



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDE TÜRKİYE'DE
TARIM SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: MEVCUT
DURUM TESPİTİNE YÖNELİK NİTEL BİR
ARAŞTIRMA

İbrahim GÖNEN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nisan-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İbrahim GÖNEN tarafından hazırlanan “Endüstri 4.0 Perspektifinde Türkiye’de Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm: Mevcut Durum Tespitine Yönelik Nitel Bir Araştırma” adlı tez çalışması 25/04/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇUBUKÇU

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Güzide KARAKUŞ

.....

Üye

Prof. Dr. Nilüfer CANÖZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU

FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İbrahim GÖNEN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDE TÜRKİYE'DE TARIM SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: MEVCUT DURUM TESPİTİNE YÖNELİK NİTEL BİR ARAŞTIRMA

İbrahim GÖNEN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Güzide KARAKUŞ

2024, 113 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nilüfer CANÖZ
Dr. Öğr. Üyesi Güzide KARAKUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇUBUKÇU

Diğer endüstri devrimleri gibi tüm Dünya'da büyük bir değişim ve dönüşüme neden olan Dördüncü Endüstri Devrimi'nin, yaşamın sürdürülebilirliği için elzem olan tarım sektörüne yansımaları da kritik önemdedir. Bu doğrultuda bu tezin amacı Türkiye'de tarım sektöründe dijital dönüşümün mevcut durumunu belirlemek ve sektörün bu dönüşüme ne kadar hazır olduğunu tespit etmektir. Türkiye'de kullanılan dijital dönüşüm araçlarının tanımlanması, dijital teknolojilere geçişte yaşanan zorlukların ve ortaya çıkan fırsatların belirlenmesi ve bu teknolojilerin verimliliği, üretkenliği ve sürdürülebilirliği artırmak için nasıl kullanılabilirliğinin keşfedilmesi araştırmanın alt hedefleri arasındadır. Araştırmada kapsamında ilk olarak literatür araştırması yapılmış ve uluslararası yazında Tarım 4.0 kapsamında yürütülen akademik çalışmalar ve uygulama çalışmaları incelenmiştir. Uygulama bölümünde nitel araştırma yöntemlerinden yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ile dijital tarım alanında faaliyet gösteren özel sektör işletmeleri, devlet kurumları ve çiftçiler ile online ve yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, MAXQDA programı kullanılarak analiz edilmiş, betimsel içerik analizi ve anlamların çözümlenmesi metotları kullanılarak kodlanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular tarımda akıllı teknolojilerin kullanımının üretimde önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Türkiye'de Tarım 4.0 kapsamında; tarla tahmin sistemleri, akıllı makineler, akıllı sulama sistemleri, Android ve iOS uygulamaları, uydu takip sistemleri, uzaktan algılama, akıllı telefonlar ve tabletler, akıllı sensörler, termal kameralar, IoT, dijital damla sulama sistemleri ve dron teknolojisi gibi teknolojiler kullanılmakta veya kullanılması yönünde farkındalık oluşmaktadır. Dijital teknolojilerin kullanımının katma değerli üretim için büyük bir fırsat olarak gören katılımcılar Türkiye'de Tarım sektöründe dijital dönüşüm için yeterince hazır olunmadığını belirtmişlerdir. Bunun yanında Türkiye'de Tarım 4.0 teknolojilerinin kullanımında karşılaşılan engeller; yatırım maliyetlerinin yüksek olması, alt yapı yetersizliği, üreticilerin yüksek yaş ortalaması, bilgiye erişim yetersizliği, nitelikli personel eksikliği, eksik veri ve bilgiye sahip olmak, donanım yetersizliği, teknolojiye dışa bağımlılık, yedek parça sorunları ve arazilerin küçük olması olarak tanımlanmıştır. Son olarak elde edilen bulgular doğrultusunda öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı tarım, dijital tarım, tarımda dönüşüm, Endüstri 4.0, Tarım 4.0.

ABSTRACT

MS THESIS

DIGITAL TRANSFORMATION IN THE AGRICULTURAL SECTOR IN TURKEY IN THE PERSPECTIVE OF INDUSTRY 4.0: A QUALITATIVE RESEARCH TO DETERMINE THE CURRENT SITUATION

İbrahim GÖNEN

**Necmettin Erbakan University Institute of Science and Technology
Department of Industrial Engineering**

Advisor: Assoc.Prof. Dr. Güzide KARAKUŞ

2024, 113 Pages

Jury

**Prof. Dr. Nilüfer CANÖZ
Assist Prof. Güzide KARAKUŞ
Assist Prof. Ahmet ÇUBUKÇU**

The implications of the Fourth Industrial Revolution, which, like other industrial revolutions, has brought about major changes and transformations around the world, are also crucial for the agricultural sector, which is essential for the sustainability of life. In this regard, the aim of this thesis is to determine the current status of digital transformation in the agricultural sector in Turkey and to determine how ready the sector is for this transformation. The sub-objectives of the research include identifying the digital transformation tools used in Turkey, identifying the challenges and emerging opportunities in the transition to digital technologies, and discovering how these technologies can be used to increase efficiency, productivity and sustainability. The research included a literature review and a review of academic and application studies in the international literature on Agriculture 4.0. In the application part, online and face-to-face interviews were conducted with private sector companies, government institutions and farmers working in the field of digital agriculture, using the semi-structured interview technique, one of the qualitative research methods. The data obtained were analysed using MAXQDA and coded using descriptive content analysis and meaning analysis methods. The results of the research showed that the use of smart technologies in agriculture plays an important role in production. Within the framework of Agriculture 4.0 in Turkey, technologies such as field forecasting systems, smart machines, smart irrigation systems, Android and iOS applications, satellite tracking systems, remote sensing, smartphones and tablets, smart sensors, thermal cameras, IoT, digital drip irrigation systems and drone technology are being used or there is an awareness of their use. The participants, who see the use of digital technologies as a great opportunity for value-added production, stated that Turkey is not sufficiently ready for digital transformation in the agricultural sector. Furthermore, the barriers to the use of Agriculture 4.0 technologies in Turkey were defined as high investment costs, insufficient infrastructure, high average age of producers, insufficient access to information, lack of qualified personnel, incomplete data and information, insufficient equipment, external dependence on technology, spare parts problems and small plots of land. Finally, recommendations were developed in line with the findings.

Keywords: Smart agriculture, digital agriculture, transformation in agriculture, Industry 4.0, Agriculture 4.0.

ÖNSÖZ

İlk olarak Türk milletinin önemli şahsiyetlerinden biri olan ve tarihimizde etkin bir rol oynayan Bilge KAĞAN'ın Türk Halkına hitabesinde: *“Anadolu'nun kalbi olan Türk Kavmi, benim için özel bir yer tutar. Türk Milletinin adını yaşatmak için geceyi uyumadan, gündüzleri oturmadan çabaladım; görkemli tarihimizden hiçbir parça kaybolmasa diye elimden geleni yaptım...”* sözlerini benimseyip yine aynı duygularla *“...açtığın yolda, gösterdiğin hedefe, durmadan yürüyeceğime ant içerim.”* diyerek, tarih boyunca göstermiş oldukları cesaret ve direniş sayesinde Türkiye'yi modern bir toplum haline getiren, Türk tarihinin büyük önemli şahsiyetlerine ve ülkemizin kurucusu Başkomutan Gazi Mustafa Kemal Atatürk'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde sunduğu bilimsel tecrübeler ile yolumu aydınlatan, söylemiş olduğu her kelimenin hayatıma kattığı önem, değerli bilgileri, tavsiyeleri ve desteği için danışman hocam Doç. Dr. Güzide KARAKUŞ'a teşekkürü borç bilirim.

Bu süreçte, bütün zorluklara rağmen her zaman yanımdaki en büyük destekçim olan, gösterdiği bitmek bilmeyen sabrı ve desteği için eşim Saliha YILMAZ GÖNEN'e o güzel oyun zamanlarında kendilerine üzüntü duyarak yetemediğim oğullarım Emir Gökay GÖNEN ve Ediz Koray GÖNEN'e, tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın tarım alanında yapılacak gelecekte araştırmalar için bir alt yapı oluşturmasını temenni ederek alanda çalışacak tüm genç beyinlere başarılar dilerim.

İbrahim GÖNEN
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. SANAYİ DEVRİMLERİ, DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ GELİŞİM SÜRECİ VE TEKNOLOJİ FAKTÖRLERİ	3
2.1. Endüstri Devrimleri	3
2.1.1. Birinci endüstri devrimi	4
2.1.2. İkinci endüstri devrimi.....	4
2.1.3. Üçüncü endüstri devrimi.....	5
2.1.4. Dördüncü endüstri devrimi	5
2.2. Dördüncü Endüstri Devriminin Gelişim Süreci.....	6
2.3. Dördüncü Endüstri Devrimi Teknoloji Faktörleri	7
2.3.1. Üç boyutlu (3D) yazıcılar	7
2.3.2. Nesnelerin interneti (IoT)	8
2.3.3. Akıllı fabrikalar.....	8
2.3.4. Siber fiziksel sistemler (SFS)	9
2.3.5. Otonom robotlar.....	9
2.3.6. Simülasyon.....	10
2.3.7. Sistem entegrasyonu	10
2.3.8. Bulut bilişim sistemi	10
2.3.9. Artırılmış gerçeklik.....	11
2.3.10. Büyük veri.....	12
3. TARIM SEKTÖRÜ	13
3.1. Ülkeler Açısından Tarımın Önemi	13
3.1.2. Tarımda Hollanda	13
3.1.3. Tarımda İsrail.....	14
3.1.4. Tarımda Amerika Birleşik Devletleri (ABD).....	14
3.1.5. Tarımda Tayvan.....	15
3.2. Geçmişten Günümüze Tarım ve Tarım 4.0	15
3.2.1. Tarım 1.0.....	16

3.2.2. Tarım 2.0.....	16
3.2.3. Tarım 3.0.....	16
3.2.4. Tarım 4.0.....	17
3.3. Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm.....	17
3.3.1. Tarım sektöründe büyük veri.....	18
3.3.2. Tarım sektöründe nesnelerin interneti (IoT).....	19
3.3.3. Tarım sektöründe bulut bilişim.....	20
3.3.4. Tarım sektöründe insansız hava araçları.....	20
3.3.5. Tarım sektöründe otonom araçlar ve robotik sistemler.....	22
3.3.6. Tarım sektöründe makine görme sistemleri.....	22
3.4. Dünya’da Hayata Geçirilen Akıllı Tarım Faaliyetleri.....	23
3.4.1. Arazi sınıflandırma.....	24
3.4.2. Verim haritalama.....	24
3.4.3. Akıllı sulama.....	25
3.4.4. Akıllı gübreleme.....	26
3.5. Tarım 4.0 Kapsamında Hayvancılık Uygulamaları.....	28
3.5.1. Dijital tanımlama (DT).....	28
3.5.2. Görüntü işleme sistemleri (GİS).....	29
3.5.3. Sürü yönetim yazılımları (SYY).....	29
3.6. Tarım 4.0 Kapsamında Seracılık Uygulamaları.....	30
3.7. Türkiye’de Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm Uygulamaları.....	30
3.7.1. Doktor.....	31
3.7.2. Netafim.....	31
3.7.3. Tabit.....	32
3.7.4. Dijital tarım pazarı (DİTAP).....	32
3.7.5. Turkcell filiz.....	32
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	33
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
5.1. Araştırmanın Konusu.....	37
5.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	38
5.3. Araştırmanın Yöntemi.....	38
5.4. Araştırma Deseni.....	39
5.5. Katılımcıların Belirlenmesi.....	40
5.6. Araştırmanın Kısıtları.....	40
5.7. Araştırma Soruları.....	40
5.8. Veri Toplama Süreci.....	41
5.9. Veri Analiz Süreci.....	44
5.10. Araştırmanın Bulguları.....	45
5.11. Katılımcılara İlişkin Bilgiler.....	46
6. VERİLERİN ANALİZİ VE BULGULAR.....	50
6.1. Türkiye’de Tarım 4.0’da Mevcut Duruma İlişkin Bilimsel Sonuçlar.....	50
6.1.1. Endüstri 4.0 tanımı.....	50
6.1.2. Tarım sektöründe kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri.....	53
6.1.3. Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler.....	57

