim, toprak yapısı, bitki sağlığı, verim modelleme (Noyes, 2014)	Islah, izleme (Cole, 2012)
Akıllı kontrol	Hassas Tarım (Sun Z. D., 2013b)	Süt robotları (Grobart, 2012)
Bulut içindeki büyük veri	Hava/iklim verileri, verim verileri, toprak türleri, piyasa bilgileri, tarımsal nüfus sayımı verileri (Chen, 2014)	Canlı hayvan hareketleri (Faulkner, 2014), (Wamba, 2010)

Akıllı tarım döngüsü	Bahçecilik	Balıkçılık
Akıllı algılama ve izleme	Robot teknolojileri ve sensörler (derece, nem, CO2, vb.), sera bilgisayarları (Sun J. Z., 2013a)	Otomatik kimlik sistemleri (AIS) (Natale, 2015)
Akıllı analiz ve planlama	Aydınlatma, enerji yönetimi (Li, 2014)	Gözetleme ve izleme (Yan, 2013)
Akıllı kontrol	İklim kontrolü, hassas kontrol (Luo, 2012)	Gözetleme ve izleme (Yan, 2013)
Bulut içindeki büyük veri	Hava/iklim, piyasa bilgileri, sosyal medya (Verdouw, 2012)	Piyasa verileri (Yan, 2013), uydu verileri (European Space Agency, 2016)

Kaynak: (Wolfert, 2017)

3.7. Tarım 4.0 ve Yeni Meslekler

Endüstri 4.0’da olduğu gibi Tarım 4.0’da da insan gücünün yerini makinelerin almasıyla yaşanabilecek dijitalleşme yeni iş kollarını da beraberinde getirmektedir. Örnek olarak;

- Alternatif Besin Mühendisliği
- Biyoloji Ve Gen Uzmanları
- Biyo-malzeme Üretim Müdürü
- Böcek Çiftçiliği
- Dijital Atık Toplayıcılığı, Dijital Atık Değerlendirme Ve Geri Dönüşüm Uzmanı, Veri Temizleyiciliği
- Dikey Çiftçi (Dikey, Gökdelen Çiftlikler İçin)
- Drone Operatörü

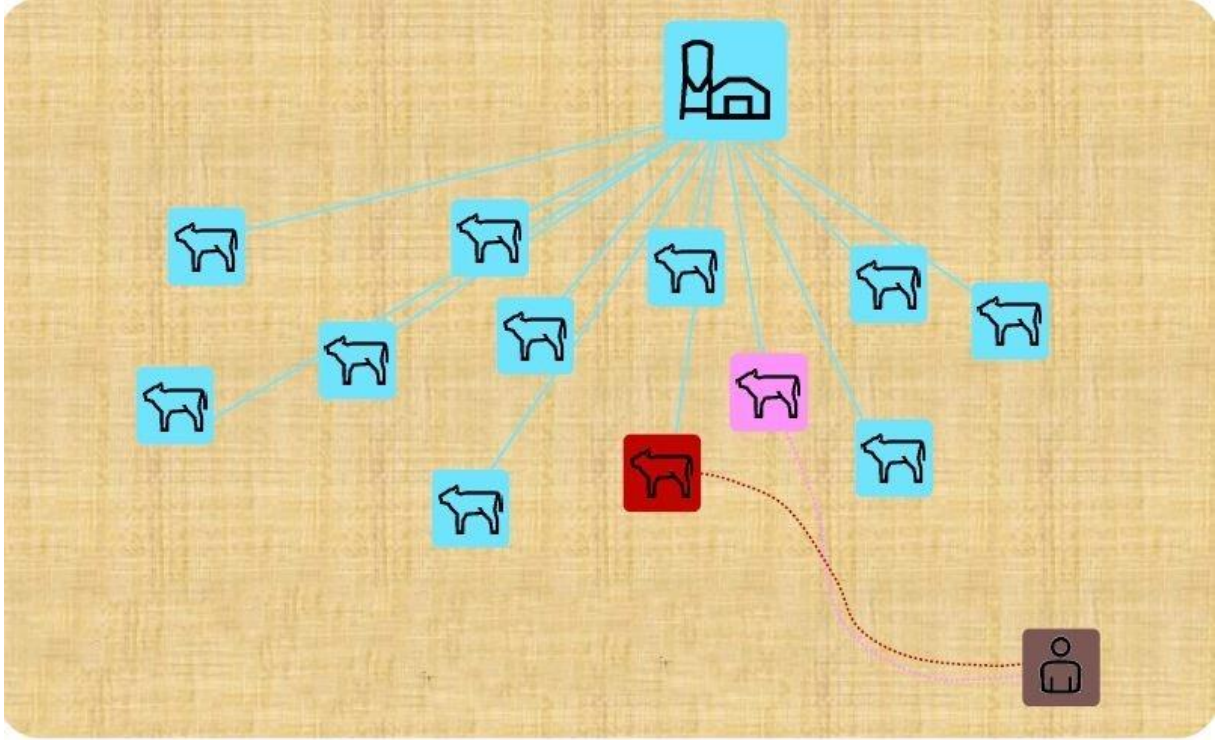
- Ekomanüpülatif Çiftçiler Ve Balıkçılar
- Ekosistem Yöneticileri
- Enerji Çiftçiliği
- Enerji Ve Kaynak Müfettişleri
- Gen Terapistliği
- Genetik Ekonomi
- Geo-Mühendislik
- Hayvan Psikoloğu
- İklim Kontrolörü Ve Düzenleyicisi
- Kentsel Çiftçilik
- Sanal Market İşletmeciliği
- Su Kaynakları Bilim Adamları
- Sürdürülebilir Gıda Analisti
- Tıbbi Bitki Üreticiliği
- Web 3.0 Çiftlik Sunucusu

3.8. Dünya Tarımında Endüstri 4.0 Devrimi

Genel olarak, özellikle mısır, buğday ve arpa ürünleri için gübreleme miktarının belirlenmesinde, traktörlere ve entegre makinelere yerleştirilen sensörlerin kullanımı yaygınlaşmıştır (Teke, 2016).

Ayrıca, Avrupa'daki makinelerin akıllı kullanılması, toprak haritaları oluşturulması, bağcılık ve meyve yetiştiriciliğinde ürün kalitesinin belirlenmesi ve çiftlik hayvanlarının takibi konularında birçok çalışma yapılmıştır. Örnek olarak, Şekil 16: Bağlantılı Sürü Yönetimi'nde, sürüdeki tüm inekler özel sensörlerle donatılmıştır. Sürüden sorumlu kişi, bu sensörlerden alınan SMS sayesinde sürüde hangi ineklerin hamile veya hasta

olduğu konusunda bilgilendirilir ve yılda her bir inek için 200 mb. veri üretilebilir (Kahraman, 2020).



Şekil 16: Bağlantılı Sürü Yönetimi

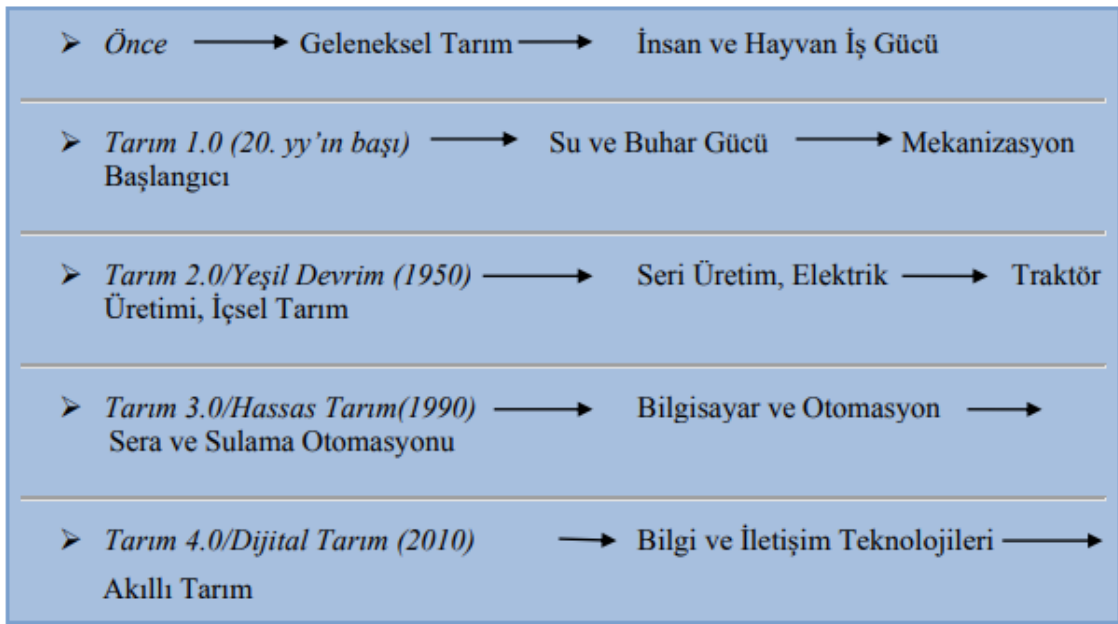
Kaynak: (CLAAS Group, n.d.)

Diğer yandan, İngiltere gıda güvenliği, sürdürülebilir tarım ve doğal kaynakların korunması için tarım teknolojilerinden yararlanarak bazı stratejiler yürütmektedir. Bu kapsamda kamu ve özel sektör gıda ve tarım AR-GE çalışmalarını desteklemektedir. Vizyonları tarımsal teknoloji, yenilikçilik ve sürdürülebilirlik konusunda İngiltere'nin dünya lideri olmasıdır. Verimliliği artırmak için yeni ve mevcut teknolojileri, ürün ve hizmetleri geliştirmek ve benimsemek gibi fırsatlarından yararlanabilmektir. Böylece bu gelişmeler ışığında küresel gıda güvenliğine ve uluslararası kalkınmaya katkı sağlanacaktır. Sektördeki birçok zorluğa ek olarak, çevresel, ekonomik ve sosyal hedeflerin değiştiği küresel pazarlarda İngiltere'de tarım-teknoloji sektörü için büyük fırsatlar vardır. Büyük bir pazar ve önemli bir düzenleyici olarak, Avrupa'dan da büyük ölçüde etkilenen bir sektördür. Bu kapsamda, İngiltere'nin yurtiçinde ve yurtdışında

büyümesini ve sürdürülebilirliğini desteklemek için daha geniş bir görüş ve fırsatlar sunmaktadır (HM Government, 2013).

3.9. Türkiye Tarımında Endüstri 4.0 Devrimi

Türkiye’de akıllı ve hassas tarım ile ilgili akademik çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Örneğin, Ankara Üniversitesi ve TÜBİTAK’ın akıllı tarım üzerine ortak bir çalışması vardır. Bu çalışmada havadan ve yerden alınan veriler işlenmiş ve analiz edilmiştir. Projede 400 hektarlık tarımsal alan üzerinde 16 tarımsal ürünün incelemesi yapılmıştır. Projede sulama, gübreleme, verim haritasının çıkartılması ve tarımsal hastalıkların tespiti gibi veriler değerlendirilmiştir (Teke, 2016).

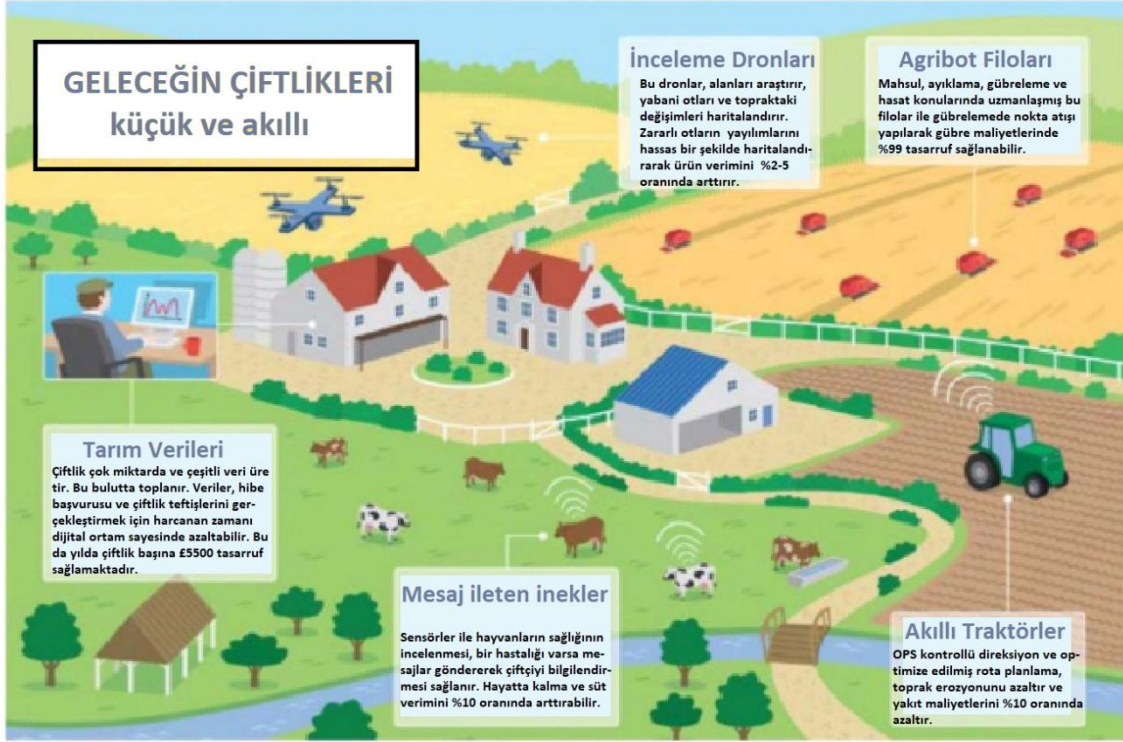


Şekil 17: Tarımda Teknolojik Dönüşüm

Kaynak: İTB (Çolak A. A., 2016)

Akıllı tarım, Türkiye’de belki de en önemli IoT konusu ve en gözden kaçanıdır. Uzaktan kontrol ile; insan gücünden ve enerjiden tasarruf sağlayan tarımdan maksimum

verim sağlayan bu kavram devrim niteliğindedir. Konuyla alakalı aşağıdaki Şekil 18: Akıllı Tarım Örneği'nde fikir vermesi açısından gösterilmektedir (Büyüktanır, 2017).

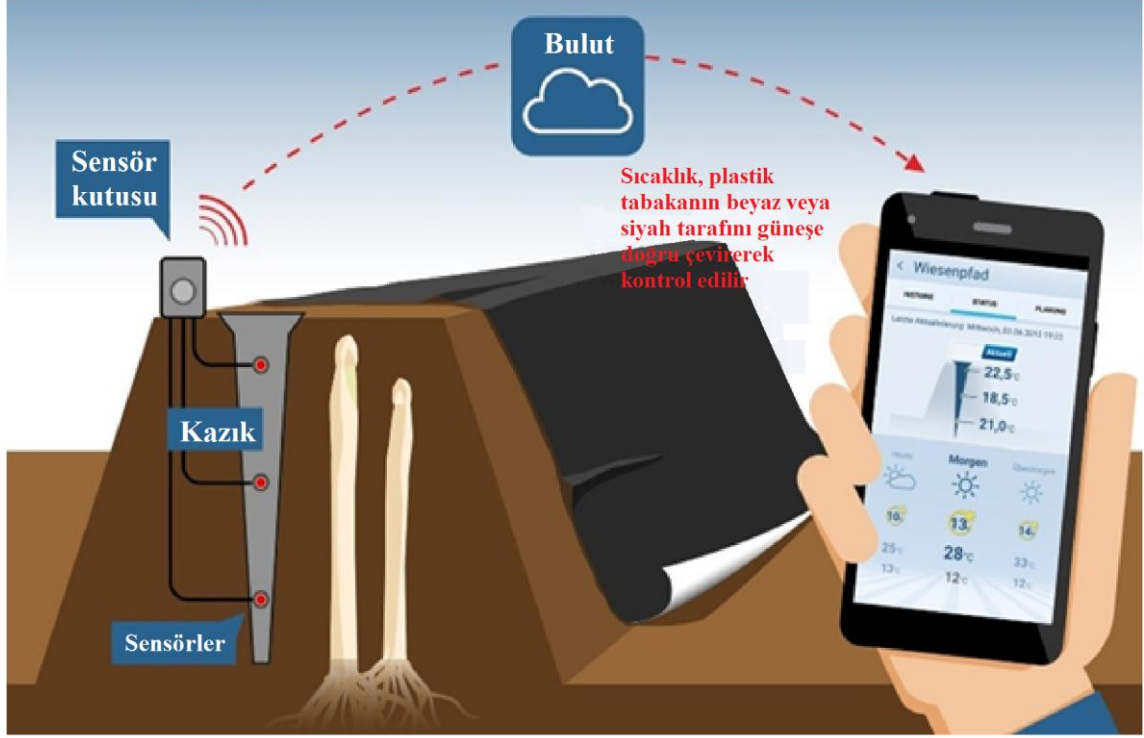


Şekil 18: Akıllı Tarım Örneği

Bir başka akıllı tarım örneği ise “Doktar.inc”dir. Bu proje, Ege Üniversitesi’nin TÜBİTAK desteğiyle 130 bin üyesiyle yapılmıştır. Bu kuruluş özellikle üreticilere ve bilim dünyasına tarım teknolojileri hizmeti sunmaktadır. Bu hizmetler; big data (büyük veri), IoT (nesnelerin interneti) ve bulut bilişimdir (Ozdogan, 2017).

IoT, yani nesnelerin interneti akıllı tarımın geleceğinde büyük rol oynayacaktır. Bahsedilen uygulamalarda tarım yapılacak toprağın sıcaklık değerleri takip edilir. Ekilecek olan ürün grubunun ekimi, sulama gereksinimi ve toplama işlemi ile ilgili daha detaylı ve doğru bilgiye ulaşılabilir. Şekildeki görselde bulunan toprağa çakılı kazığın üzerinde bulunan 4 sıcaklık sensörü, bulunduğu seviyedeki sıcaklık değerini belirliyor.