6.1.4. Endüstri 4.0 teknolojileri ile tarım sektöründeki üretimin değişmesine dair bulgular	60
6.1.5. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarımda getirdiği işgücü becerilerini nitelendiren bulgular	63
6.1.6. Tarım sektörü çalışanlarındaki değişime dair bulgular.....	66
6.1.7. Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0'ın ortaya çıkardığı dijital dönüşüme hazırlığına dair bulgular	68
6.1.8. Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaşılan zorluklara dair bulgular	72
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	76
7.1. Sonuçlar	76
7.2. Öneriler	81
8. KAYNAKLAR	83
9. EKLER	97

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

Nesnelerin İnterneti	: IoT
Üç Boyutlu Yazıcılar	: 3D
Massachusetts Teknoloji Enstitüsü	: MIT
Siber Fiziksel Sistemler	: SFS
Amerika Birleşik Devletleri	: ABD
Light Emitting Diode	: LED
İnsansız Hava Aracı	: İHA
Sürü Yönetim Yazılımları	: SY Y
Görüntü İşleme Sistemleri	: GİS
Dijital Tanımlama	: DT
Araştırma Geliştirme	: AR-GE
Dijital Tarım Pazarı	: DİTAP

ŞEKİL LİSTESİ

Sekil No	Sayfa No
Şekil 2.1	: Endüstri Devrimleri..... 3
Şekil 3.1	: Büyük Veri ile Yapay Zekâ Teknolojisini Kullanan Çiftçi. 18
Şekil 3.2.	: Tarımda Kullanılan IoT Tabanlı Cihazlar..... 19
Şekil 3.3.	: İlaçlama Yapan İnsansız Hava Aracı..... 20
Şekil 3.4.	: Mamut İsimli Otonom Robot..... 21
Şekil 3.5.	: Arazi Sınıflandırması..... 23
Şekil 3.6.	: Biçerdöver ile Verim Haritalama Yapılması..... 24
Şekil 3.7.	: Akıllı Sulama Sistemleri..... 25
Şekil 3.8.	: Sensör Vasıtasıyla Gübreleme Faaliyetleri..... 26
Şekil 3.9.	: Türkiye'nin İlk Akıllı Gübreleme Makinesi Adana..... 27
Şekil 3.10.	: Kimlik Belirleme İçin Takılan Elektronik Cihazlar..... 28
Şekil 3.11.	: GIS Hayvan Analizi..... 28
Şekil 3.12.	: Akıllı Seralarda Ürün Yetiştirme..... 29
Şekil 5.1	: Nitel Analiz Döngüsü..... 42
Şekil 6.1.	: Kelime Bulutu Analizi..... 48

Şekil 6.2.	: Kod Teori Analiz Modeli.....	49
Şekil 6.3.	: Kod Matris Tarayıcısı Analiz Modeli.....	51
Şekil 6.4.	: Alt Kodların İstatistiği Analiz Modeli.....	52
Şekil 6.5.	: Alt Kodların İstatistiği Analiz Modeli.....	55
Şekil 6.6	: Kod Birlikte Oluşturma Analiz Modeli.....	56
Şekil 6.7.	: Hiyerarşik Kod Alt Analiz Modeli.....	58
Şekil 6.8.	: Hiyerarşik Kod Alt Analiz Modeli.....	61
Şekil 6.9.	: Kod Alt Kod Bölümler Analiz Modeli.....	64
Şekil 6.10.	: Alt Kodların İstatistik Analiz Modeli.....	67
Şekil 6.11.	: Hiyerarşik Kod Alt Analiz Modeli.....	68
Şekil 6.12.	: Kod Teori Analiz Modeli.....	70
Şekil 6.13.	: Alt Kodların İstatistik Analiz Modeli.....	71

TABLO LİSTESİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 5.1. : Katılımcılara ait bilgiler	44
Tablo 5.2. : Araştırma sonuçlarının literatür doğrulaması.....	81



1. GİRİŞ

Endüstri devrimlerinin başlangıcı İngiltere’de su ve buhar gücünün üretimde kullanılmaya başlanması ile insan gücünden makine gücüne geçiş olarak kabul edilmektedir. İlerleyen yıllarda insanlık her biri kendine has önemli özellikler barındıran üç farklı endüstri devrimine tanık olmuştur. İkinci Endüstri Devrimi veya Endüstri 2.0, üretim sistemlerinde güç kaynağı olarak elektriğin kullanılmaya başlanması ve seri üretime geçiş özelliği ile anılmaktadır. Devrimin önemli bir örneği, Ford’un otomobil üretiminde, diğer bileşenler üzerinde aynı anda çalışılırken parçaların hareketli bir gövde hattı üzerinde monte edilmesine olanak tanıyan montaj hatları yaratması ve uygulamaya koymasındadır. Devrim niteliğindeki bu yaklaşım, daha önce görülmemiş büyük ölçekli üretime olanak sağlamış ve dünya çapındaki endüstrilerde üretkenlik düzeylerini büyük ölçüde artmıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi veya Endüstri 3.0, bilgi teknolojileri ve elektriğin üretim süreçleriyle birleştirilmesinin sonucudur. Bu dönemin en önemli özelliği bilgisayar destekli tezgahların imalatta kullanılması ile tasarım ve üretim kabiliyetinde yaşanan gelişmelerdir.

Son olarak Dördüncü Endüstri Devrimi veya Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin akıllı robot teknolojisi ile donatılmasını içeren yenilikçi bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Akıllı üretim sistemleri, robotlar, yapay zekâ, RFID, sensörler, bulut bilişim, dijital ikiz vb. birçok yenilikçi öğeyi içermekte olup her sektörde büyük bir yapısal değişim yaratmaktadır. Küresel rekabetin yarattığı baskının giderek arttığı günümüz şartlarında bu dijital devrim işletmeler açısından bir tercih değil varlığını sürdürebilmek açısından bir zorunluluktur.

Endüstri devrimleri sanayi alanında büyük bir değişime neden olurken toplumlarda da büyük bir dönüşümü beraberinde getiren, sürdürülebilir bir yaşam için olumlu / olumsuz etkiler yaratan önemdedir. Devrimleri ve devrimlerin her alana yansımalarını anlamak gerekliliği doğrultusunda bu çalışmada Endüstri 4.0’ın tarım sektörüne yansımalarının ve Türkiye’de uygulayıcıların konuya ilişkin yaklaşımlarının araştırılması amaçlanmıştır.

Araştırma, yedi bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün arkasından ikinci bölümde, Endüstri Devriminin tarihsel gelişimi ve temel unsurları literatür taramasından elde edilen bilgilerle açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, tarım sektörünün tarihsel gelişimi

anlatılmış ve tarım sektöründe hayata geçirilen dijital teknolojilere yer verilmiştir. Dördüncü bölümde konu kapsamında literatürde yer alan çalışmalara ilişkin özet bilgiler sunulmuştur. Beşinci bölümde araştırmanın amacı, önemi, araştırma deseni, örneklemin belirlenmesi, araştırma soruları ve veri analiz süreci bilgilerini içeren yöntem bölümüne yer verilmiştir. Altıncı bölümde verilerin analizi anlatılarak, tarım alanında kullanılan yeni teknolojilerin ne tür avantajlar sağladığı ve geleceğe yönelik ne tür gelişmeler beklendiği sektör işletmeleri, kamu kurumları ve çiftçiler ile yapılan görüşmeler kapsamında elde edilen bulgularla sunulmuştur. Son olarak yedinci bölümde, elde edilen bulgular özetlenerek öneriler geliştirilmiştir.

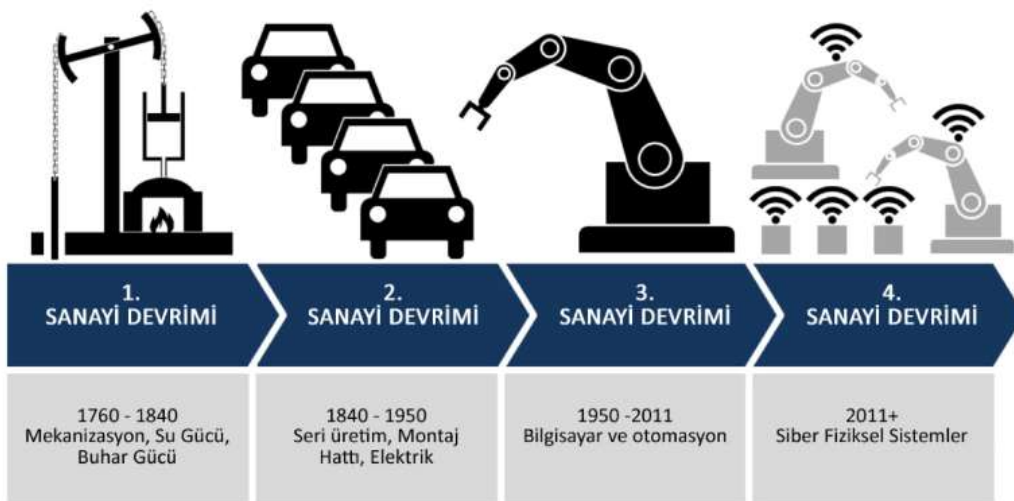


2. SANAYİ DEVRİMLERİ, DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ GELİŞİM SÜRECİ VE TEKNOLOJİ FAKTÖRLERİ

2.1. Endüstri Devrimleri

Toplumsal yaşamın sosyal, kültürel ve ekonomik alanlarında hızlı ve kalıcı olarak değişikliğe uğramasına devrim denilmektedir. Endüstri devrimlerin arkasından devletler bireysel ihtiyaçlar doğrultusunda etkili olmaya odaklanmış ve bu durum sosyal, hukuksal, ekonomik ve siyasi alanlarda ciddi değişimlere neden olmuştur (Düzkaaya, 2016). Devrimlerin tamamı, insanların üzerindeki zorlukları ortadan kaldırmayı hedefleyerek bireysel haklarını arttırmaya yardımcı olan bir yapıya sahiptir (Derya, 2018).

İmalat, ticaret, ulaşım, sağlık, tarım gibi birçok alanda ortaya çıkan yenilikler, sermaye oluşumu, mali gelişmeler ve teknolojinin ilerlemesi gibi pek çok etkenin bir araya gelmesi Endüstri Devrimlerinin ortaya çıkmasını tetiklemektedir. Dünya genelinde artan nüfus ile birlikte mal ve hizmetlere yönelik artan talep, üreticileri üretim çeşitliliğini ve hızını arttırmaya yönlendirmiştir. Bu durum teknolojinin yetersiz olması sebebiyle üreticiyi zorlamaya başlamış ve insan gücünü asgari düzeye indirme ihtiyacı doğmuştur. Her endüstri devrimi ile üretimde yeni teknolojilerin kullanılması, emeğe olan bağımlılığı ve maliyetleri azalmaya başlamış ve verimliliği olumlu yönde etkilemiştir. Endüstri Devrimleri dört ana başlık altında toplanmış olup Şekil 2-1’de gösterilmiştir (Özdoğan, 2017).



Şekil 2.1: Endüstri Devrimleri (Sarıcıoğlu ve ark., 2017)

2.1.1. Birinci endüstri devrimi

Birinci Endüstri Devrimi 1700'lü yılların başında İngiltere'de başlamış 1800'lü yılların ortalarına kadar devam etmiştir. Bu dönem su ve buhar gücünün etkisiyle üretiminde insan faktörünün yerini mekanik aletlerin almaya başladığı dönemdir (Koca, 2021). Buhar ve su gücünün makinelere aktarılması sonucu pamuklu iplik eğirme makinesi, uluslararası demiryolu ve gemi taşımacılığı Endüstri Devrimleri tarihi için önemli adımlar olmuştur (Orhan, 2019).

1765'te James Watt'ın geliştirmiş olduğu buhar makinesi endüstri devrimlerinin kapısını aralamıştır (Gregersen, 2020). 1804 yılında Richard Trevithick vagon iskeletini buhar makinesinin üzerine koyarak dünyanın ilk buharlı lokomotifini icat etmiş ve bu icat demiryolu taşımacılığına önemli katkılar sunmuştur (De Haan, 2020). Elit Whitney tarafından icat edilen, pamuk liflerini tohumlarından ayıran çırçır makinesi, pamuk ipliği üretiminde hız ve verimliliği artırarak tekstil sektöründe gelişim sağlamıştır. 1807 yılında, Robert Fulton tarafından buhar gücünün gemilere adapte edilmesiyle başlayan süreç, 1840'lı yıllarda bu gemilerin okyanus ötesine ulaşım ve taşıma sağlamasıyla (Fagal, 2021) dünya çapında ticaretin temelleri atılmıştır.

2.1.2. İkinci endüstri devrimi

İkinci Endüstri Devrimi 1850'li yıllardan başlayıp 2. Dünya Savaşı'nın sonuna kadar devam eden, Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nden tüm dünyaya yayılan dönemdir. Bu dönem elektrik enerjisi ile seri imalata geçen üretim sistemleriyle ön plana çıkmaktadır. Birinci Endüstri Devrimi *üretimin makineleşmesi*, İkinci Endüstri Devrimi ise *üretimin serileşmesi* olarak adlandırılmaktadır (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018).

1903 yılında Henry Ford tarafından hayata geçirilen *fordist üretim modeli* ile otomobil imalatında seri imalat bandı kullanılmaya başlanmıştır. Fordist üretim ikinci endüstri devriminin parlayan yıldızı niteliğinde olup imalatta işgücünün niteliği konusunda da değişimi beraberinde getirmiştir. 1900 yılında Frederick Winslow Taylor üretim miktarlarındaki artış ile verimlilik konusunda çalışmaları ile ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu çalışmalar endüstri mühendisliğinin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Kelly, 2016). Bu dönemde demir ve çelikle yapılan devasa binalar inşa edilmeye başlanmıştır. Ancak insanların yerini makinelerin alması ile işsizlik ortaya çıkmış ve çalışanlar daha az ücretle çalışmaya zorlanmıştır (Xu ve ark., 2018).

2.1.3. Üçüncü endüstri devrimi

Üretimin hızlandığı ve sayısallaştığı teknoloji dönemi olarak adlandırılan Üçüncü Endüstri Devrimi, İkinci Dünya Savaşı'nın bitmesiyle başlamış, 1970 yılların başında hızlı bir şekilde ilerlemiştir (Kagermann, 2017). Biyogenetik, bilgisayarlar, fiber teknoloji, telekomünikasyon iletişim, biyotarım uygulamalarındaki gelişmeler bu dönemin öne çıkan faktörlerdir. Üçüncü Endüstri Devrimi bilgi teknolojilerinin üretimde etkin bir biçimde kullanılması olarak özetlenebilir. Bu teknolojilerin üretim alanına sağladığı gelişmelerle günümüzün stratejik ve ekonomik dengeleri nitelik kazanmıştır (Yin ve ark., 2018). 3D yazıcıların gelişmesiyle araba parçalarının üretimi artmış, akıllı otonom robotlar üretilmiş, sadece bir tuşa basılarak büyük ölçekli üretimler gerçekleştirilmiştir. Gelişen yeni sistemler sayesinde daha düşük maliyetli, hızlı ve verimli üretim sistemleri hayata geçirilerek ekonomiye katkı sağlanmıştır (Özden, 2022). Bu dönemde, gelişen süper bilgisayarlar ile iletişim teknolojileri çığır atlamıştır. İletişimin ve bilgisayarların birlikte kullanılmaya başlanması mikro derecede ürünlerin insan yaşamına girmesine olanak sağlamıştır (Esmer ve Şaylan, 2019).

2.1.4. Dördüncü endüstri devrimi

Dördüncü Endüstri Devrimi, diğer adıyla Endüstri 4.0, sanayinin tamamen dijitalleşmesi olarak nitelendirilir (Ullah, 2020). Bu dönemde üretim, simülasyon ortamında gerçeğe yakın bir şekilde tasarlanmakta ve sisteme ait tüm veriler merkezi bir sistemde toplanmaktadır. Bulut sistemlerindeki tüm veriler, veri analitiği ve yapay zekâ ile desteklenip kesin kararlar alınabilmektedir. (Shi ve ark., 2020). İçinde yaşadığımız ve geleceğin üretim vizyonu olarak görülen bu devrimin günümüze kadar insanlığa kazandırdığı önemli kazanımları şunlardır (Büchi ve ark., 2020):

- Yapay zekâ sayesinde kararların çok daha kolay ve hızlı verilmesi,
- Nesnelerin internet sayesinde rahat ve kolay iletişim kurulabilmesi,
- İnsan yaşamında karar destek mekanizmaları sayesinde daha kolay tercih yapabilmesi,
- Manyetik alan teknolojisi sayesinde yeni enerji kaynakları bulunması,
- Askeri ve sağlık alanında nanoteknoloji ile yeni birçok uygulamanın ortaya çıkması,
- Temiz enerjinin elde edilmesi,
- Yapılan çalışmalardaki hata paylarının minimuma indirilmesi.

Endüstri 4.0 doğrultusunda tüm sektörlerde yaşanan dijital dönüşüm tüm operasyonlarda verimlilik, kalite, karlılık ve imaj iyileştirmelerine neden olabilecek potansiyel etkilere sahip olup (Karakuş vd., 2022), detaylı olarak incelenmesi ve anlaşılması gereken bir konudur.

2.2. Dördüncü Endüstri Devriminin Gelişim Süreci

Avrupa, ABD ve Japonya'nın 1960'lı yıllarda bilgi teknolojilerine yönelmesiyle birlikte ortaya çıkan bilgi birikimi Endüstri 4.0'ın altyapısını oluşturmuştur. Bu süreçte petrol krizine karşı Japonya yeni nesil enerji kaynaklarına yönelik stratejiler geliştirmeye başlamıştır. Bu sürece dahil olan Avrupa ülkeleri üretimde yüksek miktarlarda enerji tüketimi yerine yüksek teknoloji altyapısına sahip mikro işletmelere yönelmiştir (Çelikleş ve ark., 2015).

Nüfusun artması doğrultusunda yaşamsal temel ihtiyaçların da artması alternatif üretim arayışlarına sebep olmuş bu durum Endüstri 4.0'a geçişi hızlandırmıştır. Ucuz iş gücüne sahip, Endüstri 4.0 devrimini yakından takip eden Çin, Hindistan ve Brezilya geçmişteki altmış yıla damgasını vuran ABD, Almanya ve Japonya gibi ülkeleri bu süreçte geride bırakmıştır (Taş, 2018). Özellikle Çin, 3. Endüstri Devrimi'ni iyi analiz ederek 4. Endüstri Devrimine geçişi sağlamış, teknolojik ürün üretimine ağırlık vererek küresel ekonomideki gücünü arttırmayı başarmıştır (Sözen ve Mescioğlu, 2019). Dördüncü Endüstri Devrimi'nin gelişmesine yön veren unsurlar şu şekildedir (Arıcıoğlu ve ark., 2020).

- Yeni hizmetlere ihtiyaç duyulması,
- Sanal ve dijital fabrikalar,
- Yüksek enerji, düşük seviye emisyon,
- Eğitimde yüksek nitelikli alanlara yoğunlaşma,
- Müşteriye bazlı çözüm teknikleri,
- Makinelere duyulan ihtiyacın artması,
- Üretimde tesislerin sanal ve dijital olarak birbiri ile koordine halinde olması.

Yukarıda tanımlanan unsurlar ile her sektörün Endüstri 4.0'a yönelik beklentileri farklılık göstermekte olup bu doğrultuda dijital dönüşüm araçları ve teknoloji faktörleri değişen ihtiyaçlar ile birlikte gelişmeye devam etmektedir (Karakuş, 2023).

2.3. Dördüncü Endüstri Devrimi Teknoloji Faktörleri

Dördüncü Endüstri Devrimi'nde üretim sistemlerinde büyük değişim ve dönüşümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu dönemde ürünlerin dijital ortamda tasarlanması, hatta üretiminin simüle edilmesi, insanlar ve diğer makineler ile koordineli çalışan robotlar ile üretim ve lojistiğin sağlanması, büyük veri sayesinde karar süreçlerinin geliştirilmesi gibi çalışmalar ile hızlı ve verimli bir üretim hedeflenmektedir (Davutoğlu, 2020). 4. Endüstri Devrimi'nde yer alan teknolojik faktörler şunlardır:

- Üç Boyutlu Yazıcılar
- Nesnelerin İnterneti (IoT)
- Akıllı Fabrikalar
- Siber Fiziksel Sistemler (SFS)
- Büyük Veri
- Otonom Robotlar
- Simülasyon
- Sistem Entegrasyonu
- Bulut Bilişim
- Artırılmış Gerçeklik

Bu bölümde yukarıda sıralanan Dördüncü Endüstri Devrimi teknoloji faktörleri tanımlanacaktır.