Bu değerler sensör kutusuna, oradan ise bulut sistemi sayesinde kullanıcının cep telefonuna anlık gönderilebilmektedir (Kesayak B. , b.t.).



Şekil 19: Nesnelerin interneti ile bir çiftlik IoT platformu yapan uygulama, OnFarm’ın işleyişi

“Tarımda verimliliğin en üst düzeye çıkarılabilmesi için tarımdaki büyük verilerin toplanması ve analiz edilmesi gereklidir.” (Kesayak B. , b.t.)

3.10. Türkiye’de Akıllı Tarım Örnekleri

- **TÜBİTAK**

(Akıllı Tarla Pülverizatörü Tasarımı, Pestisit Uygulama Amacıyla Multikopter Prototipinin Tasarımı ve İmalatı, Sensör Yardımı ile Şekerpancarından Verimine ve

Şeker Kalitesine Etkili Azot Yansıma İndekslerinin Değişken Oranlı Gübre Makine Uygulamaları İçin Geliştirilmesi, Multi-Klima Sera ve Teknolojisinin Geliştirilmesi)

- **Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı**

(Tarım Arabasına Monte Edilebilir Meyve Hasat Platformu Tasarımı)

- **Patentler**

(Akıllı Tarla Pülverizatörü, Akıllı Bahçe Pülverizatörü, Değişken Oranlı Uygulama Sistemi, Traktör Güvenlik Sistemi, Sera Kontrol Sistemi, Sera Bağlantı Profili ve Faydalı Model)

- **ICT-AGri**

(Proje Adı: VAROS)

- **CRP Research**

(Buğdayda Su Kullanımı Etkinliğinin İzotopik Teknikler Kullanılarak Belirlenmesi, IAEA-Newton Katip Çelebi, SMART VRA)

- **BSEC**

(Karadeniz Bölgesinde Değişken Oranlı Sulama İçin Bir Fizibilite Çalışması: Ekonomik ve Çevresel Faydalar)

- **Erasmus+**

(Proje Adı: IMPLEMENT, Proje Adı: SAFER, Proje Adı: PROTECTLIFE)

- **TOB TAGEM AR-GE**

(Görüntü İşleme Teknolojisi ile Çalışan Akıllı Bahçe Pülverizatörü Tasarımı, Kovan Takip Sistemi, Buğday Hasadında Dane Kayıplarının İzlenmesi Ve Takibine Yönelik Sistemin Geliştirilmesi, İnsansız Hava Aracı İle Görüntü İşleme Temelli Hassas Tarım Uygulamaları, Çiftlik Yönetim Sistemi Geliştirilmesi, Yerli Otomatik Traktör Dümenleme Ve Kontrol (OTAK) Sisteminin Geliştirilmesi, Fotovalvik Pil Destekli Küçükbaş Mobil Süt Sağım Makinasının Prototipinin Tasarımı, Gezen Hibrit Sağımcı) (Akıllı Tarım Platformu, 2019).

Bunların yanı sıra özel sektörde de teknoloji destekli tarım uygulamalarında önemli girişimlerde bulunan bazı proje ve çalışmalar da bulunmaktadır. Bu firmalar şu şekildedir;

- TABİT Akıllı Tarım Teknolojileri
- Toros Tarım
- Tarım Makineleri Birliği (TARMAKBİR)
- Türk Telekom
- Turkcell
- İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş.

Tarım ve Orman Bakanlığı ile Tarım Reformu Genel Müdürlüğü işbirliğiyle 2020 yılında hizmete sunulmuş olan bir diğer önemli atılım ise “Dijital Tarım Pazarı (DİTAP)” olmuştur. DİTAP aracılığı ile çiftçilerin ürünlerini pazarlama imkanı kolaylaşacak ve artacak, tüketici açısından ise makul fiyatlarla kaliteli ürüne erişim sağlanabilmektedir. Tarladan sofraya tüm tedarik zinciri yakından takip edilebilecek, bu

sayede planlı üretimin yapıldığı bir Pazar ortamı sağlanabilmektedir (Bodur, 2020). DİTAP'ın sağlayacağı avantajlar Şekil 20'de gösterilmektedir.



Şekil 20: Dijital Tarım Pazarı Uygulaması (DİTAP)

Kaynak: Anadolu Haber Ajansı

4. DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE TARIM POLİTİKALARI

4.1. Genel Bakış

Dünya ticaretini durma noktasına getiren 1929 ekonomik buhranından sonra merkantilist politikalara yönelmiş, ABD gibi gelişmiş ülkeler biriken stoklar nedeniyle 1940’larda serbest ticaretin faydalarına yoğunlaşmaya başlamışlardır. II. Dünya Savaşı sırasında uluslararası ticaretinin kısıtlanacağı ve ekonomilerin yeniden kurulması engelleneceği için uluslararası yeni bir sistem kurulmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır (Turan, 1980). Bu bağlamda ABD’de 1944 yılında Bretton Woods Konferansı gerçekleştirilmiş, dış ödemelerdeki dengesizliklere çözüm ve kambiyo kurlarında istikrar sağlanması üzerinde çalışılmıştır. Ayrıca dünya ticareti serbestleştirilerek uluslararası rezerv sorununa çözüm bulunacak (Alpar, 1988), uluslararası uzun vadeli yatırımlar uluslararası kuruluşlar ile yönlendirilecek ve tam istihdam sağlanabilecek bir ortam sağlanması kararlaştırılmıştır (Turan, 1980).

Kurulacak yeni sistemin temel amacı “liberalizm” (uluslararası ticaretteki engellerin en aza indirilmesi) ve “simetri” (ülkeler arası ayrımın ortadan kaldırılması) şeklindedir (Ethier, 1984). Bu sistemi ayakta tutan kurumlar; “Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası (IBRD), “Uluslararası Para Fonu (IMF)” Dünya Bankası ve “Uluslararası Dünya Ticaret Fonu (ITO)” şeklindedir.

Dünya tarım piyasalarında fiyat istikrarını sağlamada en önemli güçlükler üretimin doğal koşullara bağlı olması sebebiyle oluşan arz eksikliği ve beslenmeye yönelik tüketim ihtiyacı olduğundan talep eksikliğidir. Fiyat istikrarının sağlanabilmesi için tarım piyasalarına bir takım müdahaleler yapılması gerekmiştir. 1986 yılında GATT

kapsamında başlayan Uruguay Turundaki en kritik tartışma konusunun tarım olması sebebi tarım politikalarında bir türlü istikrar sağlanamaması olmuştur. Bu bağlamda 1980'den sonra dünya, sübvansiyon savaşının önünü açan bir pazar mücadelesine sahne olmuştur.

Uruguay Turu; ABD, AB ve Cairns Grubu (Avustralya, Kanada, Yeni Zelanda, Arjantin, Brezilya gibi tarım üretimi çok büyük olan 14 ülke) gibi ülkelerin çekişmeleri ve çeşitli pazarlıklarına sahne olmuştur. Özellikle de doğal kaynak ve tarıma elverişli iklim bakımından avantajlı olan bu ülkeler tarım ürünleri ticaretinin serbestleştirilmesini “karşılaştırmalı üstünlükler” teorisini baz alarak savunmuşlardır. Bu bağlamda tura katılan 125 ülke tarım sektörüne yönelik tarife dışındaki engellerin gümrük tarifelerine çevrilmesi, ithalatın artırılması, ihracata sağlanan sübvansiyonların azaltılmasına ilişkin Marakeş Şartı çerçevesinde tarım anlaşmasını imzalamıştır. 1994'te Marakeş Şartı'nın tarım anlaşması dışında kalan diğer sonuçlarsa, DTÖ'nün kurulması ve diğer 28 benzer anlaşmanın imzalanmasıyla sonuçlanmıştır (Ay, 2005).

DTÖ'nün kurucu üyeleri arasında Türkiye de yer almaktadır. DTÖ anlaşmaları ve Dünya Ticaret Örgütü'nün yükümlülüklerini yerine getirmesi için yasalar ve düzenlemeler tarafından sağlanan çeşitli anlaşma ve beyanlardan kaynaklanan her türlü taahhütte bulunma yetkisi bulunmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'nin yasal çalışmaları ve yükümlülüklerinde DTÖ anlaşmaları kapsamındaki ticaret taahhütler ve yükümlülükler önemsenmelidir. Sanayi ürünleri ile ilgili yükümlülüklerini yerine getiren Türkiye, Uruguay Turunun en önemli sonucu olan ve DTÖ, Tarım Anlaşması'nın imzalanmasıyla kurulmuştur. Anlaşma, 25 Şubat 1995 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlandığında yürürlüğe girmiştir. İlerleyen yıllarda Tarım Anlaşması'na pek çok yeni düzenleme getirilmiş, fakat istikrar yine sağlanamamıştır (DPT, 2000).

4.2. Doha Round'u

Doha Round'u DTÖ'nün 2001'de başlattığı bir ticarete müzakere turudur. Hedefleri; dünyadaki ticaret engellerini azaltmak ve artan küresel ticareti kolaylaştırmaktır. Katar'ın başkenti Doha'da başladığı için bu ismi almıştır. DTÖ'nün özellikle ülkeler arasındaki bariyerlerin ve kotaların, tarifelerin kaldırılmasıyla ilgili, yani ticarete serbestleşme için neler yapılması gerektiği konusunda çalışmaların yürütüldüğü bir oluşumdur. 164 üye ülke bulunmaktadır. Fakat üzerinde anlaşamadıkları en temel konu tarımdır. Tarımsal ürünleri hangi ülkelerin kendi içinde destekleyeceği ya da desteklemeyeceği konusunda tartışmalar sürmektedir. Çünkü dünya genelinde bakıldığında ülkelerin kendi topraklarında üretebildikleri en verimli ürünleri üretmeleri amaçlanmak istenmektedir. Dolayısıyla ülkelerin topraklarında verimli ürünlerini üretebilmesi projesi, ülkelerin buna kendileri karar vermek istemeleriyle çatışmaktadır (Öz, 2020).

Gelişmiş tarım müzakereleri kapsamında bugüne kadar atılan en önemli adım 31 Temmuz 2004 tarihinde Cenevre'de imzalanan bir çerçeve anlaşmadır. Bildirgeye göre, kabul edilen karar uluslararası ticaretin daha çok serbestleştirilebilmesi için temel bir yapı oluşturmayı hedeflemektedir. 2004 Cenevre Çerçeve Anlaşması'na göre tarımda alınan kararların özeti aşağıdaki gibidir (Uçuk, 2012) :

- İç desteklerin genel ilkesi, ticarete zararlı olduğu düşünülen desteklerde önemli bir indirim sağlamak ve iç desteklerin büyük miktarlarda uygulandığı ülkelerde yüksek indirim sağlamaktır.
- Çerçeve metni bir indirim müzakere sürecine işaret eder. Ancak gelişmekte olan ülkeler açısından bu müzakerelerde özel ve olumlu muamele dikkate alınacaktır; "De

minimis" indirimi adı altında düşük gelirli çiftçilere yapılan destekten muafiyet, esneklik olarak sunulmaktadır.

- Mavi kutu ile ilgili olarak, mevcut tanım genişletilir ve mavi kutudaki önlemlerin üretim yapılmadan kullanılabileceği öngörülmektedir; Ayrıca bazı ek kriterlerin tartışılabilmesi belirtilmektedir. Ayrıca Mavi Kutu kapsamındaki uygulamaların ilgili üye ülkenin toplam tarımsal üretiminin% 5'i ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir.

- Uzun zamandır devam eden yeşil kutu önlemlerini koruma yaklaşımı metne yansıtılmaktadır. Bununla birlikte, bu tür önlemlerin ticari çarpıklık etkilerini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için kriterleri gözden geçirmek planlanmaktadır.

- Müzakere sürecinde belirlenecek makul bir tarihte metindeki ihracat sübvansiyonlarına eşdeğer uygulamaların kaldırılmasına karar verilir. Kaldırılması planlanan sübvansiyonlar arasında ihracat sübvansiyonları, gıda sübvansiyonları ve devlet işletmelerinin faaliyetleri niteliğindeki ihracat kredileri unsurları bulunmaktadır. İhracat sübvansiyonları kapsamında özel ve olumlu muamele hükümleri de yer almaktadır. Bu çerçevede, STK'ların ihracat sübvansiyonlarını GOÜ'lerden daha uzun bir sürede ortadan kaldırmaları beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelere sağlanan bir diğer kolaylık, Anlaşma'nın 9.4 Maddesi'nde ²³ yer alan esnekliğin, ihracat sübvansiyonları kaldırıldıktan ve uygulamaya konulan kuralların, anlaşmaya varılacak

²³ **Madde 9.4:** Tarım ürünleri ticaretinde tanıtım ve danışmanlık hizmetlerinden hariç tutulan sübvansiyonlar; kalite, işleme, dönüşüm maliyetleri, uluslararası nakliye ve nakliye maliyetleri, yurtiçi ürün taşımacılığı için sübvansiyonlar gibi maliyet faktörlerini azaltmak için hükümet tarafından düşük fiyatla yapılması ve gelişmekte olan ülkeler açısından indirimli uygulamalar kapsamında değerlendirilmeyeceğine hükmedilmiştir.

makul bir süre içinde tam olarak uygulanıp kaldırılmasından sonra bir süre daha geçerli kalacağıdır.

- Pazara girişte, metin önemli bir tarife indirimine işaret etmektedir. Buna göre; tüm ürünlerde yüksek oranlarda indirim yapılması öngörülmektedir.

- Müzakereler tarafından öngörülen uygun sayıda tarife sınırı ile sınırlı olacak ürünlerin, GÜ ya da GOÜ ayrımı yapılmadan belirlenmesi öngörülmektedir. Fakat, bu ürünler için de önemli bir indirim öngörülmektedir.

4.3. Türkiye'nin Tarım Politikaları

Türkiye'de tarım politikalarını daha iyi anlaşılabilmesi açısından üç dönemde incelemek mümkün olmaktadır. Bu dönemler; 1980 öncesi, 1980-2000 yılları arasındaki dönem ve 2000 yılından günümüze kadar olan dönemi kapsamaktadır.

4.3.1. Türkiye'de 1980 Öncesinde Uygulanan Tarım Politikaları

1980 öncesi dönemde temel fiyat ve destek alımları, ucuz kredi destekleri ve girdi sübvansiyonları ağırlıklı olarak tarım politikası araçları olarak kullanılmıştır (Işıklı, 1992).

Bu dönemde, sayıları yıllar içinde değişen birçok ürün "piyasa fiyatı desteği" almıştır. Piyasa fiyatlarına destek her zaman politika tartışmalarının merkezinde olmuş ve diğer araçlardan daha önemli bir destek yerine sahiptir (Gaytancıoğlu, 2003).

1960'larda planlanan kalkınma dönemine yeniden girişle birlikte 1963'teki destek uygulamaları da kalkınma planları çerçevesinde yönetilmiştir. Tarım sektörü için

hedefler ve stratejiler yıllık kalkınma planları ve programları ile belirlenmiştir. Planlama dönemlerinde devam eden piyasa fiyatı desteğine ek olarak gübre sübvansiyonları uygulanmıştır. Buna ek olarak, tarım için düşük faizli kredileri olan çiftçileri desteklemek için girişimlerde bulunulmuştur (Özkaya, 2001).

Hükümetler bu yıllarda popülist politikaları izledikçe, tarım sektöründe desteklenen ürün sayısı 1980'de ekonomik reform paketi uygulanıncaya kadar giderek artmıştır. 1980 yılında bitkisel ürünler için sınırlı desteğe ve destek kapsamındaki ürün sayısının azaltılmasına yönelik bazı kararlar alınmıştır (Yaman, 2009).

4.3.2. Türkiye’de 1980-2000 Yılları Arasında Uygulanan Tarım Politikaları

1980'de devletin tarıma bakış açısı değişmiştir ve tarımsal destek, koruma ve yönetim pazarlarına yönelik hükümet müdahalelerinin 1980 ve 2000 arasında azaltılması öngörülmektedir. Bunun nedeni, tarımsal emtia fiyatları, tarımsal girdi sübvansiyonları ve düşük faizli kredilerin parasal genişleme üzerindeki etkisinin 1980'den önce enflasyona neden olduğu görüşüdür.

Bu dönemde, Türkiye'de tarım sektörü, kısa vadeli politik konjonktür endeksli ağırlıklı fiyatları desteklemek için politika araçları tarafından yönlendirilmeye çalışılan daha fazla yapısal önlemler içermektedir (Abay, 2005).

Destek fiyatlarının açıklanmasında gecikmelerden kaçınmak ve destek kurumlarının pazara tam zamanında ve etkin şekilde girilmesini sağlamak için "Destekleme Çerçevesi Kararnamesi" adıyla 1982'de yayınlanmıştır. Buna ek olarak destekleme fiyatları saptamasında "Ekonomik İşler Yüksek Koordinasyon Kurulu", satın alma esaslarını belirlemeye yönelik ise “Para Kredi Kurulu” yetkili kılınmıştır (Karakayalı, 2003).

Tarım politikaları alanındaki bu gelişmelere ek olarak 1980 sonrası dönemin tarım açısından en belirgin özelliği ekili tarım alanlarının artık önceki dönemlerin aksine artmamasıdır. Aslında, kentsel kalkınma, sanayi, yatırım, otoyol, turizm ve benzerleri nedeniyle verimli toprağın bulunduğu alanlarda tarım arazilerinin kullanılması, toplam

ekili arazide bir azalmaya yol açmıştır. Girdilerin kullanımı artmış, tahıllarda, endüstriyel ürünlerde ve özellikle sebze üretiminde daha yüksek verime sahip tohumların kullanımı dönem boyunca önemli ölçüde artmıştır.