2.3.1. Üç boyutlu (3D) yazıcılar

Üç boyutlu yazıcı, dijital ortamda hazırlanan tasarımlar doğrultusunda farklı malzemeler kullanılarak katı cisim elde etmeyi sağlayan yeni nesil cihazlardır. Bu cihazlar, nesnelerin interneti ve otonom robotlar ile bütünleşmiş olup üretimde yenilikçi bir anlayışa sebep olmuşlardır (Yuran ve Yavuz, 2021).

Üç boyutlu yazıcılar başlangıçta özellikle prototip imalatı için imal edilmiş olmak ile, günümüzde aksesuar, yapay organ, mekanik parçalar, moda ürünleri vb. nesnelere seri üretmek amacıyla da kullanılmaktadır. Yazıcı, seramik, metal ve plastik hammaddeleri kullanarak nesnelere katmanlı bir şekilde oluşturmaktadır (Manners-Bell ve Lyon, 2012).

Üç boyutlu yazıcılar ile oluşturulabilecek nesnelerin kapsamı sınırsızdır. Üç boyutlu baskı işlemi yalnızca estetik anlamda avantaj sağlamakla kalmayıp, yenilikleri teknoloji ile harmanlama imkânı da yaratmaktadır (Düzgün ve Çetinkaya, 2019). Ar-Ge

süreçleri için ihtiyaç duyulan parçaların hızlı imalatını sağlayarak kalıp imalatı gibi birçok maliyet unsurunu ortadan kaldırması bu cihazların diğer önemli avantajlarıdır.

2.3.2. Nesnelerin interneti (IoT)

“İnternet üzerinden ilişkilendirilen şeyler/nesneler” (Erdal ve Ergüven, 2020) olarak tanımlanan IoT (internet of things/nesnelerin interneti) kavramı ilk olarak 1990 yılların başında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) Auto-ID laboratuvarlarında tanımlanmış. İlk IoT uygulaması olarak kabul edilen “Trojan Room Coffee” 1999 yılında aynı laboratuvarlarda bir kahve makinesinin kamera ile görüntüsünün alınarak bilgisayarlara görüntü aktarımının yapılması ile hayata geçirilmiştir. Aynı yıl internetle uzaktan açılabilen ekmek kızartma makinesi dünyanın ilk internet kontrollü cihazı olarak icat edilmiştir (Erbil, 2023). IoT, nesnelerin, makine ve cihazların birbiri ile iletişimini kapsayan yapılardır (Kagermann, 2014). Bu yapılarda sensörler vasıtasıyla toplanan veriler, internete bağlı akıllı cihazlara aktarılmakta, böylelikle sistemlerden veri toplanmasına ve sistemlerin kontrol edilebilmesine olanak sağlanmaktadır (Aktan, 2018). IoT, akıllı binalar, akıllı şehirler, kamu güvenliği, sağlık, tarım vb. birçok farklı alanda hem endüstriyel hem de akademik kapsamda araştırılmaya ve geliştirilmeye devam etmektedir (Örselli ve Akbay, 2019)

2.3.3. Akıllı fabrikalar

Dördüncü Endüstri Devrimi de kendinden önceki devrimlerde olduğu gibi üretimde insan gücüne olan ihtiyacı azaltma eğilimindedir. Bu dönemde, endüstriyel sistemlerde, birbirleri ile iletişim kuran otonom robot ve makineler, kendilerine aktarılan bilgilerle karar verici ve sistemi yürütür duruma gelmektedir. İnsan gücüne ihtiyaç duyulmayan ve 24 saat çalışan bu üretim alanlarına verilen ad akıllı fabrikadır (Barut ve ark., 2020). Dijital teknolojilerin gelişmesi, yaşamsal ihtiyaçlara yönelik talebin ve ürün çeşitliliğinin artması ile değişen rekabet koşulları akıllı fabrikalara yönelimi geliştirmektedir (Hozdić, 2015).

Akıllı fabrikalar, üretim süreçlerini optimize etmek için modern teknolojileri kullanarak geliştirilmiş altyapılar sunmaktadır. Akıllı fabrikaların en önemli avantajı kaynakların verimli kullanımı olup, bu sayede maliyetler düşürülebilmekte, zaman tasarrufu sağlanabilmekte ve üretimde esneklik sağlanabilmektedir (Shiue ve ark.,

2018). Sürdürülebilirlik kavramının giderek önem kazandığı günümüz şartlarında akıllı fabrikaların sürdürülebilirliğe önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

2.3.4. Siber fiziksel sistemler (SFS)

Siber Fiziksel Sistemler (SFS), günümüzde giderek daha önemli hale gelen bir konudur. Fiziksel sistemlerin dijitalleştirilmesi ve internet bağlantısıyla birbirine bağlanmasıyla oluşan bu sistemler, bilgisayarlar, sensörler, veri işleme algoritmaları ve iletişim ağları gibi bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşur (Duo ve ark., 2022). Örneğin, akıllı şehirlerde siber fiziksel sistemler, trafik ışıklarının internete bağlanması, akıllı park yönetimi sistemleri, hava kirliliği izleme sensörleri ve çöp toplama sistemleri gibi bileşenlerden oluşur. Bu sistemler, şehirlerin daha etkili ve verimli çalışmasını sağlamak için tasarlanmıştır (Puliafito ve ark.,2021). Siber fiziksel sistemlerin temel amacı, fiziksel dünyadaki süreçleri daha verimli hale getirmek, kaynakları daha etkin bir şekilde kullanmak, güvenliği artırmak ve insan hayatını kolaylaştırmaktır (Yaacoub ve ark., 2020).

2.3.5. Otonom robotlar

Otonom robotlar, kendi başlarına karar verebilen ve görevlerini gerçekleştirebilen robotlardır. Bu tür robotlar genellikle çevrelerini algılamak, karar vermek ve hareket etmek için çeşitli sensörler ve yapay zekâ algoritmaları kullanır (Çirkin & Özdağoğlu, 2021). Otonom robotlar genellikle şu özelliklere sahip olabilirler (Jalali ve ark.,2020):

- Sensörler
- Yapay zekâ öğrenimi
- Karar verme yeteneği
- Hareket ve navigasyon

Otonom robotlar, endüstriyel otomasyondan otonom araçlara, insansız hava araçlarından tıbbi robotlara kadar çeşitli uygulamalarda kullanılabilirler. Bu robotlar, insanların tehlikeli veya zorlu ortamlarda çalışmasını azaltabilir, verimliliği artırabilir ve yeni uygulamaların keşfedilmesine olanak tanır (Shamout ve ark., 2022).

2.3.6. Simülasyon

Simülasyon, üretimdeki fiziksel süreçte oluşan verilerin dijital dünyaya aktarılmasıdır. Simülasyon terimi dijital ikiz kavramını da içermektedir. Dijital ikiz bir nesnenin veya ürünün dijital ortamdaki kopyasıdır. Dijital ikiz sayesinde gerçek dünyada karşılaşılan sorunlara dijital ortamda çözümler geliştirilebilecektir (Hermann ve ark., 2016).

Gelecekteki fabrikalarda üretim için tasarlanan ürünlerin, üretilmeden önce üç boyutlu olarak simülasyonları incelenerek etkin ve verimli bir üretim yapılması planlanmaktadır. Günümüzde de simülasyon sistemi etkin bir şekilde kullanılmakta olup bazı örnekleri şunlardır; savaş pilotları kullanacakları uçakların eğitimlerini gerçeğe yakın ortamda almakta, tıp fakültesinde okuyan bir öğrenci anatomi dersinde simülasyon ile gerçekçi bir şekilde pratik yapabilmekte, yangın söndürme ile görevli olan bir personel bu sistem sayesinde güvenli bir şekilde tatbikat yapabilmektedir (Karakuş ve Gönen, 2022). Simülasyonlar sayesinde maddi kayıplar azalmakta, öğrenme süreci gelişmekte, insan zayıyatı engellenmektedir.

2.3.7. Sistem entegrasyonu

Sistem entegrasyonu, alt sistemlerin bir bütün halinde çalışmasıyla oluşan koordinasyondur. Network ağları, uygulamalar ve yazılımlar gibi farklı bileşenlerin ortak bir alanda eşgüdüm halinde kullanılması sistem entegrasyonunu ortaya çıkarmaktadır. Endüstri 4.0'ın ana hedeflerinden biri bütünleşmiş ve optimal üretim anlayışı olup sistem entegrasyonu bu hedefi karşılamaya yöneliktir. Bu sayede üretim sistemlerinde sınırlar ötesinden birbiri ile eşgüdüm halinde ürün akışı gerçekleştirecek şekilde planlama yapılabilmektedir (Davutoğlu, 2020)

2.3.8. Bulut bilişim sistemi

Bulut bilişim sistemi, dijital ekipmanların server sayesinde ortak paylaşım sağladıkları hizmetlerdir. Veriler, programlar ve uygulamalar sanal bir alanda yani bulut sisteminde toplanmakta, internet vasıtasıyla bu ağa bağlı diğer cihazlara paylaşım yapılmaktadır. İşletmeler, sahip oldukları bulut bilişim sistemindeki verileri ve yazılımları bilgisayarlara ve otonom robotlara aktararak üretim yapabilmekte ve hizmet sunulabilmektedir (Davutoğlu, 2017).

İşletmeler bulut bilişim hizmeti sunan hizmet sağlayıcılar sayesinde verilerine internet ortamında kolayca ulaşabilmekte ve sunucularına kolayca kaydedebilmektedir. Bu durum zaman ve mekân faydası sağlarken fiziki bellek ihtiyacını ortadan kaldırdığı için yerden tasarruf imkânı da sunmaktadır (Sadeeq ve ark., 2021).

Endüstri 4.0 çerçevesinde bulut bilişimin gelecekte zorluklarla karşılaşabileceğine yönelik tahminler de mevcuttur. Yapay zekâ ve büyük veri nedeniyle veri tabanları geçmişe göre çok daha fazla veri depolamak zorunda kalmaktadır. Ayrıca bir işletmenin bulut bilişimdeki bilgilerine kötü niyetli kişiler tarafından ulaşılması, ciddi riskler oluşturmaktadır. Bu kişiler sistemi ele geçirerek ya da çökerterek önemli veri kaybına veya gizlilik ihlaline sebep olabilirler. Sonuç olarak gelişen teknoloji ile dijital verilerin artacağı öngörülerek çok miktarda dijital veri alanına ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda siber güvenlik alanında faaliyet gösteren kurumların gerekli önlemleri en üst düzeye çıkarmaları gerekmektedir (Paşaoğlu ve Cevheroğlu 2020).

2.3.9. Artırılmış gerçeklik

Kullanıcıların dijital araçlar kullanarak sanal ortamı gerçekmiş gibi göreberek etkileşime geçebilecekleri uygulamalara artırılmış gerçeklik denilmektedir. Bu sistemlerde bilgisayar ortamında çeşitlendirilmiş gerçek görüntüler, sanal gözlüklere ve ekipmanlara aktarılmaktadır. Bu araçlar sayesinde kullanıcılar, sanal ortamda gerçek dünya etkileşimine girmektedirler (Xiong ve ark., 2021).