Türkiye'de tarım politikalarını ve sektörü doğrudan etkileyen temel unsur, Dünya Bankası ve IMF yapısal uyum programları ile birlikte belirlenmiştir. Türkiye ekonomisinin 2000-2001 yıllarında yaşadığı ekonomik krizden çıkış için hazırladığı istikrar programı ağırlıklı olarak tarıma ayrılmıştır. IMF'ye 1999 yılında, belirlenen tarım reformunda hedefe ulaşmak için verilen “Niyet Mektubu” ile yapısal reformlarda tarıma odaklandığı vurgulanmıştır. Tarım sektöründeki ekonomik, sosyal ve finansal sürdürülemezlik bu reformu gerekli kılmıştır.

Fakat bütün bu tarımda yeniden yapılandırma programı ve reformlarına rağmen bu dönemde uygulanan politikalar başarıyla sonuçlandırılmamıştır. Nedeni ise ekonomik, sosyal ve teknolojik açıdan yaşanan eksikler ve sorunlardır (Yaman, 2009).

4.3.3. Türkiye’de 2000 Yılından Günümüze Kadar Uygulanan Tarım Politikaları

Türkiye, 2001 yılından bu yana, IMF ve Dünya Bankası direktifleri uyarınca, Tarım Reformu Uygulama Projesini hayata geçirmiştir. Tarım reformunun amacı, bütçe içinde sağlanan tarımsal desteklerin bütçe üzerinde yarattığı baskıyı azaltmak ve tarım sektöründe büyümeyi teşvik etmektir. Buna ek olarak, amacı doğrudan gelir desteği sunarak, fiyat ve girdi desteklerini kademeli olarak kaldırarak ve devlete ait işletmeleri tarımda özelleştirerek devletin tarım ürünlerinin üretimine ve pazarlamasına müdahalesini azaltmaktır.

Son zamanlarda sürekli değişen ulusal ve uluslararası koşullar yeni fırsatlar yaratsa da, gıda ve tarım sektöründe farklı yaklaşım ve reformlara duyulan ihtiyaç gündemdedir.

Mevcut tarım politikalarının etkinliğinin azalması nedeniyle AB ile tarım, öncelikle entegrasyonda gelişmesi gereken bir sektör olarak ortaya çıkmış, DTÖ kurallarına uyum sağlamak zor olmuştur. Uygulanmakta olan kendi kendine yeterlilik politikalarının çok taraflı anlaşmalara dahil edildiğı göz önüne alındığında, ülkelerin gerektiğı gibi “Tarım Reformu” çerçevesinde değişmesi ve ülkelerin önemli ürünleri ve piyasa fiyatlarına duyarlılığı artıran politikaları benimsenmesi öngörülmektedir (DPT, 2000).

Türkiye’de tarım sektörünün büyük bir potansiyele sahip olmasına rağmen, bu potansiyel hakkında her zaman yeterince kullanılamamasıyla ilgili tartışmalar yapılmaktadır. Özellikle son zamanlarda tarım ülkesi olarak bilinen Türkiye’de tarım ithalatı, ülke ekonomisinin ana gider kalemlerinden biri haline gelmiştir. Tarım sektörünün ekonomiye yüklediğı mali yük ülke adına ciddi bir ekonomik zarara yol açsa da, hükümetin bu alandaki sorunlara çözüm bulmak için Tarım Bakanlığı önünde büyük sorumluluklar oluşmaktadır.

Türkiye’nin tarım politikasının nihai hedefi; artan nüfusun beraberinde getirdiğı gıda talebinin artışı, üretim ve verimlilik artışının, tarım ürünlerinin kendine yeterlilik düzeyinin arttığı, tarımsal gelir artışlarının ve sürekliliğinin sağlandığı, tarım ürünlerinin ihracatının arttığı, kırsal alanların geliştiğı ve tarımda yeni teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılması şeklindedir (Erdoğan, 2020). Bu bağlamda özellikle son iki Türkiye Kalkınma Planları’nda belirtilen tarım başlıklarının incelenmesi önem arz etmektedir.

4.3.3.1.Türkiye 10. Kalkınma Planı (2014-2018): Tarım Durum Analizi. Amaç ve Hedefler, Politikalar

Bu başlık altında Onuncu Kalkınma Planı’ndan tarımla ilgili bazı maddeler derlenmiştir.

Dokuzuncu Kalkınma Planı döneminin başlangıcında, tarım ürünleri için artan fiyatlar, küresel gıda arzı ve talebi dengesinde sürekli ve hızlı değişiklikler ve aşırı spekülasyon hareketleri nedeniyle istikrarsızlığa neden olmuş, beraberinde gıda krizini getirmiştir. Öte yandan, 2007-2012 döneminde Türkiye'deki tarımsal ürünlerin fiyat endeksi toplam üretici fiyat endeksinden daha hızlı artmış ve nispeten karlı bir sektör olan tarımda yapılan yatırımlar nedeniyle istihdam artmıştır.

Tarımsal sanayi ürünlerinin ihracatındaki hızlı değişim ve iç talepteki artış tarımsal ürün ithalatında önemli bir artışa neden olmuştur. Bu çerçevede, 2006 yılında tarımsal ihracat 3.6 milyar dolar (gıda endüstrisi dahil 8 milyar dolar), ithalat ise 2.9 milyar dolar (gıda endüstrisi dahil 5.4 milyar dolar) olmuştur. 2012 yılında tarımsal ihracat 5 milyar dolarken, 4 milyar dolara (gıda endüstrisi dahil 14.9 milyar dolar) ve ithalat ise 7.5 milyar dolara (gıda endüstrisi dahil 12.6 milyar dolar) yükselmiştir.

2006 yılında toplam tarım destek yardımı ödemeleri 4,8 milyar TL olurken, 2013 bütçesinden yaklaşık %88 oranında artarak 9 milyar TL'ye yükselmiştir. Doğrudan Gelir Desteği başvurusunun 2009'da sonlanmasıyla birlikte bölge ve ürün bazında ödemeler şeklinde destek devam etmiştir. 5488 sayılı Tarım Kanununda çerçevelenen tarım politikaları, Plan döneminde üretici ve bölgesel bazda ürün, üretim ve yönelim olarak şekillendirilmiş ve bir tarım havzasında ve bir yapıda tarımsal desteklerin geliştirilmesi gereği iş ve gelir istikrarını artırmak devam etmektedir. Öte yandan, bu politikaların uygulanmasına temel oluşturacak tarımsal bilgi sistemlerinin kurulması devam etmektedir.

Tarımsal Ar-Ge faaliyetleri ve gen bankalarının yapılması, yeni ürün türlerinin geliştirilmesi, biyoteknoloji ve nanoteknoloji alanındaki faaliyetler, tarım teknoparklarının kurulması ve yenilenebilir enerji kullanımında gelişmeler olmuştur.

Amaç, ileri teknolojiye dayalı, toplumun yeterli ve dengeli beslenebilmesi için bir tarım sektörü yaratmak, altyapı sorunlarını çözmek, organizasyon ve verimliliği artırmak, verimli ve talebe dayalı üretim yapısı ile uluslararası rekabet gücünü arttırmaktır ve doğal kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanmaktır.

Sektörün GSYİH içindeki payının %6.8, yıllık ortalama büyüme oranının %3.1 ve toplam istihdamdaki payının %21.9'a gerilemesi hedeflenmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013).

Tablo 8: Tarımsal Yapı ve Gıda Güvenliğindeki Gelişmeler ve Hedefler

	2006	2012	2013	2018
Arazi Toplulaştırma Faaliyetleri (Kümülatif, Milyon ha)	0,6	3,2	4,2	8,0
İşletmeye Açılan Sulama Alanı (Net Kümülatif, Milyon ha)	2,53	2,81	2,91	3,75
Ağaçlandırma (Kümülatif, Milyon ha)	2,38	2,92	3,05	3,70
Alan Bazlı Desteklerin Destekleme Bütçesindeki Payı (%)	55,9	31,7	29,0	45,0
Sertifikalı Buğday, Arpa Tohumu Kullanım Oranı (%)	30,0	42	60,0	70,0
Sığır Varlığı İçerisinde Saf Kültür Irkı Oranı (%)	26	87	44	56
İyi Tarım Uygulamaları Üretim Alanları (Bin Ha)	5	87	96	154
Yağlı Tohumlarda Kendine Yeterlilik Oranı (%)	28	36	38	45

Kaynak: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, TÜİK, DSI.

Tarım ve işlenmiş tarım ürünlerinin güvenilirlik denetimi etkinleştirilecek ve risk değerlendirmesine dayalı akredite kontrol ve denetim mekanizması oluşturulacaktır. İleri teknoloji ile üretilen ürünler, özellikle genetik olarak değiştirilmiş organizmalar içeren ürünler için biyo-güvenlik kriterleri etkin bir şekilde uygulanacaktır.

Ortak kullanıma izin vermek için tarımsal bilgi sistemleri entegre edilecektir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri, mesleki ve teknik eğitim ile tarım sektörünün yaygınlaştırılması alanlarında etkin bir şekilde kullanılacaktır.

Yüksek katma değerli ürünlerin geliştirilmesine, genetik kaynakların korunmasına, ıslah çalışmalarına, biyoteknolojide ve nanoteknolojideki araştırmalara ve tarım ve gıda teknoparklarının ve sektörel teknolojik platformların oluşturulmasına öncelik verilecektir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013).

4.3.3.2. Türkiye 11. Kalkınma Planı (2019-2023): Tarım Amaç, Politika ve Tedbirler, Hedefler

Bu başlık altında Onbirinci Kalkınma Planı'ndan tarımla ilgili bazı maddeler derlenmiştir.

Temel amaç, arz-talep dengesine ve nüfus için yeterli ve dengeli beslenmeyi temel alan bir üretim yapısı ile çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir, verimli bir tarım sektörü yaratmaktır. Ülkenin altyapısı, yüksek organizasyon ve verimlilik sorunlarını çözen ileri teknolojiye dayalı olması amaçlanmaktadır.

Mikro ve makro düzeylerdeki en doğru ve güvenilir veriler sağlamak için tohumdan masaya kadar olan bütün zincir tamamen kaydedilecektir. Ayrıca yıllık olarak izleme ve değerlendirme konularında kurumsal çerçeve ile ve tarım bilgi sistemleriyle entegre kullanım olacaktır.

Tarımda sayım yapılacak, tarımsal bilgi sistemleri veri, sayısallaştırma ve yapay zekaya dayalı iş modelleriyle geliştirilecek ve tüm segmentlerde kullanılabilecektir. Tarımsal girdiler ve ürün fiyatlarındaki dalgalanmaları izlemek, rekabeti korumak ve piyasa başarısızlıklarını ortadan kaldırmak için izleme ve bilgi sağlama sistemi kurulacaktır.

Tarım arazilerinde etkin kullanım, koruma ve yönetim sağlanacak, toprak becerilerini gösteren detaylı toprak çalışmaları ülke çapında yapılacak, haritalanacak ve sınıflandırılacaktır. Toprak bilgi sistemine dayalı tarımsal arazi kullanım planlarının hazırlanacaktır.

Biyoçeşitlilik envanterleri tamamlanacak, önemli tür, özel bölgeler izlenecek ve genetik kaynakların ve ilgili geleneksel bilgilerin faydalarını paylaşacak bir mekanizma oluşturulacaktır. Geleneksel biyolojik çeşitliliğe dayalı veriler kaydedilecektir ve Ar-Ge'nin amaçları doğrultusunda kullanıma sunulacaktır.

Tarım ürünleri pazarlanmasında, kooperatifler ve üretici sendikaları, dağıtım zincirindeki aracı sayısını azaltmak, ürüne makul fiyatlarla erişmek ve üretici ile tüketici arasında doğrudan bir bağlantı kurmak için sisteme aktif olarak katılacaklardır. Finansmana erişim kolaylaştırılacak ve verimli organizasyonun arttırılması ve faaliyetlerinin etkinleştirilmesi için profesyonel yönetim, denetim ve organizasyon altyapıları geliştirilecektir.

Tarımsal araştırma faaliyetlerinde kamu, üniversite, özel ve endüstriyel sektörler arasındaki koordinasyonu ve işbirliğini geliştirerek tarımsal Ar-Ge faaliyetlerinin etkinliği ve kalitesi artacaktır. Tarımsal araştırma projelerinin sonuçları ilgili kurumlarla paylaşılacak ve araştırma faaliyetlerinde tekrardan kaçınılacaktır. Hayvan ve bitki ıslahı, biyoteknoloji ve biyoçeşitliliğin korunması alanlarında öncelikli araştırma enstitülerinde yürütülen çalışmalar kamu, üniversite ve özel sektörlerin işbirliği çerçevesinde desteklenecektir.

Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyonun İhtisas ve Farklılaşma Programı kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı, özellikle ilgili üniversiteler ile işbirliği içinde tarımsal üretimi ve verimliliği arttırmaya yönelik araştırma faaliyetlerine önem verilecektir. Yenilikçi ve çevre dostu üretim teknikleri, özellikle akıllı tarım teknolojileri geliştirilecek ve desteklenecektir. Tarımda istihdam edilen genç nüfusun sosyal güvenlik sistemine dahil edilmesini kolaylaştırma çalışmaları yapılacaktır.

Tarımsal eğitim ve yayım faaliyetlerinin etkinliği arttırılacak ve genişletilecek, özellikle üretim maliyetlerinin düşürülmesi, teknoloji kullanımı ve sağlıklı ve kaliteli mahsullerin üretimi ile tarımsal becerilerin geliştirilmesi için yayım ve sertifikasyon programları ve kursları konusunda kadınlara ve genç çiftçilere eğitim verilecektir.

Akademisyenlerin ve araştırma görevlilerinin eğitim programlarına katılımı artırılarak Ar-Ge ve yayın ilişkisi güçlendirilecektir. Üretici örgütlerinin eğitim ve yayım

hizmetleri sunma kapasiteleri artırılacaktır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019).

Tablo 9: Tarım Sektörü Hedefleri

	2018	2023
Arazi Toplulaştırma Faaliyet Alanı (Milyon Hektar, Kümülatif) ²⁹	8,2	8,5
Tescil İşlemleri Tamamlanan Arazi Toplulaştırma Alanı (Milyon Hektar, Kümülatif)	3,6	6,2
Sulamaya Açılan Net Tarımsal Alan (Milyon Hektar, Kümülatif) ³⁰	3,34	5,34
Tarla İçi Basınçlı Sulama Sistemi Kurulan Alan (Bin Hektar, Yıllık)	40	200
Sulama Oranı (%)	64	68
Merkezi Yönetim Bütçesinden Yapılan Tarımsal Desteklerin Tarımsal Katma Değere Oranı (%)	6,8	7,2
Yağlı Tohum Üretimi (Milyon Ton)	4,02	5,40
Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Üretim Miktarı (Bin Ton)	700	1200
Sığır Varlığı İçinde Kültür Irkı Oranı (%)	49	56
Kırmızı Et Üretim Miktarı (Milyon Ton)	1,12	1,40
Mera Islah Ve Amenajman Alanı (Bin Hektar, Kümülatif)	68	518
Orman Alanlarının Ülke Yüzölçümüne Oranı (%)	29	30

Kaynak: 2018 yılı verileri Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Orman Genel Müdürlüğüne aittir. 2023 yılı On birinci Kalkınma Planı tahmini verileridir.

4.4. Dijital Tarım Uygulamaları Ve Ülke Örnekleri

Dijital tarım teknolojilerini günümüzün büyük firmaları yakından takip ederek süreci en iyi değerlendiren şirketlerden biri olmak istemektedir. Buna bir örnek, sürüdeki hayvanları sensörlerle izleyen bir Alman tarım makineleri şirketi olan CLASS firması,

hayvanların hamile veya hasta olduğu durumlarda SMS ile bilgilendiriyor ve yetkililerin önceden önlem almasına olanak sağlamaktadır (Kahraman, 2020).

Akıllı sulama teknolojisi ile Bosch, İspanya'daki zeytin ağaçları için akıllı sulama yönetim sistemi geliştirmiştir. Bu sistem ağaçların su ihtiyacını belirlemek için üzerlerine yerleştirilmiş kablosuz sensörler kullanmaktadır. Amacı, hava koşullarına göre ağaçların gerçek su ihtiyacını belirleyip, su kullanımının hassas ve doğru şekilde yapılmasıdır. Bağlı mikro-elektromekanik sensörler ile bulut tabanlı olarak geliştirilmiştir (Robert Bosch GmbH , 2020).

Vodafone tarafından yürütölen "Connected Farmers (Bağlantılı Çiftçiler)" projesi ile 30 binden fazla çiftçi örgütlenmiş ve bu şekilde, tarım sektöründeki şirketler için erişilebilirlik artmış, çiftçiler kayıt altında ve sözleşmeleri kolaylıkla yapılabilir hale getirilmiştir (Çolak A. A., 2016).

4.4.1. Amerika Birleşik Devletleri'nde Dijital Tarım

ABD'nin dünyanın en büyük tarım ihracatçısı olmaındaki başarısının sırrı, teknolojisine yaptığı yatırımlar ve kullanımındır. ABD Federal Tarım Bakanlığı'na (USDA) bağlı birçok enstitü ve bağlı kuruluş vardır. Bunlardan biri Ulusal Tarım ve Gıda Enstitüsü'nün amacı; tarımsal üretimde verimliliği arttırmak, su, gübre ve böcek ilacı kullanımını azaltarak gıda fiyatlarını düşürmek, çevreye verilen zararları azaltmak ve güvenli gıda üretmektir. Bu bağlamda enstitü; fizik, mühendislik ve bilgi işlem, tarım aletleri, sensör, yazılım üretimi ve çiftçilerin teknolojinin nasıl kullanılacağı konusunda eğitimler almasını desteklemektedir. 2016 yılında Amerika Birleşik Devletleri Ticaret Bakanlığı tarafından düzenlenen "Select USA" zirvesinde tarımsal üretim ve tarım teknolojilerinin önemi vurgulanmıştır. Arazi ıslahı ve seracılıktan memnun olmayan çiftçiler, tarlalarında entegre sistemler kullanmaya başlamışlardır. Devletten alınan bu

destekler ile sıcaklık, nem ve zararlı maddeleri çevrimiçi kontrol etmeyi sağlayan sistemlere ulaşabilmişlerdir.

Amerika Birleşik Devletleri dünyada badem üretiminin % 80'ini kontrol etmektedir. Bununla birlikte, badem çok fazla suya ihtiyaç duymaktadır ve bu nedenle üretim maliyetleri yüksektir. Buna çözüm bulmak için ağaçlara nem ölçen sensörler monte edilmiş ve topraktan analizler yapılmıştır. Bulut teknolojisinde toplanan bu bilgiler çiftliğin sulama sistemlerine aktarılmış ve sulama doğru bir şekilde gerçekleştirilmiş ve bu teknoloji sayesinde sadece su kullanımında yüzde 20 civarında tasarruf sağlanmıştır.

Bir başka örnekte ise, NASA topraktaki nem miktarını ölçebilmek için gözlem yapacak olan uydusunu uzaya göndermiştir. Uydu, bilim insanlarına kuraklık, seller ve iklim değişikliği hakkında her üç günde bir ayrıntılı bilgi aktarmaktadır.

Tarım 4.0 kapsamında, tarımsal ekipman, makine ve yazılım üreten özel şirketlerin ABD'nin ilerlemesinde büyük rolü vardır. ABD Tarım teknolojileri alanında, 2001 yılında dünyanın en büyük tarımsal ekipman üreticisi ABD'li firma John Deere, traktörlerine ve diğer mobil makinelerine GPS sensörleri ekleyerek gübreleme ve böcek ilaçlarına harcanan yakıt maliyetini düşürmüştür. Birçok çiftçi mahsullerini iyileştirmek ve verim haritası çıkartabilmek için GPS kullanmaya başlamıştır. Bundan sonra gübreleme ve ilaçlamada kullanılan yakıt maliyetleri %40'a varan düşüşlere ulaşmıştır (Saygılı F. K., 2019).

Amerika Birleşik Devletleri, 2019 Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'da 2. sırada ve ayrıca en başarılı olduğu alanları sırasıyla; iş dinamizminde 1.lik, Pazar büyüklüğünde 2.lik, inovasyon kapasitesinde 2.lik ve finansal sistemde 3.lük şeklindedir.

Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri'nin HS Kodlamasına göre ticaret performansı hakkında daha detaylı verilere ulaşmak istenirse EK 1 başlığı altında Tablo 12'de incelenebilir.

United States

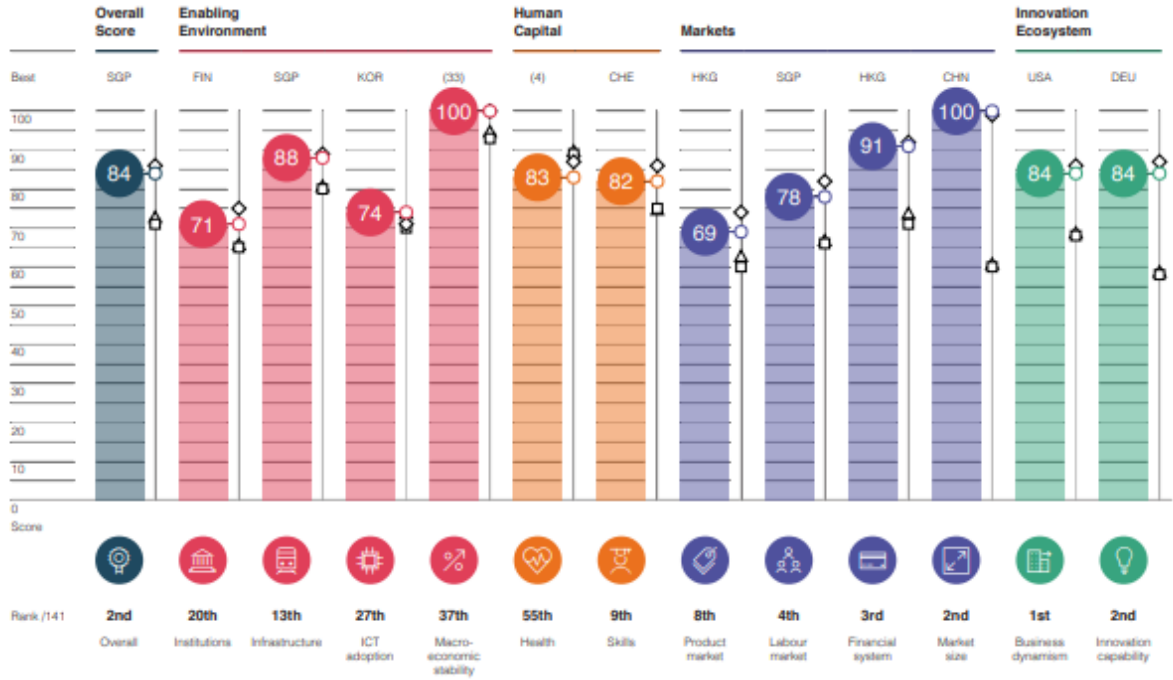
2nd /141

Global Competitiveness Index 4.0 2019 edition

Rank in 2018 edition: 1st/140

Performance Overview 2019

Key ◇ Previous edition ▲ High-income group average □ Europe and North America average



Şekil 21: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre Amerika Birleşik Devletleri'nin Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu

Kaynak: (Schwab K. , 2019) s:582

4.4.2. Hollanda’da Dijital Tarım

Tarımsal teknolojilerin kullanımında çok başarılı olan bir diğer ülke ise Hollanda’dır. Hollanda topraklarının %60 civarı deniz seviyesinin altında olduğunda doldurularak alan elde edilmiştir. Bu dezavantaja rağmen Hollanda tarım ihracatında dünyada 2. Sırada yer almıştır. AB tarım ihracatı hacminin %77’sine sahiptir.

Tarım 4.0 kullanımında en ileri teknolojiye sahip bu ülkenin başarısı uzun vadeli ve teknolojiye yaptığı yaptırımlar ve ilerici tarım politikaları sayesinde olmuştur. Hollanda hükümeti tarımda sürdürülebilirlik ve verimin artırılması amacıyla uydu verilerini 1,4 milyon euro harcama yaparak satın almış, bu verilerle çiftçilere toprak hakkında verimlilik verileri ulaşmasını sağlamıştır. Bu veriler, çiftçilerin ürünleri yakından izleyerek daha fazla bilgi sağlamasını ve verimliliği arttırmasını sağlamaktadır.

Hollandalı tarımcılar; yüksek teknolojili sulama sistemleri, gelişmiş tohum teknolojileri, yenilenebilir enerji sistemleri, cobot²⁴ kullanımı ve otomasyon sistemleri, büyük veri analizi, akıllı çiftlik yazılımlarıyla üretim ve verimliliklerinde artış sağlamışlardır (Saygılı F. K., 2019).

Hollanda, 2019 Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0’da 4. sırada ve ayrıca en başarılı olduğu alanları sırasıyla makro-ekonomik stabilitede 1.lik, altyapıda 2.lik, iş dinamizminde 2.lik, kurumlarda 4.lük, sağlıkta ise 5.lik şeklindedir.

²⁴ İş birliğine dayalı robot

Netherlands

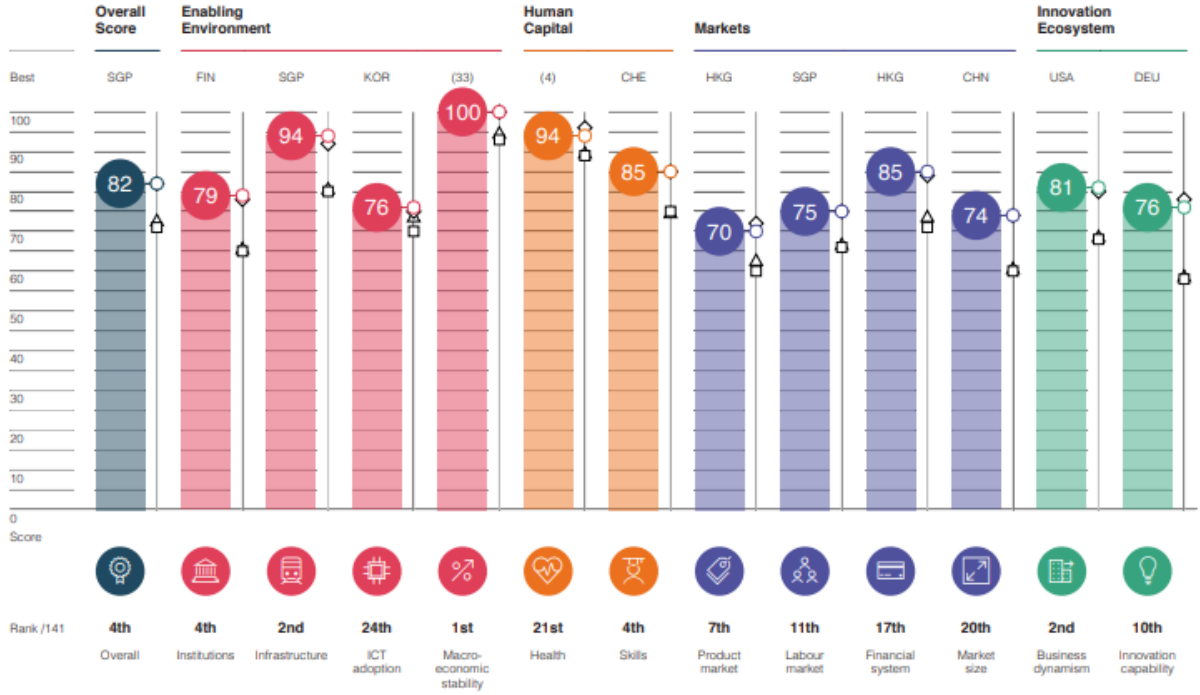
4th /141

Global Competitiveness Index 4.0 2019 edition

Rank in 2018 edition: 6th/140

Performance Overview
2019

Key ◇ Previous edition △ High-income group average □ Europe and North America average



Şekil 22: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre Hollanda'nın Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu

Kaynak: (Schwab K. , 2019) s:418

Ülkenin gelirinin büyük kısmı ticaret ve sanayi sektörlerinden gelmektedir. Rekabet gücünü korumak için, işgücü piyasasının taleplerine göre eğitim programları düzenlenmektedir. Sanayi, üniversiteler ve hükümet bunun için birlikte çalışıyor. Dijital teknolojilerle toplumdaki ve ekonomideki birçok sorunu tespit etmeyi ve çözmeyi hedefliyor. Tarımda ise hassas tarımsal uygulamalarla su ve gübrelerin verimli kullanımı sağlanmaktadır (Tekinerdoğan, 2018).

Ayrıca, Hollanda'nın HS Kodlamasına göre ticaret performansı hakkında daha detaylı verilere ulaşmak istenirse EK 2 başlığı altında Tablo 13'te incelenebilir.

4.4.3. İsrail'de Dijital Tarım

İsrail, 2019 Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'da 20. Sıradadır. Ayrıca en başarılı olduğu alanlar sırasıyla makro-ekonomik stabilitede 1.lık, iş dinamizminde 4.lük, sağlıkta 9.luk şeklindedir. Hollanda'nın en iyi olduğu alanlarda karşılaştırıldığında, altyapıda 23., kurumlarda 27. Sıradadır (Schwab K. , 2019).

İsrail'in ekonomik sistemi devlet kontrolünde karma bir yapıdadır. Yüksek teknoloji ürünler, tarım, kimya, iletişim teknolojilerinde küreselleşmiş ve sanayileşmiş dünyada öne çıkan bir ülkedir (Öztürk, İsrail'in Ekonomik Göstergeleri ve Türkiye İsrail Dış Ticareti, 2008).

İsrail günümüzde damla sulama sistemiyle dünyanın tanıdığı bir ülkedir. Tohumlar üzerinde oynayabilen, tarımsal üretimde kendi kendine yetebilen, en son teknoloji ile verimsiz alanlarda bile her türlü tarımsal ürünü elde edebilen ve büyük miktarlarda ihracat yapabilen bir kapasiteye sahiptir. Kurak arazi şartlarında dahi gelişmiş teknolojilerin kullanılmasıyla tarım sektöründe önemli ilerleme kaydetmiştir. Cherry (kiraz) domates yetiştiriciliğinde; damla sulama sistemi, kurak şartlara dayanıklı tohumlar ve hasat sonrası ürün dayanıklılığı gibi işlemler de dahil olmak üzere birçok başarılı sonuç elde edilmiştir. Kısacası, bugün İsrail tarımı bilgi ve teknolojik ilerlemeye dayalı bir avantaj ile dünyada lider rolündeki ülkelerden biridir (Kılavuz, 2019).

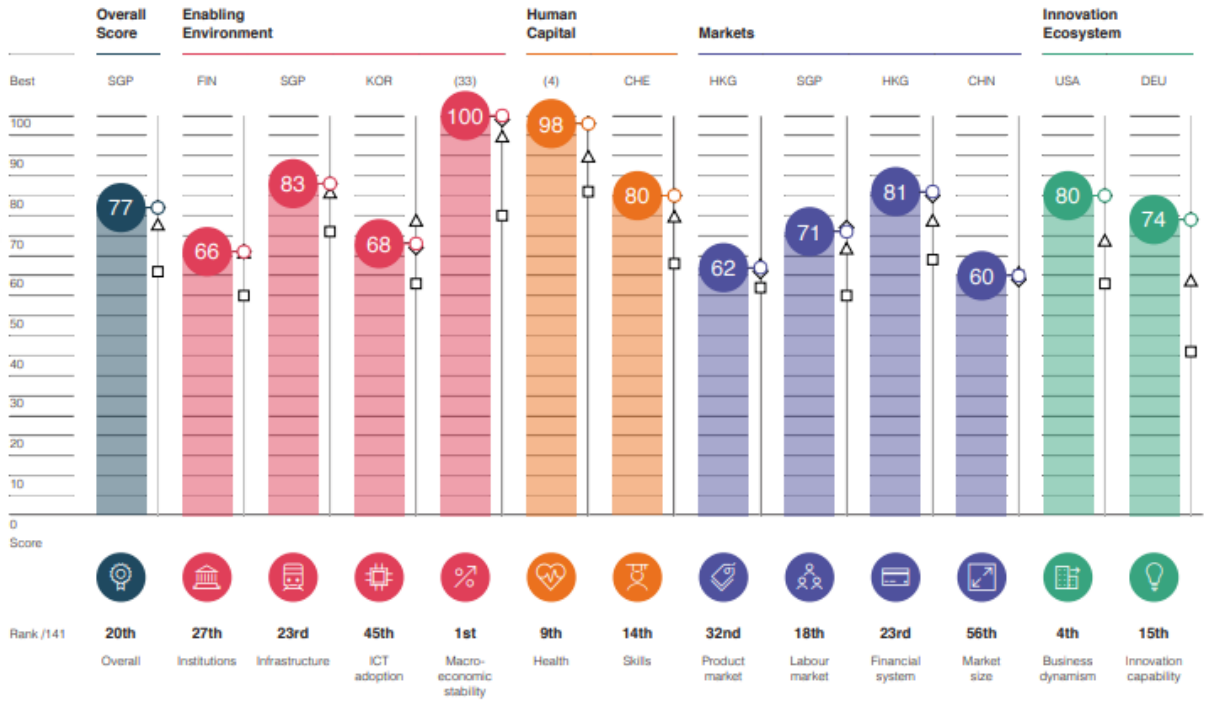
OECD'ye göre, İsrail GSYİH'nın yüzde 4'ünü AR-GE'ye harcıyor. Ayrıca bu alanda OECD ülkeleri arasında lider (Türkiye ise AR-GE için GSYİH'nın yaklaşık yüzde 1'ini ayırıyor ve sondan 6.sırada yer alıyor). Yoğun araştırma ve geliştirmeye dayanan ekonomisi ile İsrail, dünyada süt ve balın tanınmış bir ülkesi halinden çıkarak yazılım, iletişim, biyo-teknoloji, eczacılık, silah teknolojisi ve nano-teknoloji alanlarında saygınlık kazanmıştır (Köseoğlu, 2017).

Global Competitiveness Index 4.0 2019 edition

Rank in 2018 edition: 20th/140

Performance Overview Key ◇ Previous edition △ High-income group average □ Middle East and North Africa average

2019



Şekil 23: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre İsrail'in Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu

Kaynak: (Schwab K. , 2019) s:294

Ayrıca, İsrail'in HS Kodlamasına göre ticaret performansı hakkında daha detaylı verilere ulaşmak istenirse EK 3 başlığı altında Tablo 14'te incelenebilir.

4.4.4. Türkiye’de Dijital Tarım

Türkiye’de kırlardaki nüfusun gittikçe azaldığı, kentlere göçün hala devam ettiği görülmektedir. Bu durum kırsal nüfusu ile kentsel nüfusun farkının giderek açılarak, kırsal nüfus aleyhine gelişmektedir. Böylece tarımsal istihdam giderek azalmakta, fakat kenti besleyecek ürün sağlanamamakla beraber ithalata neden olmaktadır.

Türkiye’deki yakın zaman tarım politikalarının geçmişine kısaca değinmek gerekirse, 1990’lı yıllarda Türk Tarım Politikalarında önemli değişikliklere gidilmiştir. Bunlardan en önemlisi 1994 yılında DTÖ ile imzalanan Tarım Anlaşması’dır. Bu anlaşmaya göre Türkiye; iç destekler, ihracata sağlanan yardımlar, ithalatta korumacı politika ve tarımın pek çok konusunda işlevsel değişiklikler yapılmıştır. Tarımda uygulanan bu politikalar ile tarım sektörünün başarıya gidememesi ve bütçeye ağır yükler vermesi nedeniyle destek politikalarında değişimlere gidilmiştir. Sonrasında 2001’de Dünya Bankası ile Tarım Reformu Uygulama Projesi hayata geçirilmiştir. Bu proje kapsamında 3 temel destek şu şekildedir;

- Arazi büyüklüğüne bağlı doğrudan gelir desteği
- Girdilere ve fiyatlara sağlanan desteklerin aşamalı olarak kaldırılması
- Tarımda devlet işletmelerinin özelleştirilmesi (TEKEL, ÇAYKUR, ŞEKER ve TMO gibi.)