Artırılmış gerçeklik bilgisayar oyunları pazarında etkin olarak kullanılırken farklı sektörlerde eğitim veya pazarlama uygulamaları için de yoğun bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda askerlerin muharebe eğitimi kapsamında yapılan yenilikler, askerlerin gerçek savaş ortamına daha iyi hazırlanmalarına olanak sağlamaktadır. Bu yeniliklerden biri de artırılmış gerçeklik uygulamasının kullanılmasıdır. Dijital eğitimler, modern askeri eğitimlerin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu eğitimler, askerlerin gerçek bir savaş senaryosunda karşılaşabilecekleri durumlara hazırlanmalarını sağlamak için tasarlanmıştır. Gerçek bir mekânda kapalı ve küçük bir alan içerisinde yapılan bu eğitimler, sanal olarak dağlık, ormanlık, çöl ve arazilerde gerçekleştirilen tatbikatları içermektedir. Bu sayede askerler, gerçek savaş koşullarına benzer zorluklarla karşılaşarak, pratik becerilerini geliştirebilmekte ve gerçek bir savaşa hazırlanmaktadır. Bu yenilikçi eğitim yöntemi, askerlerin savaş alanında daha başarılı ve etkili olmalarını sağlamaktadır (Flores, 2013).

Artırılmış gerçeklik deprem sonrası personel kurtarma, kaza sonrası yaralıya müdahale, araba sürüş eğitimi, turizm sektöründe mekâna fiziksel olarak gitmeden ortamı tanıtma gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Erbaş ve Demirer, 2014).

2.3.10. Büyük veri

Büyük veri (big data), büyük boyutlu veri içeren yazılımların saklanması, analiz edilmesi ve yönetilmesidir. Üretim sistemlerinin sürdürülebilirliği için verinin toplanması ve analiz edilmesi vazgeçilmez bir unsurdur (Yin ve Kaynak, 2015). Akıllı fabrikalar, sensörler ve internet vasıtasıyla bulut sistemindeki büyük veriden aldığı bilgileri makinelere ve sistemlere iletir. Bu durum büyük veriye; çeşitlilik, hız, hacim ve hassasiyet şeklinde dört temel bileşen kazandırmaktadır (Yıldız, 2017).

Büyük verinin kullanılması birçok bilginin bir arada depolanmasına neden olmaktadır. Bu çok büyük miktardaki bilgi yığınının analiz edilmesi ve doğru bilgilerin ayrıştırılarak yalın hale getirilmesi karar verme süreçleri açısından çok önemli bir gerekliliktir. Gelecek yıllarda teknoloji kullanımının yaygınlaşması ile birlikte oluşacak veri çok daha büyük boyutlara ulaştığında, büyük veriye olan ihtiyacın da giderek artacağı öngörülmektedir (Petekçi, 2021).

3. TARIM SEKTÖRÜ

3.1. Ülkeler Açısından Tarımın Önemi

Toprağın işlenerek bitkisel ürünler elde edilmesi, hayvancılık, su ürünleri ve ormancılık gibi alanları da kapsayan faaliyetlere tarım denilmektedir. Dünya genelinde birçok insanın geçim kaynağı olan tarım, tüm insanların yaşamsal gerekliliklerini karşılamamaktadır. Bu sebeple tarımsal faaliyetler sosyal, çevresel ve ekonomik bağlamda sürdürülebilir yaşamın temeli olma özelliğine sahiptir. Ekonomide istihdam sağlaması, ihracata olan katkısı, ekolojik olarak çevreye sağladığı destek, biyolojik olarak canlıların çeşitliliğinin sağlanması ve en önemlisi yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez bir sektör olması gibi nedenlerle tarım tüm birey ve toplumlar için kritik önemdedir (Doğan ve ark., 2015)

Dünya nüfusu sürekli artma eğiliminde olup bu artışın gelecekte birçok sorunu beraberinde getireceği öngörülmektedir. İklim değişikliği, doğal kaynakların azalması, deprem, toprak kayması, aşırı yağışlar gibi doğa olayları tarımın sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu etki gelecekte gıdaya erişimde sıkıntılara neden olacağından bugünden tarım sektörünün etkin gelişimi için çalışmalar yapılmalıdır. Tarım, dünyanın temel yapı taşlarından birisidir ve ihmali halinde insanlığın sonunu getirebilecek potansiyele sahiptir (Pakdemirli ve ark., 2021). Bu kapsamda tarım alanında verimliliği artırmaya yönelik dijital dönüşümü başarıyla hayata geçiren, iyi uygulama örneklerinin incelenmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu bölümde tarım alanında başarılı uygulamalar hayata geçiren ülke örneklerine yer verilmiştir.

3.1.2. Tarımda Hollanda

Hollanda, yüzölçümü bakımında çok küçük olmasına rağmen yaptığı başarılı tarım uygulamaları sayesinde yüksek ihracat rakamlarına ulaşmakta ve dünya genelinde tarım sektörüne yön vermektedir. Hollandalı yetiştiriciler yenilenebilir enerji, otonom robotlar, verimli sulama sistemleri, veri analizleri, tohum üretiminde uygulanan dijital yöntemler ve yazılımlar ile tarımda dijital uygulamaları başarı ile hayata geçirmektedir (Saygılı ve ark., 2018).

Hollanda hükümetinin dijital tarıma 1,4 milyon Euro ayırması, teknolojik tarım uygulamalarının önemini göstermektedir. Hollandalı çiftçiler kullandıkları uygulamalar

ile uydudan elde edilen veriler sayesinde tarla ve bitki takibi yapabilmektedirler. Böylelikle topraktaki hastalık veya zararlı hayvanlar hakkında bilgi sahibi olmakta ve olumsuz durumlara karşı önlem alabilmektedirler (Kılavuz ve Erdem, 2019). Ayrıca uydu verilerine dayanan analizler yardımıyla sadece bitkinin fiziki durumu değil aynı zamanda tohumun kalitesi ve yeterli miktarda su alıp almadığı da anlaşılabilir. Bunun sonucunda da ekilen tohumun neredeyse tamamı hasat edilmekte ve tarım ürünleri satışında karlılık artmaktadır (Özer, 2021)

3.1.3. Tarımda İsrail

İsrail, özel işletmelere devlet kontrolü uygulayan, karma ekonomik sisteme sahip olup, tarım, teknoloji, iletişim gibi sektörlerde ön plana çıkan, sanayileşmiş bir ülkedir. Tarım arazilerindeki yüksek tuz oranı, su kaynaklarının azlığı, yüzölçümünün küçük olması gibi olumsuz etkilere sahip olsa da vatandaşlarının gıda ihtiyacının %95'ini kendi kaynaklarından karşılamaktadır (Kılavuz ve Erdem, 2019).

İsrail'de toprak ve su kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle tarımda ileri seviye teknolojiler kullanılmaktadır. Ülke böylelikle tarımda kendine yeten ve dünya tarımına yön veren bir konuma yerleşmiştir. İsrail, kurak arazilerde başarılı bir şekilde ürün elde edebilmek için, su kıtlığına karşı damla sulama sistemini etkin bir şekilde kullanmış, tohumların genetiği ile oynayarak hasat sonrası dayanıklılığı artırmış ve verimliliği geliştirmiştir. İsrail'in tarımdaki başarısının sırrı, bilimsel araştırmaların çiftçilere yaygınlaştırılması ile tarım endüstrisinin gelişmesi olarak tanımlanmaktadır (Kılavuz ve Erdem, 2019). Ülkenin tarım alanında kullandığı teknolojiler; yeni meyve ve sebze araştırmaları, dijital damla sulama sistemi, su kaybının önlenmesi için uyarı sistemi, termal görüntüleme, haşere kontrolü, tuzlu suyu dönüştürme tesisleri vb. olarak sıralanabilmektedir (Kirmikli ve Ertaş, 2020).

3.1.4. Tarımda Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

Dünyanın en büyük tarım ihracatçısı Amerika Birleşik Devletleri (ABD), teknoloji geliştirmeye ve sonuçları yaygınlaştırmaya yaptığı yatırımlarla bu unvanı almaya hak kazanmıştır. ABD, tarımda su, gübre ve zirai ilaç kullanımında sağladığı tasarruflarla birlikte üretim maliyetlerini azaltmış ve verimliliği önemli ölçüde artırmayı başarmıştır. Ülkede, bilgisayar bilimi, biyoloji, mikoloji, mühendislik, fizik, teknoloji gibi konularda üreticilere eğitim desteği sağlanmıştır (Saygılı ve ark., 2018)

Ülkenin hayata geçirdiği başarılı uygulamaları anlamak için badem üretiminde gerçekleştirilen çalışmalar önemli bir örnek niteliğindedir. ABD, dünyadaki badem üretiminin %80'ini karşılamaktadır. Badem üretimi çok fazla miktarda su tüketimi gerektirdiği için üretim maliyeti oldukça yüksektir. Ancak ABD'de badem ağaçlarına yerleştirilen sensörler, topraktaki nemin ve minerallerin analizini yaparak elde edilen verileri bulut sistemine kaydetmektedir. Bulut sisteminde toplanan veriler sulama sistemine iletilerek sulamanın etkin ve verimli yapılması ve %20 oranında su tasarrufu sağlanmaktadır. Uydu aracılığıyla gerçekleştirilen gözlemler sayesinde iklim değişikliği ve kuraklık konularında detaylı bilgiler elde edilmektedir. Dijital uygulamaların kullanımının yaygınlaştırılması ve tarımsal üretimin geliştirilmesi amacıyla ABD'de tarım sektöründeki özel şirketlere makine, yazılım, ekipman, dijital uygulamalara geçiş gibi alanlarda destekler sağlanmaktadır (Silleli ve ark., 2020 & Saygılı ve ark., 2018).

3.1.5. Tarımda Tayvan

Tayvan, 36.193 km² alana ve 27 milyon nüfusa sahip çok hızlı gelişmekte olan ekonomisi tarıma dayanan bir ülkedir. Yüzde yirmi beşlik ekili alanıyla Tayvan, kendisi için yeterli meyve, sebze ve hayvancılığa ev sahipliği yapmaktadır. Ülke, 1960'lı yıllardan beri tarımda makineleşme ve yenilikler konusunda önemli adımlar atmaktadır (Kılavuz ve Erdem, 2019). Dünya'da tarla için kullanılan teknolojik cihazlar ile tanınmakta olup, güneş panelleri, robotlar, IoT sensörleri, dronlar, LED'ler ve dikey çiftlik sistemleri gibi uygulamalar ile bu alanda lider bir pozisyona sahiptir. Ada, tarım şirketlerinin Çin ve Asya pazarlarına girmesi için mükemmel bir konumdadır. Tayvan, Tarım 4.0'e odaklanarak merkez olma potansiyeline sahiptir ve mühendislik altyapısı ile akıllı tarımda ihtiyaç duyulan tüm diğer bileşenlere nitelikli işgücü temini sağlamayı amaçlamaktadır (Kirmikli ve Ertaş, 2020).

3.2. Geçmişten Günümüze Tarım ve Tarım 4.0

1800 yılların başında buhar gücünün bulunmasıyla teknoloji insanlığın yaşamına giriş yapmıştır. Yirminci yüzyılın başlarında elektrik enerjisinin üretimde kullanılmaya başlanması ile makineleşmeye geçilmesi tarım alanındaki devrimlerin başlangıcı olan Tarım 1.0'ın da başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Göçebe hayattan yerleşik düzene geçen insanoğlu, günümüze kadar tarımda yeni devrimler de geçirmiş olup bu devrimler şu şekildedir (Birişik, 2019):

Tarım 1.0: Hayvan gücü ile makineleşmenin birleşmesi,

Tarım 2.0: Traktör ve tarım aletlerinin kullanılmaya başlanması,

Tarım 3.0: Tarımda dijital uygulamaların kullanılmaya başlanması,

Tarım 4.0: Dijital tarım uygulamalarının birbiri ile entegrasyonu.

Günümüzde yaşanan Tarım 4.0'ı anlamak için diğer tarım devrimlerini de anlamak önemlidir. Bu bölümde tarım devrimlerine kısaca değinilmiştir.

3.2.1. Tarım 1.0

1600'lü yıllarda İngiltere'de Birinci Endüstri Devrimi temelinde tarım alanında yapılan yenilikler *Tarım Devrimi* olarak adlandırılmıştır. Yıllar içerisinde nüfusta yaşanan artış ile tarımda yeni teknik ve teknolojiler zorunlu hale gelmeye başlamıştır (Ertaş ve Kirmikli, 2020). Bu dönemde maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması için tarım arazileri bir araya getirilmiş ve tarım makineleri etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Arkasından 1800'li yıllarda verimin artırılması için tarımda gübre kullanılmaya başlanmıştır (Kılavuz ve Erdem, 2019)

3.2.2. Tarım 2.0

1800'lü yılların ortasında başlayan İkinci Endüstri Devrimi ile imalatta elektriğin etkin kullanımı sağlanmış seri ve toplu üretime geçilmiştir. Bu dönemde benzer uygulamalar tarım alanında da hayata geçirilirken gübrelerin çeşitliliği artmış, bitkilere zarar veren etkenler için zirai ilaçlar kullanılmaya başlanmış ve makineleşme yavaş yavaş insan gücünün yerini almaya başlamıştır. Ayrıca hayvancılığı geliştirmeye yönelik yem besinlerinin geliştirilmesi yönünde çalışmalar da hayata geçirilmeye başlanmıştır (Yaman ve ark., 2020)

3.2.3. Tarım 3.0

1960'lı yıllarda Üçüncü Endüstri Devrimi ile tarım alanında da bilgi işlem uygulamaları ve dijitalleşme başlamıştır. Sulama tekniklerinin gelişmesi, zirai tarım ilaçlarının çeşitliliğinin artması, yeni araçların geliştirilmesi, teknolojik verilerin aktarılmaya başlanması gibi tarım alanındaki gelişmeler *Yeşil Devrim* olarak nitelendirilmiştir (Hati ve Singh, 2021). Bu dönemde tarımsal endüstriyel teknikler gelişmiş ve kimyasalların kullanımı artmıştır.

Benzer şekilde hayvancılık sektöründe de büyük ve gelişmiş tesislerin hayata geçirilmesi ile besicilik gelişimi hızlanmıştır. Ancak tarım sektöründe yaşanan bu gelişmeler ve artan nüfus ile üretim maliyetleri ve çevre sorunlarında da artış göstermeye başlamıştır. Tarımda traktör ve zirai aletlerin kullanımının artması, kullanılan dijital ekipmanlardaki gelişmeler ve genetiği değiştirilmiş ürünler ile tarım farklı bir çerçeveye ulaşmıştır. 1990'lı yılların başında arazilerin ve çiftliklerin izlenebilmesi için uydu teknolojilerinden faydalanılmaya başlanmış, 2000'li yıllara gelindiğinde mobil cihazlar ve internet tarımda etkin bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır (Ferrag ve ark., 2021)

3.2.4. Tarım 4.0

Endüstri 4.0 kavramının 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkışıyla birlikte tarımda teknoloji kullanımı giderek artmaya başlamış ve bu dönemin adı *Dijital Tarım* veya *Tarım 4.0* olarak adlandırılmaktadır. 2015 yılında büyük verinin (big data) kullanılmaya başlanması tarım sektöründe önemli gelişmeleri de beraberinde getirmiştir (Fao, 2017). Çiftçiler, bilgi ve teknolojinin gücü ile üretimde daha etkili kararlar vermeye, kaynaklarını daha verimli kullanmaya başlamıştır. Tabletler, sensörler, akıllı telefonlar, dronlar vb. dijital teknolojik araçların kullanımı ile ekim arazilerinin uzaktan kontrollü, su kaynaklarının daha verimli ve etkin kullanılması, besihanelerdeki hayvanların izlenmesi gibi birçok olanak çiftçilerin hizmetine sunulmuştur. Bilgi, teknoloji ve iletişim sistemleri kullanılarak geliştirilen akıllı tarım uygulamaları ile tarım sektöründe maliyetlerin düşürülmesi, verimlilik ve karlılığın artırılması ve çevresel sorunların azalması sağlanabilmektedir (Barrett ve Rose, 2022).

Tarım 4.0, emeğin yerini bilginin, risklerin yerini planlamanın aldığı bir dönemdir. Tarım, gelecekte sadece yetiştirme ve ihtiyaç giderme ile sınırlı kalmayıp biyoloji ve teknolojinin etkisi ile başka alanlara güç aktaran bir sektör haline gelecektir. Bu döneme *Smart Power* (akıllı güç) adı verilecektir (Pakdemirli ve ark., 2021).

3.3. Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm

Farklı alanlarda hayata geçirilen teknolojik gelişmeler tarım sektöründeki dijitalleşmeye de öncülük etmekte ve başarılı uygulamaların hayata geçirilmesini sağlamaktadır. Endüstri 4.0 döneminin dijital araçları ile ortaya çıkan akıllı tarım uygulamaları ile üretimde kullanılan yenilikçi teknolojiler tarımda yeni anlayışların

gelişmesini sağlamaktadır (Gökçe ve Goncu, 2020). Tohumun toprağa ekilmesinden, sulamaya, ilaçlamadan ürünün toplanmasına kadar tarımın tüm işlem aşamalarında kullanılan Endüstri 4.0 uygulamaları ile sektör için önemli avantajlar sunulmakta olup bu uygulamalardan bazılarına aşağıda yer verilmiştir (Hektaş, 2021):

- Dijital sulama sistemi sayesinde çiftçi tarlasını otomatik olarak istediği zaman ve istediği miktarda sulayabilmektedir.
- Tarlaya yerleştirilen sensörler sayesinde toprağın nemi ölçülebilmekte, hava durumu ile entegre çalışan sistem sayesinde gereksiz sulama yapılmayarak elektrik ve su gibi kısıtlı kaynaklardan tasarruf sağlanabilmektedir.
- Dronlar kullanılarak gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler, çiftçilerin verimliliğini ve etkinliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. İlaçlamaya ve tohum ekmeye dayanan bu teknoloji, homojen bir dağılım elde edilebilmesine olanak tanıyarak ürün verimliliğini arttırırken, fosil yakıttan tasarruf sağlayarak çevresel etkinin azaltılmasına da katkı sağlamaktadır.
- Tarımsal imalata yönelik veriler bulut bilişime kaydedilmekte, bu sayede ilerleyen dönemlerde veriler analiz edilerek karar verme süreçleri geliştirilmektedir. Verilere dayalı tarımsal imalat ile sürekli iyileştirmeye yönelik adımlar atılabilmektedir.

Bu bölümde Tarım 4.0 kapsamında hayata geçirilen dijital uygulamalar detaylı olarak incelenmektedir.

3.3.1. Tarım sektöründe büyük veri

İnternet ortamındaki bütün bilgilere büyük veri (big data) aracılığıyla ulaşılmaktadır. Büyük veri, doğru ve etkin bir biçimde kullanıldığında tarımsal üreticilerin (çiftçilerin) doğru karar vermelerine, almış oldukları riskleri doğru yönetmelerine olanak sağlamaktadır (Duman ve Özsoy, 2019).

Son yıllarda tarım sektöründe büyük verinin kullanımı giderek artış göstermektedir. Tarımda büyük veri uygulamalarına örnek olarak hayvancılıkta yem verimliliğinin artırılması, hastalık ve doğum verilerinin takip edilmesi, ürün bozulmasını önlemek için sensörler aracılığıyla hesaplama yapılması gibi uygulamalar gösterilebilir. Bu uygulamalar, çiftçilerin kaynakları daha verimli kullanarak verimlerini arttırmalarına olanak tanımaktadır (Kirmikli ve Ertaş, 2020). Şekil 3.1’de gösterildiği

gibi çiftçiler çeşitli kaynaklardan elde ettikleri verileri ürün yetiştiriciliğinde kullanarak tarımsal üretimi geliştirmektedir.



Şekil 3.1: Büyük Veri ile yapay zekâ teknolojisini kullanan çiftçi (Güner, 2018)

3.3.2. Tarım sektöründe nesnelerin interneti (IoT)

Teknoloji geliştirmede temel hedef insanların yaşamında konfor ve rahatlık sağlayarak hayat standartlarını yükseltmektir. Endüstri 4.0 araçlarından biri olan nesnelerin interneti teknolojisi (IoT) sayesinde birçok cihaz birbirleri ile etkileşim halinde çalışabilmekte (Oral ve Çakır, 2017), böylelikle imalat sistemleri gelişmektedir. Birçok sektörde kullanılmakta olan IoT teknolojisinin tarım sektöründe uygulanması ile mevcut tarım aletlerinin işlevselliğinin artması beklenmektedir. Akıllı tarımda kullanılan IoT sayesinde çiftçi, işlerini daha verimli yürütebilecek, geliştirilen izlenebilirlik sistemleri sayesinde ürününün verimine değer katacaktır. Çiftçiler telefon ve tabletlerinin internete bağlanmasıyla tarlaya gitmeden mahsullerini kontrol edebilecek, sulamayı ve ilaçlamayı mobil uygulamalar ile gerçekleştirebilecektir (Ercan ve ark., 2019). Şekil 3.2.'de tarım alanında kullanılan IoT tabanlı cihazlar gösterilmektedir.



Şekil 3.2.: Tarımda kullanılan IoT tabanlı cihazlar (Civelek, 2019)

3.3.3. Tarım sektöründe bulut bilişim

Endüstri 4.0 araçları arasındaki ortak verinin depolanması, paylaşımı ve bu verilerin bilgiye dönüştürülmesi işlemleri bulut bilişim vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir (Mell ve Grance, 2011). Sektör fark etmeksizin her alanda kullanılan bulut bilişim tarım alanındaki üreticilere de birçok avantaj sunmaktadır. Tarımsal imalat esnasında elde edilen veriler bulut bilişim sisteminde analiz edilerek ve işlenerek yalın hale getirilmekte ve depolanmaktadır. Tarımsal üreticiler ihtiyaç duydukları bilgiye internete bağlı cihazlarla bu sistemden erişilebilmekte ve karar süreçlerinde kullanabilmektedir. Sistem sayesinde altyapı karışıklığı ve kullanıcı yetkisi gibi sorunlar da ortadan kalkmıştır (Çetin ve ark., 2013).