Ayrıca, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı kapsamında tarım sektöründe ihtiyaç duyulan öncelikli konulardan biri olan teknolojiye yapılan yatırımlar ile AR-GE kapasitelerinin genişletilmesi önem kazanmıştır. Bakanlık bu desteklere 2007 yılında başlamış, projelerle ilgili desteklerin yürütülmesi ve danışmanlık görevini sekreteryası olarak TAGEM’e vermiştir (Saygılı F. K., 2019).

Türkiye'nin 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na göre dünya bazındaki ekonomik durumundaki değerleri ise şu şekildedir; Küresel Rekabetçilik Endeksi 4.0'da 61. sırada ve makro-ekonomik stabilitede 129.luk, altyapıda 49.luk, iş dinamizminde 75.lik, kurumlarda 71.lik, sağlıkta 42.lik şeklindedir (Schwab K. , 2019).

Economy Profiles

Turkey

61st /141

Global Competitiveness Index 4.0 2019 edition

Rank in 2018 edition: 61st/140

Performance Overview 2019

Key ◇ Previous edition △ Upper-middle-income group average □ Europe and North America average



Şekil 24: 2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'na Göre Türkiye'nin Dünya Bazındaki Ekonomik Durumu

Kaynak: (Schwab K. , 2019) s:562

Türkiye bitkisel olarak çok çeşitliliğe sahiptir. Fakat mevcut duruma bakılırsa bu coğrafyayı tarım sektöründe profesyonel ve akıllı tarım şeklinde değil de kendi kendine yetebilecek geleneksel yöntemlerle yaptığı görülmektedir (Kılavuz, 2019). Aşağıdaki Tablo 10’da Türkiye’nin Küresel Rekabetçilik Endeksi’ne göre dünya sıralaması gösterilmektedir.

Tablo 10: Küresel Rekabetçilik Endeksi Hesaplamasında Kullanılan Ana Bileşenlerde Türkiye’nin Sıralaması

Rekabetçilik Endeksi Bileşeni	140 Ülke Arasında Türkiye’nin Sıralaması (2018)	137 Ülke Arasında Türkiye’nin Sıralaması (2017)	138 Ülke Arasında Türkiye’nin Sıralaması (2016)	140 Ülke Arasında Türkiye’nin Sıralaması (2015)
Kurumsal Yapılanma	71	71	74	75
Altyapı	49	53	48	53
Sağlık ve İlköğretim	42 (sadece sağlık verisi)	84	79	73
Yükseköğretim ve İşbaşında Eğitim	-	48	50	55
Mal.Piyasalarının Etkinliği	-	53	52	45

Pazar Büyüküğü	13	14	17	16
İnovasyon	49	69	71	60
İşgücü Piyasaları	109	127	126	127
Makroekonomik Ortam		50	54	68
Mali .Piyasaların Gelişmişliğı	-	80	82	64
Teknolojik Hazırlık	69	62	67	64
İş Dünyasının Yetkinliğı	-	67	65	58

Kaynak: (Schwab K. , 2019)s:562

Aşağıdaki Tablo 11’de her biri farklı özelliklere sahip başarılı ülkelerin örnekleriyle Türkiye’nin karşılaştırılması gösterilmektedir.

Tablo 11: Tarımda Başarılı Ülke Örnekleri ve Türkiye Karşılaştırması (2016)

	ABD	Hollanda	İsrail	Türkiye
Yüzölçümü (km²)	9.834.000	41.540	20.770	785.350
Nüfus (milyon)	325.952	16.980	8.192	79.622
Tarım alanları (km²)	4.058.625	18.370	5.339	385.460
Ekilebilir alanlar (km²)	1.522.625	10.330	2.972	206.450
Toplam istihdam içinde tarım istihdamının payı	%1,7	%2,3	%1,1	%19,5
Tarımsal katma değer GSYH içindeki payı	%1,0	%1,6	%1,2	%6,2
Tarımsal İhracat (milyon \$)	161.397	100.188	2.155	16.641
Tarımsal İthalat (milyon \$)	159.548	69.415	6.168	15.638
Toplam ihracat içinde BİT ürünlerinin payı	%9,66	%10,92	%11,73	%1,47
Toplam ithalat içinde BİT ürünlerinin payı	%14,06	%13,46	%10,88	%5,67

Kaynak: FAO, Dünya Bankası, Dünya Ticaret Örgütü, UNCTAD, UN (Saygılı F. K., 2019)

Tablo 11’de görüldüğü üzere Türkiye arazi alanı, nüfus, tarım alanları ve ekili alanlarına göre ABD’den sonra 2. Sıradadır. Toplam istihdam içindeki tarım istihdamının payı ve tarımsal katma değer gayri safi yurtiçi hasıla içindeki payı bakımından bu ülkeler arasında 1. Sıradadır.

Fakat Türkiye'nin tarımsal kaynaklarına rağmen, diğer ülkelerin ihracat performansına oranına göre doğru kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Diğer ülkelerin tarımdaki bu başarısının teknoloji kullanımına dayandığı açıkça anlaşılmaktadır. Özellikle Hollanda ve İsrail, bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımlarıyla Tarım 4.0 sürecine uyum sağlamışlardır. Bu ülkelerin hem ithalat hem ihracatlarında görünen yüksek değerler teknolojiyi kullanmalarının önemini vurgulamaktadır. Tarım 4.0'da başarılı ülkeler teknoloji sayesinde verimliliklerini arttırabilmişlerdir.

Ayrıca, Türkiye'nin HS Kodlamasına göre ticaret performansı hakkında daha detaylı verilere ulaşmak istenirse EK 4 başlığı altında Tablo 15'te incelenebilir.

4.5. Analizler

Tarım sektöründe bilgi teknolojilerinin kullanılmasının SWOT Analizi (güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları, tehditleri) ve PESTLE Analizi (politik, ekonomik, sosyolojik, teknolojik, yasal, çevresel faktörler) kapsamında incelenmiştir.

4.5.1. Tarım 4.0 SWOT Analizi

Tarım 4.0'ın SWOT Analizi'nde;

Güçlü yönleri;

- Tarımsal faaliyetlerin her aşamasında otomasyon kullanımı ile tam yetkinlik,
- Otomatik sulama teknikleriyle etkin su kullanımı,
- Toprağın mevcut durumunu analiz ederek ihtiyaçları belirleme,
- Nem-sıcaklık sensörleriyle analiz imkanı vb.

Zayıf Yönleri;

- Daha az kas gücü ihtiyacı nedeniyle ortaya çıkan işsizlik,

- Tarım sektörünün endüstri 4.0 süreciyle ortaya çıkan teknoloji gücünden yararlanma oranı diğer sektörlerle göre daha yavaş olması, çiftçileri ve üreticileri dijitalizasyona adapte edememe,
- Maliyetin yüksek olması,
- Tarım sektörünün bir meslek olarak cazibesinin olmaması,
- Gençler için tarım sektöründe canlı ve cazip işlerin oldukça yetersiz bir düzeyde bulunması vb.

Fırsatlar;

- Beslenme alanındaki gelişmeler, beslenme ve sağlık ihtiyaçları, tat tercihleri, sindirim yeteneğine uyarlanmış beslenme önerileri verilebilir.
- Büyük veri teknolojisi, politika kararlarını bildirerek ve tüketim kalıplarını tarım sektörü lehine değiştirerek toplam maliyet muhasebesini kolaylaştırabilir.
- Sosyal ağlar ve çevrimiçi e-ticaret gibi bağlantı teknolojileri, tüketim modellerini önemli ölçüde etkileyecek ve besleyici gıdalara erişimi artıracak platformlar sağlayabilir.
- Belirli gıdaların üretimi ve tüketimindeki blockchain (blok zinciri) teknolojileri ile bu gıdaların çevresel ve besinsel içeriği hakkında bilgi sahibi olan tüketiciler minimum sürdürülebilirlik ve sağlık gereksinimlerinin karşılanmasını gerektirebilir.
- Radyofrekans tanımlama ve genetik işaretleyiciler gibi gömülü mikroskobik elektronik cihazlar gelecekteki barkodlar olarak kullanılabilir. Böylece, cep telefonlarıyla birlikte kullanıldığında, gıdaların tazeliğine, olgunluğuna, raf ömrüne veya besin içeriğine anında erişim sağlayabilirler. Blok zincirleme ile sağlanan mobil ödemeler, hedeflenen sağlık ve beslenme sübvansiyonlarını verimli bir şekilde sağlayabilir ve sosyal ağlar halk sağlığı kampanyalarına olanak sağlayabilmektedir (World Economic Forum, 2018).

- Biyolojideki ilerlemelerin ve gen dizilimindeki ilerlemelerin bir parçası olarak, organizmalar DNA yazmanın bir sonucu olarak kişiselleştirilebilir. Sonuç olarak, bu tarım ürünlerinin üretimini etkileyecektir.
- Otonom araç teknolojisi ve yapay zeka teknolojisindeki ilerlemeler ve gelişmeler ile gıda ve tarım sektörü için geliştirilen dronların kullanımı ile gübreleme ve su kullanımının etkinliği artırılabilir.
- Gen dizisindeki gelişmeler nedeniyle, hayvanları daha ucuz ve daha uygun beslenme koşullarında yetiştirilecek şekilde değiştirmek ve aşırı sıcaklıklara veya kuraklığa dayanabilecek gıda ürünleri üretmek mümkün olacaktır (Schwab K. , 2019).

Tehditler;

- Sanayi Devrimi'nin fırsatlarını ve zorluklarını açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edebilecek ortak bir anlatı olmaması, bu dönüşüm sürecine popüler bir tepki gösterebilir.
- Yeniliğin ulusal ve küresel düzeydeki ilerlemesini düzenleyebilecek ve meydana gelecek bozulmayı azaltabilecek kurumsal bir çerçeve bulunmamaktadır.
- Ekonomik, sosyal ve politik sistemlerimizi tüm sektörler için yeniden değerlendirebilecek liderlik düzeyi, Endüstri 4.0 süreciyle beklenen dönüşümün büyüklüğüne kıyasla yetersizdir (Schwab K. , 2016).
- Dünyanın farklı bölgelerinde farklı ölçeklerde etkiler beklenmesine rağmen, iklim değişikliğinin tarımsal verimde azalmaya ve dünya tahıl üretiminde önemli bir azalmaya yol açacağı sonucuna varılmıştır (Stern, 2006).
- Artan dünya nüfusu nedeniyle gıda arzı üzerindeki artan baskı şeklindedir.

4.5.2. Tarım 4.0 PESTLE Analizi

Tarım 4.0'ın PESTLE Analizi ile incelendiğinde;

Politik Faktörler; bakımından yapılması gereken, akıllı çiftçiliği tüm kullanıcılar için uygun fiyatlı, kullanışlı ve daha erişilebilir hale getirmektir. Tarım sektöründe olanlar için gelirlerini artırmak ve değer katmak, tarım mesleğine rağbet kazandırmak, işsizliğin yüksek olduğu Türkiye açısından özellikle önemli olduğu görülmektedir.

Ekonomik Faktörler; tüketici ve müşterilerin alım gücünü ifade etmektedir. Ekonomi politikaları, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için çok önemli bir stratejik faktördür. Özellikle tarımsal ürünler için, bu yeni süreç ile tek bir alanda uzmanlaşmış tarım kooperatiflerinin faaliyetleri daha hızlı ve verimli bir şekilde uygulanabilmektedir. Hollanda gibi tarımda uzmanlaşmış ülkelerle işbirliği, tarımdaki teknolojik boşluğu kapatmanın etkili bir yolu olabilmektedir.

Sosyal Faktörler açısından bakıldığında, Türkiye’de “Çiftçi Kayıt Sistemi” ne (ÇKS) kayıtlı toplam 2.1 milyon çiftçinin yaş ortalamasının 55 şeklinde olduğu belirtilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) verilerine göre 65 yaşın üstündekilerin tarım sektöründe istihdam edilme oranı % 65.5 olmasından dolayı bir sosyo-kültürel kırılım yaşandığını görülebilmektedir (TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 2020). Bu nedenle genç nesillere tarım sektörünün stratejik önemi anlatılmalı ve bu alanda iş yapmaları konusunda teşvikler verilmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca dünya nüfusunun giderek artması ile ortaya çıkacak olan beslenme ve küresel kaynakların etkili kullanım sorunlarına dijitalleşmeyle birlikte etkili çözümler üretebileceği öngörülmektedir.

Teknolojik Faktörler; mevcut kaynaklar korunarak, GPS, GNSS ile havadan drone görüntülemenin ve sentinel uydular tarafından sağlanan son nesil hiperpektral görüntülemenin, mahsul veriminin, arazi özelliklerinin / topografyanın, organik madde içeriğinin, nem seviyelerinin, azot seviyelerinin vb. tüm çiftlik yönetimi için girdilerin

geri dönüşünü optimize etmek için karar destek sistemleri (DSS), ölçülebilecek kadar çok değişkenin uzamsal değişkenlik haritalarının oluşturulmasına izin verilebilmektedir. Araştırmamızda detaylı bir şekilde belirtildiği gibi bu gelişmeler teknolojik altyapı sayesinde uygulanabilmektedir.

Yasal faktörde ise devlet politikaları açısından bakıldığında bu devrimlere ayak uydurulabilmesi için özel sektör-devlet işbirliğinin arttırılması gerekmektedir. Devletin desteği ile tarımın dijitalleşmesi için gerekli altyapı oluşturulmalıdır. Tohum, gübre, sulama vb. maliyetlerin azaltılması AR-GE desteği ve yatırımlar gibi politikalarla tarımsal araştırma üniversitelerinin kurulması, tarım sektörünün bir yük olarak görülmesinden çok devlete katkı sağlayan, ulusal kalkınmanın faktörü olan bir sektör gözüyle bakılması gerekmektedir.

Çevre faktörü açısından bakıldığında çevre kirliliğinin azaltılması en önemli konudur. Akıllı tarım tüm bileşenleri ile uygulanabildiğinde, suyun daha verimli kullanılması veya proses ve girdilerin optimizasyonu ile yaşam ve çevre sorunlarına kesinlikle büyük faydalar sağlayabilir. Büyüyen dünya nüfusu ile ortaya çıkacak küresel kaynakların ve beslenmenin etkin kullanımı sorunlarına etkili çözümler üretebilecektir.

Bu analizlerin yanı sıra yapılan çalışmalara bakıldığında, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Türk Tarım ve Orman Bakanlığı iş birliğiyle “Ulusal E-Tarım Stratejisinin Desteklenmesi” adlı projesi 2019 yılında hayata geçirilmiş, Ankara’da gerçekleştirilen çalıştayla tamamlanmıştır. Bu çalıştayda, teknolojinin tarım sektöründe kullanılmasının önemine değinilmiş, söz konusu projeyle oluşturulacak ulusal stratejinin tarım sektörüne önemli faydalar sağlayacağını belirtilmiştir. Bu projeyi şekillendiren Türkiye'nin ulusal e-stratejileri tarım, tarımda bilgi ve iletişim teknolojisi, Türkiye'nin e-tarımının mevcut kullanımı belirlemesi için farkındalık ve kapasitenin artırılmasına destek sağlamayı amaçlamaktadır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzün ve geleceğimizin hemen her alanında olan teknolojik gelişmeler yaşanması tartışılmazdır. Bu durumun insanlık için en önemli hayatta kalma gereksinimi olan gıda ve gıdaya ulaşım için tarım çok önemli bir faktördür. Dolayısıyla gerek sanayide gerekse tarımsal anlamda üretimde artan ihtiyacı karşılayabilmek için makineleşme, dijitalleşme büyük önem arz etmektedir. Dünyada bu anlamda yaşanan gelişmeler hız kazanmaktadır. Ülkemizde de Endüstri 4.0 ve Tarım 4.0 kapsamında henüz uygulamaya tam anlamıyla geçilemese de araştırmalar ve projeler önem kazanmaya başlamıştır. Türkiye’de özellikle tarım sektörü cumhuriyetin kuruluşundan günümüze sarfedilen bütün çabalara rağmen istenilen verimliliği yakalayamamıştır. Özellikle onuncu ve onbirinci kalkınma planlarında hedeflenen konuların yanı sıra uygulanan politikalardaki esas sorun uygulanmasındaki amacın kesin ve açık bir şekilde ortaya koyulamaması, istikrar sağlanamamasıdır.

Araştırmada ele alınan sorun; endüstride, Tarım 4.0’ın yeterince bilinmemesi, gereken önemin verilmemesi, akıllı tarım, hassas tarım ve dijital tarım gibi bilgiye dayalı teknolojiyi geliştirecek yeterli çalışmaların yapılmamasından kaynaklanan tarım politikaları eksikliğidir.

Bu soruna önerilen çözüm ise; sanayi ve tarımın gelecekte yaşayabileceği muhtemel durumlar irdelenerek farkındalık sağlanması, bu çalışmada yapıldığı gibi geleneksel ve teknolojik tarım arasında politika tercihinin yapılabilmesi için kamu-akademi ve tarım sektörü iş birliğinin arttırılması, üreticilerin de bu yeni kavrama adapte olabilmeleri için gelişmiş ülkelerde uygulanan örnekler ile yeni bir yol haritası oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır.

Bu durum sadece Türkiye için değil, kavramlar çok yeni olduğu için dünya için henüz sistemi oturtulamamış, tam olarak kavranamamıştır. Endüstri 4.0 tüm sektörleri içine aldığından ve daha spesifik olması açısından tarım sektöründe yaşanan evrim, yani

Tarım 4.0 kavramı SWOT ve PESTLE analizleriyle incelenmiş, analiz başlığı altında belirtilmiştir. Şu sonuca varılmıştır; dijital teknolojilerin tarım sektöründe uygulanması, daha verimli ürün, azalan maliyet, daha az ürün israfı, su, yakıt, gübre gibi giderlerin minimuma indirilmesi açısından çok önemlidir ve tüketici açısından bu daha kaliteli ve ucuz ürün anlamına gelmektedir.

Dünya'nın gelişmiş devletlerinde, süper güçlerinde tarımsal ürün ithalatı yerine dijital tarımla tarım ürünü üretimine geçilmesine karşın Türkiye'de dijital tarıma geçiş için henüz erken midir? Bu bir tartışma konusudur. Ancak mevcut Türk tarımına bakarsak halen geleneksel tarım uygulandığı ve tarım ile uğraşan nüfusun hayli yaşlı olduğunu görmekteyiz. Dolayısıyla dijitalleşebilmek için yaş faktörü göz ardı edilmemeli, önce genç nüfusun tarım ile uğraşmasına teşvik sağlanmalı, bunun da ancak ve ancak eğitimle olacağı anlaşılmaktadır. Genç nüfusa gelecekte hayatta kalmanın yalnızca teknolojiye değil, teknolojiyle tarımın entegrasyonuna bağlı olduğu bilinci kazandırılmalıdır.

Fakat ülkemizde henüz bu aşamaya gelmeden önce mevcut sistemin iyileştirilmesi için, mevcut çiftçilere geleneksel tarımdan nasıl daha akıllı tarım uygulayabilecekleri öğretilmelidir. Bu cümleden kasıt dijitalleşen değil, geleneksel tarımdan akıllı tarıma geçiş şeklindedir. Nasıl ki teknoloji her geçen gün gelişiyor ise, devlet, özel sektör ve üniversiteler işbirlikleri ile mevcut sistemin iyileştirilmesi için eğitimleri devamlı olarak arttırılmalıdır. İleri adımlarda ise tarımda dijitalizasyonun etkili bir şekilde kullanılabilmesi, özellikle ölçek ekonomileri sağlanması, özel sektör-devlet iş birliklerine önem verilmelidir. İşsizliğin yüksek boyutlarda olduğu Türkiye için çiftçilik meslek haline getirilmeli, özellikle genç yaştaki vatandaşlara özendirilmesi çok önemlidir.

Türkiye tarım sektöründe üreten ve istihdam eden yapısı ile stratejik konumdadır. Ayrıca Türkiye için geleneksel tarım ile dijital tarım arasında farka yani insansız tarım ile arasındaki yatırım farkına bakılarak, dijital tarım uygulama ve politikalarıyla

tarımsal alandaki avantajını kullanarak rekabet üstünlüğü sağlayıp sağlayamayacağı tartışma konusudur.

Türkiye bu kadar geniş ve verimli tarım alanları ile rekabette geri kalacak ve dezavantajlı duruma düşecektir deniyorsa, sermaye yatırımının şart olduğunu söyleyebiliriz. Eğer Türkiye'nin tarım alanları zaten müsait, Hollanda gibi tarımsal teknolojiye ileri ülkeler teknolojiye yatırım yaparak üstünlük kuruyor ve 5 birim ürün ürettiyorsa biz de tarımsal alanlarımızın genişliğinden kaynaklı aynı sürede ve aynı emek gücüyle 8 birim ürün üretebiliriz. Hatta istihdamımızı azaltmadan rekabet üstünlüğü elde edebiliriz. Çünkü tarımda dijital üretime geçildiğinde insan faktörü ortadan kaldırılmış, istihdam azaltılmış olacaktır.

Bundan sonraki çalışmalarda tarımın geleneksel şekliyle teknolojik şekli arasındaki bağlantı ve kazançlar incelenerek yeni bir modelin ortaya koyulması tavsiye edilmektedir.

EKLER

EK 1

Tablo 12: ABD'nin HS Kodlamasına²⁵ Göre Ticaret Performansı

Endüstri	İhracat Değeri	İthalat Değeri	Net ticaret Değeri	Topla m İhrac at Payı (%)	Topla m İthala t Payı (%)	Düny a ihrac at payı (%)	Düny a ithala t payı (%)	Net Ticar et
00 Bütün Endüstriler	1,453,169,6 33	2,249,660,7 19	- 796,491,0 86	100.00 0	100.00 0		137.3 90.000 00	-21.5
87 Demiryolu, Tramvay Dışındaki Araçlar	190,504,22 4	315,445,73 2	- 124,941,5 08	13.110	14.020	100.30 0	162.9 00	-24.7
84 Kazanlar, Makineler; Nükleer Reaktörler vb	167,197,23 2	335,969,79 4	- 168,772,5 62	11.510	14.930	69.100	135.2 00	-33.5

²⁵Harmonized System, yani Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu: DTÖ tarafından ticarete konu eşyanın sınıflandırılması amacıyla geliştirilmiş uluslararası numaralandırmadır.

71 İnciler,								
Değerli								
Taşlar,	162,933,43		76,299,70			257.60	174.3	
Metaller,	8	86,633,729	9	11.210	3.850	0	00	30.Haz
Paralar, vb								
61 Giyim								
Eşyası,								
Aksesuar,								
Örgü veya			-					
Tığ İşi	124,256,48	285,008,25	160,751,7				212.3	
Eşyaları	6	5	69	8.550	12.670	92.700	00	-39.3
85 Elektrik,			-					
Elektronik		163,420,30	68,723,12				92.40	
Ekipman	94,697,181	4	3	6.520	7.260	61.300	0	-26.6
08								
Yenilebilir								
Meyve,								
Fındık,								
Narenciye								
Kabuğu,						151.00	151.8	
Kavun	81,966,011	80,825,518	1,140,493	5.640	3.590	0	00	0.7
20 Sebze,								
Meyve,								
Fındık vb.								
Yiyecek								
Müstahzarla						108.90	92.80	
rı	58,447,679	50,373,928	8,073,751	4.020	2.240	0	0	7.Nis
52 Pamuk			-				103.8	
	57,293,965	65,347,088	8,053,123	3.940	2.900	89.000	00	-6.6
19 Tahıl,								
Un, Nişasta,			-					
Süt			45,376,51				172.7	
Müstahzarla	47,128,902	92,505,412	0	3.240	4.110	94.000	00	-32.5

15	Hayvansal,								
	Bitkisel		-						
	Katı ve Sıvı		15,859,12				131.9		
	Yağlar vb.	33,882,597	49,741,726	9	2.330	2.210	99.700	00	-19.0
24	Tütün ve								
	Üretilen								
	Tütün		25,298,39				312.00	26.30	
	İkameleri	27,744,897	2,446,502	5	1.910	0.110	0	0	83.8
07	Yenilebilir								
	Sebzeler,								
	Belirli								
	Kökler ve		11,503,94				148.70	78.60	29.Ma
	Yumrular	25,353,830	13,849,890	0	1.740	0.620	0	0	r
03	Balık,								
	Kabuklular,								
	Yumuşakçal								
	ar, Suda								
	Yaşayan								
	Omurgasız		16,776,88				201.60	23.60	
	Hayvanlar	19,109,887	2,333,001	6	1.320	0.100	0	0	78.2
33	Uçucu								
	Yağlar,								
	Parfümler,								
	Kozmetikler								
	, Tuvalet		-						
	Malzemeler		16,133,15				129.7		
	i	17,479,592	33,612,748	6	1.200	1.490	68.200	00	-31.6
04	Süt		-				106.4		
	Ürünleri,	14,866,560	16,245,184	1,378,624	1.020	0.720	98.200	00	-4.4

Yumurta,									
Bal,									
Yenilebilir									
Hayvansal									
Ürünler									
17 Şekerler									
ve									
Şekerlemele						130.20	71.40	29.Ağ	
r	14,636,744	7,911,924	6,724,820	1.010	0.350	0	0	u	
12 Yağlı									
Tohum,									
Oleajik									
Meyveler,									
Tahıl,									
Tohum,			-			130.60	143.3		
Meyve vb.	14,062,397	16,717,746	2,655,349	0.970	0.740	0	00	-8.6	
02 Etler ve			-						
Yenilen			17,136,32				125.5		
Sakatat	13,833,874	30,970,197	3	0.950	1.380	64.400	00	-38.3	
22									
İçecekler,									
Alkollü									
İçecekler ve			-				74.00		
Sirke	12,872,992	22,509,220	9,636,228	0.890	1.000	42.800	0	-27.2	
09 Kahve,			-						
Çay ve			13,596,82				155.4		
Baharatlar	12,631,611	26,228,432	1	0.870	1.170	78.300	00	-35.0	
31 Gübreler			-				120.9		
	12,240,333	18,740,355	6,500,022	0.840	0.830	77.200	00	-21.0	
06 Canlı									
Ağaçlar,									
Bitkiler,						104.20	109.1		
Soğanlar,	12,037,511	12,559,471	-521,96	0.830	0.560	0	00	-2.1	

Kökler,									
Kesilmiş									
Çiçekler vb.									
01 Canlı						120.10	107.7		
Hayvanlar	11,340,086	11,750,986	-410,9	0.780	0.520	0	00	-1.8	
13 Lak,									
Zamklar,									
Reçineler,									
Bitkisel									
Özler ve						396.20	417.7		
Özler	11,215,670	9,889,730	1,325,940	0.770	0.440	0	00	6.Mar	
50 İpek			-						
			52,153,86				289.9		
	10,990,443	63,144,308	5	0.760	2.810	47.400	00	-70.4	

Kaynak: (International Trade Centre, 2016)

EK 2

Tablo 13: Hollanda'nın HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı (2016, Bin \$)

Endüstri	İhracat Değeri	İthalat Değeri	Net ticaret Değeri	Toplam İhracat Payı (%)	Toplam İthalat Payı (%)	Dünya ihracat payı (%)	Dünya ithalat payı (%)	Net Ticaret
00	569.376	504.180	65.196.	100	100	3.53	3.08	6.1
Bütün	.621	.095	526					
Endüstri								
ler								
84	74.114.	57.669.	16.444.	13.020	11.440	3.9	2.98	12.5
Kazanla	565	774	791					
r,								
Makinel								
er;								
Nükleer								
Reaktör								
ler, vb								
85	66.614.	66.616.	-1.913	11.700	13.210	2.75	2.68	0
Elektrik	311	224						
,								
Elektro								
nik								
Ekipma								
n								
99	62.785.	67.392.	-	11.030	13.370	9.93	13.56	-3.5
Başka	404	581	4.607.1					
Yerde			77					
Belirtil								
meyen								
Emtiala								

r								
27	51.955.	62.604.	-	9.120	12.420	3.36	3.54	-9.3
Mineral	003	086	10.649.					
Yakıtlar			083					
,								
Yağlar,								
Damıtm								
a								
Ürünleri								
vb.								
30	28.237.	20.971.	7.266.0	4.960	4.160	5.63	3.91	14.8
Eczacılı	489	446	43					
k								
Ürünleri								
02 Etler	8.330.0	3.766.1	4.563.8	1.460	0.750	7.41	3.4	37.7
ve	23	91	32					
Yenilen								
Sakatat								
06 Canlı	7.642.4	1.785.5	5.856.8	1.340	0.350	43.04	10.35	62.1
Ağaçlar,	63	85	78					
Bitkiler,								
Soğanla								
r,								
Kökler,								
Kesilmi								
ş								
Çiçekler								
vb.								
04 Süt	7.471.3	3.104.0	4.367.2	1.310	0.620	10.46	4.28	41.3
Ürünleri	17	97	20					
,								
Yumurta								
a, Bal,								

Yenileb								
ilir								
Hayvan								
sal								
Ürünler								
07	6.152.6	1.954.5	4.198.1	1.080	0.390	8.95	2.8	51.8
Yenileb	82	80	02					
ilir								
Sebzele								
r, Belirli								
Kökler								
ve								
Yumrul								
ar								
08	5.876.3	6.478.2	-	1.030	1.280	5.46	5.55	-4.9
Yenileb	78	61	601.883					
ilir								
Meyve,								
Fındık,								
Narenci								
ye								
Kabuğu,								
Kavun								
20	5.000.3	3.118.1	1.882.1	0.880	0.620	8.59	5.57	23.2
Sebze,	81	97	84					
Meyve,								
Fındık								
vb.								
Yiyecek								
Müstah								
zarları								
22	4.891.3	3.328.3	1.563.0	0.860	0.660	4.62	3.06	19
İçecek	73	69	04					

r,								
Alkollü								
İçecekler								
r ve								
Sirke								
15	4.443.9	4.658.1	-	0.780	0.920	5.12	5.33	-2.4
Hayvan	01	83	214.282					
sal,								
Bitkisel								
Katı ve								
Sıvı								
Yağlar								
vb.								
19	4.364.4	1.744.4	2.620.0	0.770	0.350	6.73	2.74	42.9
Tahıl,	93	48	45					
Un,								
Nişasta,								
Süt								
Müstah								
zarları								
ve								
Ürünleri								
33	3.466.8	3.058.2	408.621	0.610	0.610	3	2.66	6.3
Uçucu	66	45						
Yağlar,								
Parfüml								
er,								
Kozmet								
ikler,								
Tuvalet								
Malzem								
eleri								
03	3.187.6	2.581.4	606.204	0.560	0.510	2.9	2.35	10.5

Balık,	58	54							
Kabukl									
ular,									
Yumuşa									
kçalar,									
Suda									
Yaşaya									
n									
Omurga									
sız									
Hayvanl									
ar									
24	3.094.6	1.366.8	1.727.8	0.540	0.270	7.57	3.17	38.7	
Tütün	53	44	09						
ve									
Tütün									
İkamele									
ri									
12	2.989.4	3.703.2	-	0.530	0.730	3.36	3.99	-10.7	
Yağlı	21	82	713.861						
Tohum,									
Olejik									
Meyvel									
er,									
Tahıl,									
Tohum,									
Meyve									
vb.									
31	1.891.9	694.692	1.197.2	0.330	0.140	3.96	1.27	46.3	
Gübrele	53		61						
r									
01 Canlı	1.668.6	864.655	803.974	0.290	0.170	8.55	4.48	31.7	
Hayvanl	29								

ar									
16 Et,	1.568.9	1.475.5	93.428	0.280	0.290	3.58	3.6	3.1	
Balık ve	37	09							
Deniz									
Ürünleri									
Gıda									
Müstah									
zarları									
17	1.411.5	817.531	594.01	0.250	0.160	3.25	1.78	26.7	
Şekerler	41								
ve									
Şekerle									
meler									
09	960.393	1.392.7	-432.35	0.170	0.280	2	2.98	-18.4	
Kahve,		43							
Çay,									
Dostum									
ve									
Baharatl									
ar									
52	271.631	167.738	103.893	0.050	0.030	0.51	0.37	23.7	
Pamuk									
13 Lak,	79.377	116.769	-37.392	0.010	0.020	1.3	1.82	-19.1	
Zamklar									
,									
Reçinel									
er,									
Bitkisel									
Özler ve									
Özler									
14	21.962	49.910	-27.948	0.000	0.010	2.53	4.44	-38.9	
Örülme									
ye									

Elverişli

Bitkisel

Maddel

er;

Tarifeni

n Başka

Yerinde

Belirtil

meyen

veya

Yer

Almaya

n

Bitkisel

Ürünler

50 İpek	696	2.980	-2.284	0.000	0.000	0.03	0.17	-62.1
---------	-----	-------	--------	-------	-------	------	------	-------

Kaynak: (International Trade Centre, 2016)

EK 3

Tablo 14: İsrail'in HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı (2016, Bin \$)

Endüstri	İhracat Değeri	İthalat Değeri	Net ticaret Değeri	Topla m İhracat Payı (%)	Topla m İthalat Payı (%)	Düny a ihraca t payı (%)	Düny a ithala t payı (%)	Net Ticare t
00 Bütün Endüstriler	60.570.59 6	65.802.69 3	- 5.232.09 7	100	100	0.38	0.4	-4.1
71 İnciler, Değerli Taşlar, Metaller, Paralar, vb	16.366.53 1	7.495.561	8.870.97 0	27.020	11.390	2.54	1.19	37.2
85 Elektrik, Elektronik Ekipman	8.865.787	8.114.883	750.904	14.640	12.330	0.37	0.33	4.4
30 Eczacılık Ürünleri	6.657.911	2.006.524	4.651.38 7	10.990	3.050	1.33	0.37	53.7
84 Kazanlar, Makineler; Nükleer Reaktörler, vb	4.345.973	8.620.475	- 4.274.50 2	7.180	13.100	0.23	0.45	-33
90 Optik, Fotoğraf, Teknik, Medikal vb.	4.193.829	2.191.622	2.002.20 7	6.920	3.330	0.77	0.41	31.4

31 Gübreler	1.113.868	56.468	1.057.400	1.840	0.090	2.33	0.1	90.4
08 Yenilebilir Meyve, Fındık, Narenciye Kabuğu, Kavun	484.733	260.438	224.295	0.800	0.400	0.45	0.22	30.1
07 Yenilebilir Sebzeler, Belirli Kökler ve Yumrular	419.107	140.298	278.809	0.690	0.210	0.61	0.2	49.8
33 Uçucu Yağlar, Parfümler, Kozmetikler, Tuvalet Malzemeleri	398.429	478.252	-79.823	0.660	0.730	0.34	0.42	-9.1
20 Sebze, Meyve, Fındık vb. Yiyecek Müstahzarları	233.832	256.419	-22.587	0.390	0.390	0.4	0.46	-4.6
12 Yağlı Tohum, Oleajik Meyveler,	202.286	344.77	-142.484	0.330	0.520	0.23	0.37	-26.1

Tahıl,
Tohum,
Meyve Vb.

06	Canlı	133.384	15.142	118.242	0.220	0.020	0.75	0.09	79.6
----	-------	---------	--------	---------	-------	-------	------	------	------

Ağaçlar,
Bitkiler,
Soğanlar,
Kökler,
Kesilmiş
Çiçekler vb.