3.3.4. Tarım sektöründe insansız hava araçları

Günümüzde insansız hava araçları, savunma sanayi, deprem sonrası keşif, yangınla mücadele, tarım, taşımacılık gibi çeşitli alanlarda kullanılmakta (De Castro, 2012) olup kullanım alanı giderek genişlemektedir. Tarım alanında ilk insansız hava aracı kullanımı 1980'lerin başında Yamaha işletmesi tarafından geliştirilen insansız helikopterin tarım alanında kullanılmasıyla başlamıştır (Türker ve ark., 2015). Günümüzde tarım sektöründeki insansız hava araçları aşağıda belirtildiği gibi farklı amaçlarla etkin olarak kullanılmaktadır (Türkseven, 2016).

1. Gözlem

- Ürün gözlemi,

- Hayvan gözlemi,
- Bina Ekipman gözlemi,

2. Faaliyetler

- Haritalama,
- İlaçlama

3. Analizler

- Değişken düzeyli gübreleme,
- Hastalıklara teşhis koyma,
- Su stresi,
- Ürün verimi,
- Toprak erozyonu,
- Vahşi hayvan hasarı,

4. Diğer uygulamalar

- Araştırmalar,
- Smart data.

İnsansız hava araçları (İHA) kullanıcılara sağladığı kolaylıklar sayesinde tarımdaki verimliliği yüksek oranda arttırmaktadır. Yapılan araştırmalara göre ABD’de tohum ekiminde kullanılan İHA’ların ekim maliyetini %85 oranında azaltmaktadır (Bahadır ve Kadioğlu, 2019). İHA’lara yerleştirilen yüksek çözünürlüklü visual sensörler, görüntüleri üç boyutlu olarak çeviren sensörler, termal ısı ayırımı yapabilen sensörler ve kızılötesi sensörler sayesinde bitki hastalıklarının erken teşhisi sağlanmaktadır (Türkseven, 2016). Şekil 3.3’te görüldüğü gibi İHA’lar tarafından yapılan ilaçlama sayesinde daha homojen ve etkin ilaçlama sağlanabilmektedir.



Şekil 3.3: İlaçlama Yapan İnsansız Hava Aracı (Tarım, 2018)

3.3.5. Tarım sektöründe otonom araçlar ve robotik sistemler

Otonom, araçların veya makinelerin yapmış olduğu görevleri insan müdahalesi olmadan yapabilmesi anlamına gelmektedir. Otonom robotlar ve makineler birçok farklı sektörde olduğu gibi tarım alanında da etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Bu sistemlere örnek olarak: tarlaları süren ve ekim yapan otonom traktörler, mahsullerin tohumlarını ve saplarını birbirinden ayırıp depolayan otonom biçerdöverler, hayvan yetiştiriciliğinde otomatik yem karan makineler, verim analizi yapan otonom robotlar örnek olarak gösterilmektedir (Uzun ve ark., 2018). İngiltere de bulunan Cambridge Consultants Şekil 3.4’te gösterilen *Mamut* isimli otonom tarım robotunu geliştirerek üreticilerin hizmetine sunmuştur. Bu otonom robot, sensörler aracılığıyla, tarlanın alan krokiğini çıkararak çalışma alanını tanımlamakta, üzerine takılı kameralar sayesinde bitkilerin gelişim durumunu takip etmekte ve veri analizi yapmaktadır (Çakmak, 2019).



Şekil 3.4.: Tarlada ürün verimi analizi yapan Mamut isimli otonom robot (Çakmak, 2019)

3.3.6. Tarım sektöründe makine görme sistemleri

Makine görme sistemleri, çeşitli görüntülerin elde edilmesi ve bu görüntülerin işlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu sistem düşük maliyetli, doğruluğu ve güvenilirliği yüksek bir teknoloji olup verileri çok hızlı bir şekilde elde edip işleyebilme özelliğine sahiptir. Tarım sektöründe üreticiler bu sistemi kullanarak ürünlerini ebat, renk, sağlamlık, verim vb. birçok kategoriye göre kolaylıkla sınıflandırabilmektedir (Sabancı ve ark., 2016 & Ercan ve ark., 2019).

3.4. Dünya’da Hayata Geçirilen Akıllı Tarım Faaliyetleri

Dünyanın önde gelen teknolojik şirketleri tarım sektörünü yakından takip etmekte ve sektöre özel uygulamalar geliştirerek sektörde söz sahibi olmayı amaçlamaktadırlar. Alman menşeli CLASS firması, sürü halindeki hayvanları sensörler aracılığıyla denetlemektir. Bu sensörler vasıtası ile sistem, hayvanlar hasta olduğunda veya doğum sürecine girdiğinde çiftçiye otomatik olarak SMS göndermektedir. Bu sayede çiftçi alacağı tedbirler ile sahibi olduğu canlıların neslini sağlıklı bir şekilde sürdürmekte ve erken ölümlerin önüne geçebilmektedir (Kılavuz ve Erdem, 2019).

Diğer Alman menşeli firma olan BOSCH zeytin ağaçlarına akıllı sulama sistemi kurmuştur. Kablosuz sensörler topraktaki nemi ve ortamın sıcaklığını ölçerek ağaçların sulanmasında tasarruf sağlamaktadır (Bayraktar ve Bulut, 2016).

VODAFONE 30.000’e yakın çiftçi kapsamında oluşturduğu “Connected Farmers” projesi ile çiftçiler ve işletmeler arasında ortak bir platform oluşturmuştur. Bu sayede paydaşlar arasında iletişim imkânı gelişmiş, ürün alışverişi daha etkin olarak gerçekleştirilebilir hale gelmiştir (Vos, 2020).

Tarımda dijitalleşme veya Tarım 4.0 çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmaların ana amacı geleceğe ilişkin öngörülerdir. Artan nüfus ile gıda talebi artmakta ancak gıdaya erişim imkânı azalmaktadır. Çünkü endüstri devrimleriyle birlikte yaşanan doğa tahribatı nedeniyle küresel ısınma artmakta, tarımsal üretim azalmakta ve gıda fiyatları artmaktadır. Yeni nesil bireylerde çiftçiliğin tatmin edici bir meslek olarak görülmemesi, kırsal kesimden şehirlere yaşanan göç gibi etkenler de eklenince tarımsal üretimde önemli ölçüde ivme kaybı oluşmaktadır. Ancak gıda krizleri hiçbir ülkenin göze alamayacağı önemde olup diğer endüstri devrimlerinin yarattığı tahribatın Dördüncü Endüstri Devrimi ile giderilmesi bir zorunluluktur.

Teknolojik gelişmeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, çevre kirliliğini belirli bir ölçüde azaltma ve ülkelere ekonomik katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Tarım 4.0 ile amaçlanan, kaynakların etkin kullanımını sağlayarak girdi miktarını azaltmak ve verimliliği arttırmaktır. Üretim süreçlerinin geliştirilmesinin yanında üretici ve müşteri arasında etkili iletişiminin geliştirilmesi, ürünlerin korunması kapsamında koruyucu ambalajlama, lojistik ve stoklama gibi destek süreçlerinin iyileştirilmesi de Tarım 4.0’ın hedefleri arasındadır. Tarım 4.0 uygulamalarını sistemlerine entegre eden Hollanda, İsrail ve ABD gibi ülkeler elde ettikleri çıktılar doğrultusunda tarım sektörüne öncülük etmektedirler (Kılavuz ve Erdem, 2019).

Dünya genelinde Tarım 4.0 bağlamında yürütülen akıllı tarım uygulamaları aşağıda tanımlanmıştır:

3.4.1. Arazi sınıflandırma

Tarım alanlarının bilinçsiz kullanımı ile arazi yapısında zamanla meydana gelen değişimler, tarımdaki üretim verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Tarım arazilerinin verimliliğini kaybetmemek amacıyla yapılan arazi sınıflandırması ile erozyon ve toprak kaymalarını engellemek, su kaynaklarının tasarruflu kullanılması ve tarladaki ekili ürünün takibi amaçlanmaktadır. Günümüzde arazi sınıflandırması uzaktan algılama sistemleri kullanılarak hayata geçirilebilmektedir (Ateşoğlu, 2016). Uydu ve dronlar aracılığıyla çekilen görüntüler ile gerçekleştirilen arazi sınıflandırması başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Sınıflandırmalar tek bir görüntüden yapılabileceği gibi farklı zaman ve açılardan alınan görüntüler ile de yapılabilmekte olup bu sayede arazinin, su kaynaklarının ve ekili ürünün gelişimine göre tedbirler alınmaktadır (Teke ve ark., 2016). Şekil 3.5'te arazi sınıflandırma teknolojisi ile bir çiftçinin tarlasını ve ürünlerini kontrol ettiği görülmektedir.



Şekil 3.5.: Arazi Sınıflandırması (Asan, 2021)

3.4.2. Verim haritalama

Tarım sektöründe ürün rekoltesinin doğru zamanda tespit edilebilmesi elde edilecek hasat miktarı açısından çok önemlidir. Tarım 4.0 döneminde tarım üreticileri rekolte takibini uzaktan algılama teknolojisini kullanarak yapabilmektedirler. Optik radar ve sensörler aracılığıyla toplanan su stresi, azot oranı, bitki sağlığı, yaprak

gelişimi vb. veriler rekolte verileri ile harmanlanarak analiz edilmekte ve hasat zamanına ilişkin tahminler üreticiye sunulmaktadır. Türkiye’de TÜBİTAK ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ortaklığında hayata geçirilen AKTAR projesi ile arpa, şeker pancarı, buğday, mısır gibi ürünlerin rekolte modellerinin çıkarılması amaçlanmaktadır (Teke ve ark., 2016).