17	Şekerler	58.224	276.847	-218.623	0.100	0.420	0.13	0.6	-65.3
----	----------	--------	---------	----------	-------	-------	------	-----	-------

ve
Şekerlemeler

22	İçecekler,	48.396	298.764	-250.368	0.080	0.450	0.05	0.28	-72.1
----	------------	--------	---------	----------	-------	-------	------	------	-------

Alkollü
İçecekler ve
Sirke

16	Et, Balık	36.604	97.415	-60.811	0.060	0.150	0.08	0.24	-45.4
----	-----------	--------	--------	---------	-------	-------	------	------	-------

ve Deniz

Ürünleri

Gıda

Müstahzarlar

1

15		27.785	158.667	-130.882	0.050	0.240	0.03	0.18	-70.2
----	--	--------	---------	----------	-------	-------	------	------	-------

Hayvansal,
Bitkisel Katı
ve Sıvı
Yağlar,
Bölünme
Ürünleri vb.

09	Kahve, Çay ve Baharatlar	27.776	145.375	-117.599	0.050	0.220	0.06	0.31	-67.9
13	Lak, Zamklar, Reçineler, Bitkisel Özler ve Özler	25.578	21.415	4.163	0.040	0.030	0.42	0.33	8.9
03	Balık, Kabuklular, Yumuşakçalar, Suda Yaşayan Omurgasız Hayvanlar	13.685	402.988	-389.303	0.020	0.610	0.01	0.37	-93.4
01	Canlı Hayvanlar	13.477	279.424	-265.947	0.020	0.420	0.07	1.45	-90.8
04	Süt Ürünleri, Yumurta, Bal, Yenilebilir Hayvansal Ürünler	9.733	107.269	-97.536	0.020	0.160	0.01	0.15	-83.4
02	Etler ve Yenilen Sakatat	1.349	577.01	-575.661	0.000	0.880	0	0.52	-99.5
53	Dokumaya	109	4.401	-4.292	0.000	0.010	0	0.12	-95.2

Elverişli

Diğer

Bitkisel

Lifler; Kağıt

İpliği vb.

50 İpek	96	881	-785	0.000	0.000	0	0.05	-80.4
---------	----	-----	------	-------	-------	---	------	-------

24 Tütün ve	73	249.54	-249.467	0.000	0.380	0	0.58	-99.9
-------------	----	--------	----------	-------	-------	---	------	-------

Tütün

İkameleri

14 Örülmeye	7	3.507	-3.500	0.000	0.010	0	0.31	-99.6
-------------	---	-------	--------	-------	-------	---	------	-------

Elverişli

Bitkisel

Maddeler;

Tarifenin

Başka

Yerinde

Belirtilmeyen

veya Yer

Almayan

Bitkisel

Ürünler

Kaynak: (International Trade Centre, 2016)

EK 4

Tablo 15: Türkiye'nin HS Kodlamasına Göre Ticaret Performansı (2016, Bin \$)

Endüstri	İhracat Değeri	İthalat Değeri	Net ticaret Değeri	Topla m İhraca t Payı (%)	Topla m İthalat Payı (%)	Düny a ihrac at payı (%)	Düny a ithala t payı (%)	Net Ticar et
00 Bütün Endüstriler	142.604.1 37	198.600.8 92	- 55.996.7 55	100	100	0.88	1.21	-16.4
87 Demiryolu, Tramvay Dışındaki Araçlar	19.613.64 8	17.827.13 2	1.786.51 6	13.75 0	8.980	1.46	1.33	4.8
84 Kazanlar, Makineler; Nükleer Reaktörler vb	12.404.82 9	27.296.22 3	- 14.891.3 94	8.700	13.74 0	0.65	1.41	-37.5
71 İnciler, Değerli Taşlar, Metaller, Paralar, vb	12.176.57 0	7.204.346	4.972.22 4	8.540	3.630	1.89	1.14	25.7
61 Giyim Eşyası, Aksesuar, Örgü veya Tığ İşi	8.855.527	789.588	8.065.93 9	6.210	0.400	4.07	0.4	83.6

Eşyaları									
85 Elektrik,	7.778.700	20.134.85	-	5.450	10.14	0.32	0.81	-44.3	
Elektronik		5	12.356.1		0				
Ekipman			55						
08	3.873.851	540.778	3.333.07	2.720	0.270	3.6	0.46	75.5	
Yenilebilir			3						
Meyve,									
Fındık,									
Narenciye									
Kabuğu,									
Kavun									
20 Sebze,	1.848.582	78.997	1.769.58	1.300	0.040	3.18	0.14	91.8	
Meyve,			5						
Fındık vb.									
Yiyecek									
Müstahzarlar									
1									
52 Pamuk	1.720.268	2.297.266	-576.998	1.210	1.160	3.25	5.1	-14.4	
19 Tahıl,	1.500.886	206.672	1.294.21	1.050	0.100	2.31	0.32	75.8	
Un, Nişasta,			4						
Süt									
Müstahzarlar									
ı ve Ürünleri									
15	1.045.376	1.752.812	-707.436	0.730	0.880	1.2	2	-25.3	
Hayvansal,									
Bitkisel Katı									
ve Sıvı									
Yağlar vb.									
24 Tütün ve	1.006.382	590.52	415.862	0.710	0.300	2.46	1.37	26	
Üretilen									
Tütün									
İkameleri									
07	942.268	456.718	485.55	0.660	0.230	1.37	0.65	34.7	

Yenilebilir
Sebzeler,
Belirli
Kökler ve
Yumrular

03 Balık, 744.681 174.611 570.07 0.520 0.090 0.68 0.16 62

Kabuklular,
Yumuşakçal
ar, Suda
Yaşayan
Omurgasız

Hayvanlar

33 Uçucu 696.427 1.113.792 -417.365 0.490 0.560 0.6 0.97 -23.1

Yağlar,
Parfümler,
Kozmetikler,
Tuvalet
Malzemeleri

04 Süt 592.842 110.078 482.764 0.420 0.060 0.83 0.15 68.7

Ürünleri,
Yumurta,
Bal,
Yenilebilir
Hayvansal
Ürünler

17 Şekerler 527.777 257.162 270.615 0.370 0.130 1.22 0.56 34.5

ve

Şekerlemeler

12 Yağlı 373.965 1.819.609 - 0.260 0.920 0.42 1.96 -65.9

Tohum, 1.445.64

Oleajik 4

Meyveler,

Tahıl,

Tohum,									
Meyve vb.									
02 Etler ve	370.878	42.002	328.876	0.260	0.020	0.33	0.04	79.7	
Yenilen									
Sakatat									
22 İçecekler,	290.631	249.47	41.161	0.200	0.130	0.27	0.23	7.6	
Alkollü									
İçecekler ve									
Sirke									
09 Kahve,	196.135	215.994	-19.859	0.140	0.110	0.41	0.46	-4.8	
Çay ve									
Baharatlar									
31 Gübreler	146.819	1.275.603	-	0.100	0.640	0.31	2.33	-79.4	
			1.128.78						
			4						
06 Canlı	81.612	87.247	-5.635	0.060	0.040	0.46	0.51	-3.3	
Ağaçlar,									
Bitkiler,									
Soğanlar,									
Kökler,									
Kesilmiş									
Çiçekler vb.									
01 Canlı	27.976	603.821	-575.845	0.020	0.300	0.14	3.13	-91.1	
Hayvanlar									
13 Lak,	10.279	42.600	-32.321	0.010	0.020	0.17	0.66	-61.1	
Zamklar,									
Reçineler,									
Bitkisel									
Özler ve									
Özler									
50 İpek	2.438	32.741	-30.303	0.000	0.020	0.11	1.83	-86.1	

Kaynak: (International Trade Centre, 2016)

KAYNAKÇA

- Abay, C. O. (2005). Türkiye'de Tarım Politikalarında Değişim. VI. Teknik Kongre 3-7 Ocak 2005. Ankara: TMMOB Türkiye Ziraat Mühendisleri Odası.
- AFGRI Agri Services. (2017). *AgTech to bring about the second "Green Revolution"*. Pretoria: Keyter Rech Investor Solutions.
- AgDNA. (2020). *About AgDNA*. 04 25, 2020 tarihinde <https://agdna.com/features>. adresinden alındı
- Akıllı Tarım Platformu. (2019). *Türkiye'de Akıllı Tarımın Mevcut Durum Raporu*. Ankara.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 8, 19-30.
- Alpar, C. O. (1988). *Dünya Ekonomisi ve Uluslararası Ekonomik Kuruluşlar, Azgelişmiş Ülkeler Yönünden Bir Değerlendirme*. İstanbul.
- Anderl, R. (2015). Industrie 4.0 – technological approaches, use cases, and implementation. *AT Autom.* 63 (10), 753–765.
- Anderson, K. (2010). Globalization's effects on world agricultural trade, 1960–2050. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 365, 3007–3021.
- Arburg Ltd. (2016). *Industry 4.0: Networked production in the digital factory offers a competitive edge*. Loßburg.
- Aşçı, M. S. (2019). A Research on Employment and Unemployment: Case in Turkey . *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 3222-3223.
- Ay, A. Y. (2005). *Dünya Ticaret Örgütü Tarım Anlaşması ve Türkiye*.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0-Ekstra (Birinci Baskı)*. Ankara: Dorlion Yayınevi.
- Baten, J. (2016). A History of the Global Economy. From 1500 to the Present. *Cambridge University Press. ISBN 9781107507180*, 13-16.
- Berlanstein, L. R. (1992). The Industrial Revolution and Work in Nineteenth-Century Europe. L. R. Berlanstein içinde, *The Industrial Revolution and Work in Nineteenth-Century Europe* (s. 14). Londra: Routledge.

- Bitkom, VDMA, ZVEI. (2016). *Implementation Strategy Industrie 4.0, Report on the results of the Industrie 4.0 Platform*. Berlin, Frankfurt: Bitkom e.V., VDMA e.V, ZVEI e.V.
- BMBF-Internetredaktion. (2016, 1 21). *Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - BMBF*. 11 30, 2016 tarihinde <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>. adresinden alındı
- Bodur, A. B. (2020, 04 29). <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/bakan-pakdemirli-dijital-tarim-pazari-ile-ciftcimiz-urunlerine-pazar-bulabilecek/1822572>. Anadolu Ajansı - Ekonomi. adresinden alındı
- Bonner, M. (2017, 3 2). *What is Industry 4.0 and What Does it Mean for My Manufacturing?* <https://blog.viscosity.com/blog/what-is-industry-4.0-and-what-does-it-mean-for-my-manufacturing>. adresinden alındı
- Borodin, V. B. (2016). Handling uncertainty in agricultural supply chain management: a state of the art. *Eur. J. Oper. Res.* 254, 348-359.
- Boston Consulting Group. (2019). Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth. *Boston Consulting Group, 2019:1*.
- Bujang, A. A. (2019). Agriculture 4.0: Data-Driven Approach to Galvanize Malaysia's Agro-Food Sector Development. *FFTC Agricultural Policy Platform*. Serdang, Malaysia: FFTC, ASPAC.
- Bunse, B. K. (2014). *Industrie 4.0 - Smart Manufacturing for The Future*. Berlin: GTAI (Germany Trade&Invest).
- Büyüktanır, T. Ö. (2017). *Yeni Başlayanlar için Nesnelerin İnterneti (IoT): Internet of Things*. İstanbul: KODLAB.
- Byhovskaya, A. European Economic and Social Committee. (2018). Overview of the national strategies on work 4.0 - a coherent analysis of the role of the social partners. *Overview of the national strategies on work 4.0: a coherent analysis of the role of the social partners*, 16.
- Can, A. K. (2016). Bilişim teknolojilerinin perakende mağazacılık sektörüne yansımaları: muhasebe departmanlarında endüstri 4.0 etkisi. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, CİEP Özel Sayısı*, 107-117.
- Cebeci, A. T. (2018). *Current Debates in Economics*. London: IJOPEC Publication Limited.
- CEMA. (2017). *Digital Farming: What does it Really Mean*. 2020 tarihinde http://cema-agri.org/sites/default/files/CEMA_Digital%20Farming%20-%20Agriculture%204.0_%2013%2002%202017.pdf. adresinden alındı

- Chen, M. M. (2014). Big Data: a survey. *Mobile Netw Appl* 19, 171–209.
- Civelek, M. E. (2020). Post Dijital Ekosistemde İşsizlik ve Ekonomik Tedbirler. S. C. Öz içinde, *Pandemi Sonrası Yeni Dünya Düzeninde Teknoloji Yönetimi* (s. 180). İstanbul: Hiperyayın.
- CLAAS Group. (n.d.). *CLAAS API connects to Farm Management Information Systems*. 04 27, 2020 tarihinde <https://www.claas-group.com/press-corporate-communications/press-releases/claas-api-connects-to-farm-management-information-systems/2110698>. adresinden alındı
- Clercq, M. V. (2018). *Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology*. Dubai: World Government Summit. 04 26, 2020 tarihinde <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications>. adresinden alındı
- Cole, J. N. (2012). Breeding and Genetics Symposium:really Big Data: processing and analysis of very large data sets. *J. Anim. Sci.*90, 723-733.
- Crandall, R. (2017). Upgrading Smart Manufacturing with Industry 4.0. *Apics Magazine*.
- Czimer, K. G. (2016). A new decision support system to analyse the impacts of climate change on the Hungarian forestry and agricultural sectors. *Scand. J. For. Res.* 31 (7) , 664-673.
- Çolak, A. A. (2016). Endüstri 4.0. 30. *Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*. Tokat.
- Çolak, A. A. (2016). Tarım@endüstri 4.0. 30. *Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi 1-3 Eylül*. Tokat.
- De Castro, A. I.-E.-B.-G. (2012). Airborne Multi-spectral Imagery for Mapping Cruciferous Weeds in Cereal and Legume Crops. *Precis Agric* 13(3), doi: 10.1007/s11119-011-9247-0, 302–321.
- De Sousa Jbbour, A. B. (2018). M. When titans meet . *Can industry 4.0 revolutionize the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors*, 18-25.
- De Wilde, S. (2016). *The future of technology in agriculture*. The Hague: the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 3.0 .
- Deloitte Monitor. (2016). *From agriculture to AgTech: An industry transformed beyond molecules and chemicals*. London: Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL).
- Doğan, Z. A. (2015). Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış C.8, S.1. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30.

- Dong, C. H. (2018). Water resources and farmland management in the Songhua River watershed under interval and fuzzy uncertainties. *Water Resour. Manag.* 32, 4177-4200.
- DPT. (2000). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Tarımsal Politikalar ve Yapısal Düzenlemeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları.
- DPT. (2000). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı: Türkiye'nin Dış Ekonomik İlişkileri Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: DPT Yayını.
- Easton, M. C. (2014). *Oxford big ideas geography. History 9: Australian Curriculum*. South Melbourne: Oxford University Press.
- EIP-Agri Agriculture & Innovation. (2018). *Shaping the digital (r)evolution in agriculture*. Bruxelles: The agricultural European Innovation Partnership (EIP-AGRI).
- El-Kazzaz, K. E.-K. (2017). Soilless Agriculture a New and Advanced Method for Agriculture Development: an Introduction. *Agri Res & Tech: Open Access J.*, 3(2).
- Erboz, G. (2017). *How To Define Industry 4.0: Main Pillars Of Industry 4.0*. https://www.researchgate.net/publication/326557388_How_To_Define_Industry_40_Main_Pillars_Of_Industry_40. adresinden alındı
- Erdoğan, M. Ö. (2020). *Türkiye'de Tarım Politikaları ve Arayışlar*. İNSAMER (İHH İnsani ve Sosyal Araştırmalar Merkezi).
- Ethier, W. J. (1984). *International Economics*. Londra.
- European Space Agency. (2016). *Fish farms guided by Sentinels and the cloud*. 04 27, 2020 tarihinde http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Fish_farms_guided_by_Sentinels_and_the_cloud. adresinden alındı
- FAO. (2017). *E-Agriculture in Action*. Bangkok: the Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union.
- Farm Works Software Solutions. (2011). *User Guide*. Hamilton: Farm Works Information Management.
- Faulkner, A. C. (2014). *Agriculture Gets Smart: The Rise of Data and Robotics, Cleantech Agriculture Report*. . California: Cleantech Group.
- Fountas, S. S. (2015). Farm machinery management information system. *Comput. Electron. Agric.* 110, 131-138.

- Garbee, E. (2016, 1 29). *This Is Not the Fourth Industrial Revolution*.
<https://slate.com/technology/2016/01/the-world-economic-forum-is-wrong-this-isnt-the-fourth-industrial-revolution.html>. adresinden alındı
- Gaytancıoğlu, O. E. (2003). *Gelişmiş Ülkelerde Tarım Piyasalarının Organizasyonu*. İstanbul: İTO Yayınları.
- Geissbauer, D. R. (2016, 4). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*.
<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. adresinden alındı
- Gencay, E. v. (2019). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. *Technologies 2019*, 7, 10 , 4.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0 - The Industrial Internet of Things.1st ed*. New York: New York: Springer Science+Business Media.
- Görçün, Ö. (2017). *Endüstri 4.0*. Ankara: Beta Basım.
- Grobart, S. (2012). Dairy industry in era of Big Data: new gadgets help farmers monitor cows and analyze their milk.
- GTAI. (2016). *Industrie 4.0-smart manufacturing for the future brochure*.
https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf. adresinden alındı
- Headquarters, G. T. (2014). *INDUSTRIE 4.0 Smart Manufacturing*. Berlin: GTAI.
- Henkoğlu, T. K. (2013). Bilgi erişim platformu olarak bulut bilişim: Riskler ve hukuksal koşullar üzerine bir inceleme. *Bilgi Dünyası*, 14(1), 62-86.
- Hermann, P. O. (2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*.
- HM Government. (2013). A UK Strategy for Agricultural. *Industrial Strategy: government and industry in partnership*, 10.
- Hori, M. K. (2011). Application of cloud computing to Agriculture and prospect to other fields. *Fujitsu Science Technology Journal*, 46(4), 446-454.
- IER. (2019). *History of Electricity*. <https://www.instituteforenergyresearch.org/history-electricity/>. adresinden alındı
- International Trade Centre. (2016). *Trade Performance Index (by Sector)*. 04 24, 2020 tarihinde https://tradecompetitivenessmap.intracen.org/TP_TP_CI.aspx?RP=376&YR=2016. adresinden alındı

- International Trade Centre. (2016). *Trade Performance Index (by Sector)*. 04 24, 2020 tarihinde <https://tradecompetitivenessmap.intracen.org/TPIC.aspx>. adresinden alındı
- Işıklı, E. A. (1992). Destekleme Uygulamalarının Tarımsal Yapıya Etkisi. *Tarım Haftası 93 Sempozyumu, Tarımsal Destekleme Politikaları, Sorunlar, Çözümler*. Ankara: TMMOB Türkiye Ziraat Mühendisleri Odası Yayınları.
- Jürgen, J., & Oliver, N. (2012). Intelligente Assistenzsysteme zur Beherrschung der Systemkomplexität in der Automation In: ATP edition . *Automatisierungstechnische Praxis*.
- Kagermann, H. W. (2012). Secure the future of Germany as a production location, implementation recommendations for the future project industry 4.0. *Original citation: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern, Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt*.
- Kagermann, H. W. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. H. Kagermann, & W. v. Wahlster. E. A. Stumph içinde, *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. acatech-National Academy of Science and Engineering.
- Kahraman, H. (2020, 02 20). *Endüstri 4.0'la Birlikte Gelen Akıllı Tarım*. 2020 tarihinde <https://www.endustri40.com/endustri-4-0la-birlikte-gelen-akilli-tarim>. adresinden alındı
- Karakayalı, H. (2003). *Türkiye Ekonomisinin Yapısal Değişimi*. İzmir: Güleç Matbaacılık Yayınları.
- Kesayak, B. (2019). *Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk*. <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>. adresinden alındı
- Kesayak, B. (b.t., 04 12). *Endüstri 4.0 Tarım Sektörünü Nasıl Etkileyecek?* 2020 tarihinde <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-tarim-sektorunu-nasil-etkileyecek/>. adresinden alındı
- Keynes, J. (1963). Economic Possibilities for our Grandchildren. *Essays in Persuasion, New York: W.W.Norton & Co.*, 358-373.
- Kharb, A. (2018). INDUSTRIAL REVOLUTION – FROM INDUSTRY 1.0 TO INDUSTRY 4.0. *Journal of Advances in Computational Intelligence and Communication Technologies Vol. 2 Issue 1, 2*.
- Kılavuz, E. E. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları ve Türk Tarımının Dönüşümü. *Social Sciences (NWSAENS), 3C0189*, 145.
- Kmoch, L. P. (2018). Using local agroecological knowledge in climate change adaptation: A study of tree-based options in Northern Morocco. *Sustainability. 10 (10)*.

- Koger, C. H. (2003). Detecting Late Season Weed Infestations in Soybean (*Glycine max*) . *Weed Technol* 17, doi:10.1614/WT02-122, 696-704.
- Köseoğlu, A. (2017). *İsrail Ekonomisi Raporu*. İstanbul: Tügvla Bölge Uzmanı Yetiştirme Programı.
- KUKA . (2017). *Hello Industrie 4.0 - We connect you*. Augsburg: KUKA Aktiengesellschaft.
- Larsson, L. N. (2019). Facilitating an Industry 4.0 Implementation. *KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY SCHOOL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT*.
- Lasi, H. F. (2014). Industry 4.0. *Bus Inf Syst Eng* 6(4), 239-242.
- Li, P. W. (2014). Research progress of intelligent management for greenhouse environment information. *Nongye Jixie Xuebao = Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 236–243.
- Lu, H. J. (2007). The Relationship of Kolb Learning Styles, Online Learning Behaviors and Learning Outcomes. *Journal of Educational Technology and Society*. 10, 187–196.
- Luo, H. Y. (2012). An intelligent controlling system for greenhouse environment based on the architecture of the internet of things. *Sens. Lett.* 10, 514–522.
- Marr, B. (2018). "Why Everyone Must Get Ready For The 4th Industrial Revolution". *Forbes*.
- McKenzie, S. (2007). *A brief history of agriculture and food production: The rise of "industrial agriculture."*. Baltimore: Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health.
- Meggitt Applied Research & Technology Group. (2018, 06 22). *Time to join the digital dots*. <https://www.aero-mag.com/meggitt-applied-research-technology-group-data-capture/>. adresinden alındı
- Mell, P. G. (2009). NIST definition of cloud computing. *National Institute of Standards and Technology, Publication No: 800*, 145.
- Natale, F. G. (2015). Mapping fishing effort through AIS data. *PLoS One* 10, e0130746.
- Noyes, K. (2014, 05 30). *Big Data Poised to Change the Face of Agriculture*. *Fortune Data*. 04 27, 2020 tarihinde <http://fortune.com/2014/05/30/cropping-up-on-every-farm-big-data-technology/>. adresinden alındı
- Nyeki, A. K. (2017). *Towards Sustainable Agricultural and Biosystems Engineering*. Gyor: Universitas-Gyor Nonprofit Ltd.
- Open Source Ecology. (2013, 03 24). *Open Source Ecology*. 04 25, 2020 tarihinde <https://wiki.opensourceecology.org/wiki/AgroSense>. adresinden alındı

- Ozdogan, B. G. (2017). Digital Agriculture Practices In The Context Of Agriculture 4.0. *Journal of Economics, Finance and Accounting – (JEFA)*, ISSN: 2148-6697, 184-191.
- Öz, S. (2020). *A book on MTS: Multilateral Trade System*. İstanbul: Hiperyayın.
- Özkan, Ş. (2014). TOPRAKSIZ TARIM ÜRETİMİ, 2012-2013 Yıllarında Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde Gelişmekte Olan "Topraksız" Tarım Ürünlerinin Bugünkü Durumu ve Gelecekle İlgili Tahminler, "Domates ve Çilek" Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Özkaya, T. O. (2001). *Türkiye'de Tarımsal Destekleme Politikaları Dünü, Bugünü, Geleceği*. Ankara: Türkiye Ziraat Odalar Birliği TÜSES Yayını.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Öztuna, B. (2017). Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) İle Çalışma Yaşamının Geleceği. *Ankara: Gece Kitaplığı*, 58-66.
- Öztürk, N. (2008, 04). *İsrail'in Ekonomik Göstergeleri ve Türkiye İsrail Dış Ticareti*. İzmir: İzmir Ticaret Odası. http://www.izto.org.tr/portals/0/iztogenel/dokumanlar/israil_rapor_4-17-2012%2010-34-18%20am.pdf. adresinden alındı
- Öztürk, N. (2018). *İsrail'in Ekonomik Göstergeleri ve Türkiye - İsrail Dış Ticareti*. İzmir: İzmir Ticaret Odası. 2020 tarihinde http://www.izto.org.tr/portals/0/iztogenel/dokumanlar/israil_rapor_4-17-2012%2010-34-18%20am.pdf. adresinden alındı
- PAT Research. (2020). *Precision Agriculture Software*. 04 25, 2020 tarihinde <https://www.predictiveanalyticstoday.com/top-precision-agriculture-software/>. adresinden alındı
- Persson, K. (2010). *An economic history of Europe: Knowledge, institutions and growth, 600 to the present*. New York: Cambridge University Press.
- Pourmoayed, R. N. (2016). A hierarchical Markov decision process modeling feeding and marketing decisions of growing pigs. *Eur. J. Oper. Res.* 250 (3), 925-938.
- Purnell, N. N. (2015). *Chinese Drone Maker Plows Into Agriculture*. Singapore, San Francisco: The Wall Street Journal.
- Robert Bosch GmbH . (2020). *Smart Agriculture — Buried. Submerged. Launched*. 2020 tarihinde <https://www.bosch.com/stories/smart-agriculture/>. adresinden alındı
- Roltek - Dokuz Eylül Üniversitesi Teknoloji Geliştirme. (2018, 11 2). *Akıllı Tarım Nedir? Tarım 4.0 Uygulamaları Nelerdir?* 2020 tarihinde <https://www.roltek.com.tr/blog/akilli-tarim-tarim-40/>. adresinden alındı

- Sayer, S. Ü. (2014). Ürün yaşam döngüsü yönetimi. *Mühendis ve Makina*, cilt. 55, no. 657, 65-72.
- Saygılı, F. K. (2019). *Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0*. İzmir: İzmir Ticaret Borsası, Tükeltmat A.Ş. Yayın no: 98.
- Saygılı, v. (2019). Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0. *Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0*, 14.
- Schober, D. K.-S. (2017). Industry 4.0 – Challenge for the F&B industry in Turkey, advantage or competitive disadvantage? D. K.-S. Schober içinde, *Siemens Digitalization in Food & Beverage* (s. 5).
- Schwab, K. (2016). İstihdam. K. Schwab içinde, *Dördüncü Sanayi Devrimi* (s. 44-45).
- Schwab, K. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Geneva: World Economic Forum.
- Sentera Inc. (2019, 02 07). *Infographic: What is FieldAgent?* 04 25, 2020 tarihinde <https://sentera.com/infographic-what-is-fieldagent/>. adresinden alındı
- Simmon, E. D. (2012). NIST Cloud Computing Program Supporting the U.S. Cloud Computing Strategy. *Proceedings of the 19th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*. Maryland, U.S.: National Institute of Standards and Technology (NIST).
- Sims, R. (1983). Kolb's Experiential Learning Theory: A Framework for Assessing Person-Job Interaction. *Academy of Management Review*. 8, 501-508.
- Sinan, A. (2016). Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, no. 8, 19-30.
- Sonka, S. (2014). Big Data and the Ag sector: more than lots of numbers. *International Food and Agribusiness Management Review* 17, 1.
- Stephanie, M. (2013). Second Industrial Revolution. *The McGraw-Hill Companies. Education.com*.
- Stern, N. S. (2006). *Stern Review: The Economics of Climate Change*.
- Sudduth, K. (1999). *Engineering Technologies for Precision Farming*. Suwon, Korea: The International Seminar on Agricultural Mechanization Technology for Precision Farming.
- Sun, J. Z. (2013a). Research and development for potted flowers automated grading system based on internet of things. *Journal of Shenyang Agricultural University* 44, 687–691.
- Sun, Z. D. (2013b). Perspectives of research and application of Big Data on smart agriculture. *J. Agric. Sci. Technol*. 15, 63-71.

- Sussman, H. L. (2009). Victorian Technology: Invention, Innovation, and the Rise of the Machine. *ABC-CLIO*, 2.
- Sylvester, G. (2018). *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture*. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Telecommunication Union.
- Şahin, A. (2017, 2 7). *Akıllı üretim çağı: Endüstri 4.0*. <https://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841>. adresinden alındı
- Şahin, A. (2017, 2 7). *Akıllı üretim çağı: Endüstri 4.0*. <https://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841>. adresinden alındı
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *Onbirinci Kalkınma Planı*. Ankara.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2013). *Onuncu Kalkınma Planı*. Ankara: TBMM.
- Tarnet. (2020). *Akıllı Tarım*. 04 17, 2020 tarihinde <https://www.tarnet.com.tr/blog/nedir/akilli-tarim/>. adresinden alındı
- Tasig, A. (2017, 11). *Digitising European Industry - catalogue of initiatives*. 04 27, 2020 tarihinde <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/digitising-european-industry-catalogue-initiatives>. adresinden alındı
- Teke, v. (2016). *Akıllı Tarım Fizibilite Projesi: Hassas Tarım Uygulamaları İçin Havadan Ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi ve Analizi*. Ankara: TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü 06800, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Tekin, A. B. (2015). *Tarımda Teknolojik Evrim; İnsansız Hava Araçları*. Eskişehir: Akademik Bilişim Kongresi, 4-6 Şubat.
- Tekin, A. B. (2018). Tarımsal Üretimin Geleceği: Akıllı Tarım. *TÜRKTOB Dergisi*, 26-27.
- Tekin, Z. (2018). The Examination of Applicationss of Industry 4.0 in Enterprises by Content Analysis Method. *4th Global Business Research Congress, May 24-25* (s. 251-255). Istanbul: PressAcademia Procedia (PAP) vol.7.
- Tekinerdogan, B. (2018). Strategies for Technological Innovation in Agriculture 4.0. *Strategies for Technological Innovation in Agriculture 4.0, Istanbul, 2018-2-22/2018-2-22*.
- TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. (2020, 04 02). https://zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=32778&tipi=24&sube=0#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%20E2%80%9C%C3%87ift%C3%A7i%20Kay%C4%B1t%20Sistemi,i%20tar%C4%B1m%20sekt%C3%B6r%C3%BCnde%20yer%20al%C4%B1yor.

- Topakcı, M. Ü. (2010). Hassas Tarımda Değişken Oranlı Uygulamalar. *Tarımsal Mekanizasyon 26. Ulusal Kongresi, 22-23 Eylül*. Hatay.
- Turan, G. G. (1980). *Uluslararası Para Sistemi, Dünü ve Bugünü*. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Türkiye Sanayici ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD). (2017). *Türkiye'nin Sanayide Dönüşüm Yetkinliği Raporu*. İstanbul: (Ed.) Nurşen Numanoğlu, F. Hazal İnce.
- Türkseven, S. K. (2016). Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science) 12(4)*, 267-271.
- TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Endüstri 4.0 – Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*. İstanbul: The Boston Consulting Group.
- Uçuk, O. (2012). Doha Kalkınma Gündemi Çerçevesinde Tarım Müzakereleri: Gelişmekte Olan Ülkeler Açısından Bir Değerlendirme. *Müzakere ve Farklı Boyutları*, 263-292.
- Udias, A. P. (2018). A decision support tool to enhance agricultural growth in the Mekrou river basin. *Comput. Electron. Agric. 154*, 467-481.
- University of Stellenbosch Business School (USB). (2017). Review: Agriculture in 4IR & its drivers - A Global Perspective. *The Future of The Western Cape Agricultural Sector in The Context of The 4th Industrial Revolution*, 4.
- USB (University of Stellenbosch Business School). (2017). The Future of The Western Cape Agricultural Sector In The Context of The 4th Industrial Revolution. Review: Agriculture in 4IR & its drivers – A global perspective.
- Ustundag, A. C. (2018). Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. *Springer Series in Advanced Manufacturing*, 175.
- Ünal, İ. T. (2013). Tarımsal Üretim Uygulamalarında Bulut Hesaplama (Cloud Computing) Teknolojisi . *Akademik Bilişim 2013 – XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 23-25 Ocak 2013* (s. 751). Antalya: Akdeniz Üniversitesi.
- Ünal, İ. T. (2013). Tarımsal Üretim Uygulamalarında Bulut Hesaplama Teknolojisi. *Akademik Bilişim 2013 - XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri* (s. 751-756). Antalya: Akdeniz Üniversitesi.
- Van Evert, F. F. (2017). Big data for weed control and crop protection. *Weed Res. 57 (4)*, 218-233.
- Venkataramana, K. P. (2012). A Design of Framework for AGRI-CLOUD. *IOSR Journal of Computer Engineering, 4(5)*, 1-6.

- Verdouw, C. B. (2012). Virtualisation of floricultural supply chains: a review from an internet of things perspective. *Comput. Electron.Agric.* 99, 160–175.
- Wamba, S. A. (2010). RFID deployment and use in the dairy value chain: applications,current issues and future research directions. *2010 IEEE International Symposium on. IEEE* (s. 172-179). Cape Town: Technology and Society (ISTAS).
- Wang, Y. (2009). On Cognitive Computing. *Int. J. of Software Science and Computational Intelligence*, 1(3), 2.
- Wang, Y. B. (2013). Formal Relational Rules of English Syntax for Cognitive Linguistics, Machine Learning, and Cognitive Computing. *Journal of Advanced Mathematics and Applications Vol. 2*, 182-195.
- Wang, Y. W. (2006). A Layered Reference Model of the Brain (LRMB). *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics (C)*, 36(2), 124-133.
- White, P. I. (2009). Introduction to Simulation. *Proceedings of the 2009 - Winter Simulation Conference* (s. 12-23). Orlando, Florida: M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, eds. .
- William, R. (2012). The Most Powerful Idea in the World: A Story of Steam, Industry and Invention. *University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-72634-2*, 127.
- Wolfert, S. G. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems* 153, 75.
- World Economic Forum. (2018). *Innovation with a Purpose: The role of technology innovation in accelerating food systems transformation*. Geneva: McKinsey & Company. <https://www.weforum.org/reports/innovation-with-a-purpose-the-role-of-technology-innovation-in-accelerating-food-systems-transformation>. adresinden alındı
- Yaman, Z. H. (2009). Türkiye Tarım Ürünleri ve Türkiye Tarımının Avrupa Birliği Sürecinde Yapısal Dönüşümü: Ekonometrik Analiz. *Yüksek Lisans Tezi*, 50.
- Yan, B. S. (2013). Development of traceability system of aquatic foods supply chain based on RFID and EPC internet of things. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 29, 172-183.
- Yang, L. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, in press.
- Yıldız, T. (2017). Yaklaşan Dördüncü Endüstri Devrimi ve Türkiye'deki Mevcut Durum. *Izmir Institute of Technology (Yayın öncesi ön izleme makalesidir.)*, 1-18.
- Yin, S. K. (2015). Big Data for Modern Industry:Challenges and Trends [Point of View]. *Proceedings of the IEEE Vol. 103, No. 2*, 143-146.

- Yuan, J. L. (2018). Urbanization, rural development and environmental health in China. *Environ. Dev.* 28, 101-110.
- Yüksekbilgili, Z. Ç. (2018). Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz. *Nişantaşı Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Bölümü tez çalışması.*
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets and Systems. In J.Fox (Ed.). *Systems Theory*, 29-37.
- Zhai, Z. e. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture.*