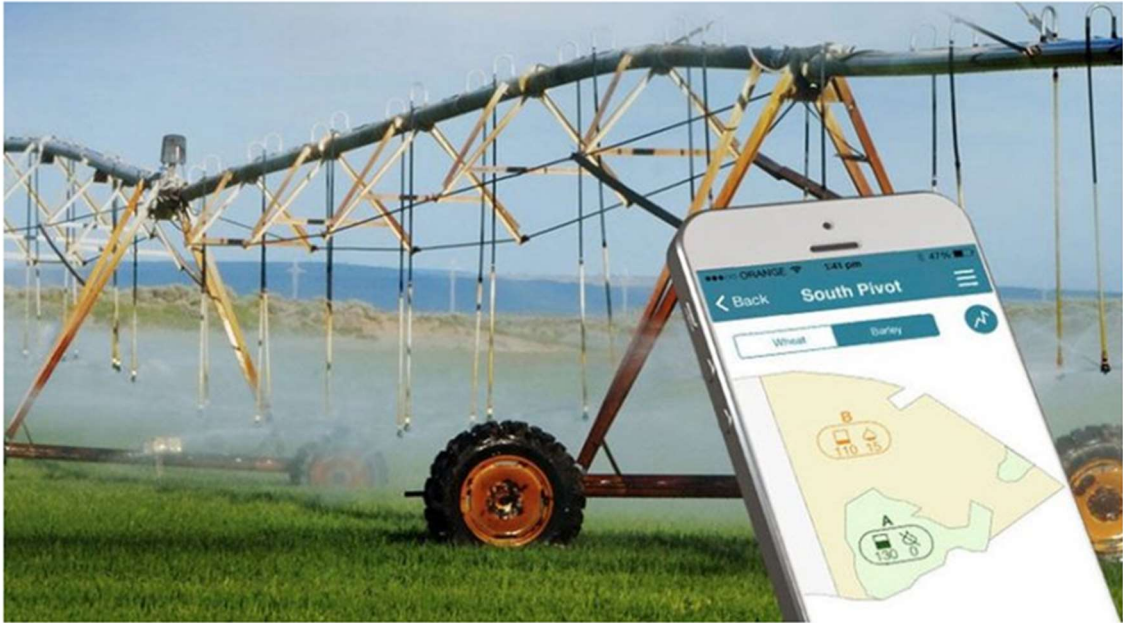
Şekil 3.6.: Biçerdöver ile Verim Haritalama Yapılması (Rms, 2021)

Şekil 3.6’da biçerdöver ve otonom robotlarla ölçüm işlemlerinde kullanılan verim haritalama görseline yer verilmiştir. Bu yöntem, tarımsal alanda toprak analizi ve bitki sağlık durumunu değerlendirmek gibi farklı uygulamalara dayanmaktadır (Sirikun ve ark., 2021).

3.4.3. Akıllı sulama

Su, tüm canlılar için olduğu gibi tarım ürünleri için de hayati öneme sahiptir. Tarım alanlarının sulanması tatlı su tüketiminin %70’ini oluşturmaktadır. Türkiye, tatlı su kaynaklarının kısıtlı olması ve nüfusunun yoğunluğu nedeniyle gelecekte su kıtlığı yaşamaya aday bir ülke durumundadır (Taştan, 2019). Tarım sektörü açısından da en önemli olası sorunlardan biri su kıtlığı olarak görülmektedir. Su kıtlığına karşı alınacak önlemlerin başında su kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı gelmektedir. Ancak tarımda verimli su kullanımının önündeki en büyük engel sulamada geleneksel yöntemlerin kullanımının fazla olması, yağmurlama ve damlama sulama sistemlerine geçişin yavaş olmasıdır. Üretici açısından yüksek bedelli bir yatırım olarak görülerek yağmurlama ve damlama sulama sistemlerine geçişin düşük seviyede olması su kaynaklarının gereğinden fazla tükenmesine yol açmaktadır (Sertyeşilışık, 2017)

Tarım 4.0 kapsamında hayata geçirilen akıllı sulama sistemlerinin amacı ürünlerin verimli sulanmasının sağlanması ve su tüketiminin azaltılmasıdır (Xiao ve ark., 2010). Akıllı sulama sistemleri, arazinin yapısına ve toprak tipine uygun biçimde kurulduktan sonra ürün cinsine göre sulama planı hazırlanmaktadır. Hazırlanan plan doğrultusunda sulama sistemi ihtiyaç oranında sulama gerçekleştirilmektedir. Sulama planına paralel olarak toprağa yerleştirilen sensörler sayesinde toprağın nemi de ölçerek fazla sulama yapılmasının önüne geçilmektedir (Ercan ve ark., 2017). Su kaynaklarının yaşamsal önemi göz önünde bulundurularak akıllı sulama sistemlerine geçişin de ne kadar zaruri olduğu doğru anlaşılmalıdır. Şekil 3.7.'de uygulama aracılığıyla kontrol edilebilen akıllı sulama sistemine ilişkin görsel sunulmuştur.



Şekil 3.7.: Akıllı Sulama Sistemleri (Bahçivan, 2022)

3.4.4. Akıllı gübreleme

Gübrelemenin amacı topraktaki eksik minerallerin tamamlanması yolu ile daha kaliteli ve verimli mahsul elde edilmesidir (Yenikaya ve ark., 2022). Gübreleme faaliyeti üretim maliyetinin içerisinde önemli bir maliye başlığı olup, maliyeti düşürmek için ihtiyaç duyulan miktardaki gübrenin doğru zamanda toprağa verilmesi gereklidir. Geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen gübrelemede, gereğinden az veya fazla miktarda gübre kullanabilmekte veya gübreleme yanlış zamanda hayata geçirilebilmektedir. Bu hataların hepsi ürünün kalitesi, verimliliği, hastalık oluşumu, çevresel olumsuz etki yaratma ve üretim maliyeti üzerinde olumsuz sonuçlara neden

olabilmektedir. Tarım 4.0 doğrultusunda geliştirilen akıllı gübreleme sistemleri bu olumsuzlukları önlemek açısından önemli imkanlar sunmaktadır. Akıllı gübreleme sistemi, işçilik miktarı ve maliyeti, gübre maliyeti ve ekipman yatırımı konularında önemli kazançlar sağlamaktadır. Ayrıca akıllı gübreleme sisteminde, kullanılması gereken gübre miktarı ihtiyaçlar doğrultusunda tespit edilerek fazla gübre kullanımının yarattığı olumsuz etkiler ortadan kaldırılabilir (Karaşahin ve ark., 2018).

Akıllı gübreleme sistemi, sensörler aracılığıyla ve harita tabanlı değişkenler ile uygulanmaktadır. Şekil 3.8’de gösterildiği gibi traktörlere takılan sensörler vasıtasıyla bitkinin klorofil oranı, gövde kalınlığı ve eğriliği gibi değerler hesaplanarak bitkinin ihtiyacına göre gübreleme yapılmaktadır (Türker ve ark., 2015).



Şekil 3.8.: Sensör vasıtasıyla gübreleme faaliyetleri (Türker ve ark., 2015)

Harita tabanlı uygulamalarda topraktaki mineraller GPS vasıtasıyla belirlenerek analizi yapıldıktan sonra elde edilen veriler akıllı makinelerle aktarılmaktadır. Akıllı makineler toprağın ihtiyacına uygun gübreyi, tespit edilen ihtiyaç miktarı doğrultusunda toprağa aktarmaktadır. Türkiye’de geliştirilen ilk akıllı gübreleme makinesi olan **Adana** Şekil 3.9’da gösterilmiştir (Türker ve ark., 2015).



Şekil 3.9.: Türkiye'nin İlk Akıllı Gübreleme Makinesi *Adana* (Türker ve ark. 2015)

3.5. Tarım 4.0 Kapsamında Hayvancılık Uygulamaları

Hayvan yetiştiriciliğinde mekanların hayvanların yaşaması için en doğru şekilde oluşturulması konusunda farkındalığın gelişmesi ile teknolojik çalışmalar da bu doğrultuda yönelim göstermiştir (Bozkurt, 2016). Bilgisayar ve elektronik tabanlı veriler ile hayvancılık uygulamalarının bir araya getirilmesiyle hayvanlar için dijital tanımlama (dijital kimlikler), süt veriminin ölçülmesinde kullanılan sistemler, otomatik yemleme makineleri, görüntü sistemleri, dijital sıcaklık ölçümleri, otomatik süt sağım sistemleri, otomatik tartım cihazları vb. uygulamalar hayata geçirilmiştir. Bu uygulamalar hayvan yetiştiriciliğinin daha etkin yürütülmesine katkı sağlarken hayvanların yaşam şartlarını da iyileştirmektedir (Baran ve ark., 2023). Bu bölümde dijital hayvancılık uygulamalarından bazıları sunulmuştur.

3.5.1. Dijital tanımlama (DT)

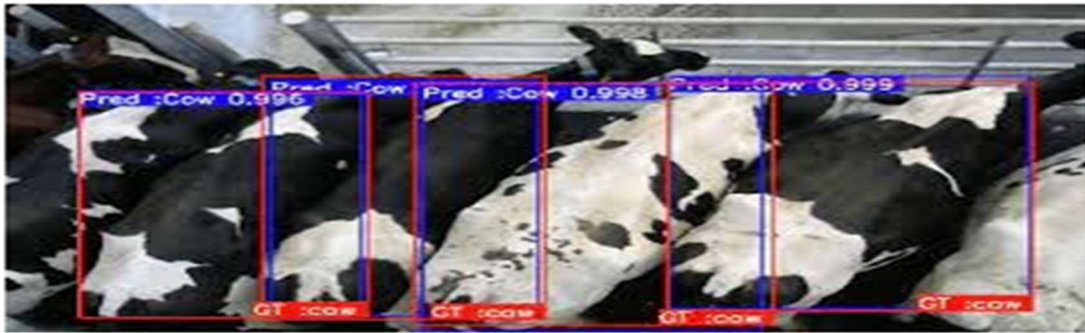
Hayvanların kimliğinin oluşturulması için mikroçip, plastik küpe, bolus veya bileklik gibi dijital araçlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu dijital araçlar sayesinde hayvanlara ait yaş, cinsiyet, ırk, soy ağacı, geçirmiş olduğu hastalıklar, yapılan aşı ve kullanılan ilaçlar vb. bilgiler saklanabilmekte ve ihtiyaç halinde hayvana ait geçmiş bilgilere kolaylıkla erişilebilmektedir (Taşkın ve ark., 2016). Şekil 3.10'da hayvanlara takılan dijital cihazlar gösterilmiştir.



Şekil: 3.10. Kimlik belirleme için takılan elektronik cihazlar (Taşkın ve ark., 2016)

3.5.2. Görüntü işleme sistemleri (GİS)

Hayvan yetiştiriciliğinde görüntü işleme sistemleri genellikle hayvanların sağlık kontrolleri, üreme dönemi, yem tüketimi, yavruların büyüme ve gelişmesinin takibinde kullanılmaktadır. Bu sistemde hayvanların vücut ölçüleri analiz edilerek gelişme bilgileri hayvan sahiplerine iletilmektedir. Dronlar aracılığıyla da açık besihanelerde hayvanların izlenmesi, sürülerin kontrol edilmesi, hayvanların olağan dışı davranışları, yem tüketimleri gibi veriler görüntü işleme teknolojisi kullanılarak takip edilebilmektedir (Viazzi, 2014). Şekil 3.11’de görüntü işleme sistemi ile besi hayvanlarına ilişkin bir görüntüleme ve analize yer verilmiştir.



Şekil 3.11.: GİS Hayvan Analizi (Andrew ve ark., 2014)

3.5.3. Sürü yönetim yazılımları (SYY)

Sürü yönetim yazılımında dijital tanılama ve görüntü işleme sistemi gibi teknolojiler vasıtasıyla elde edilen bilgiler ile kullanıcı tarafından girilen bilgiler harmanlanarak veri tabanında depolanır. Yazılım üzerinden hayvanın kimlik bilgileri, süt sağımı, kızgınlık durumu, doğum, geçmişteki hastalıkları, uygulanan tedaviler ve kullandığı ilaç bilgileri takip edilerek hayvanın izlenebilirliği sağlanır (Viazzi, 2014).

3.6. Tarım 4.0 Kapsamında Seracılık Uygulamaları

Son yıllarda akıllı tarım teknolojileri seracılık sektöründe de yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamalarda seralardan toplanan çevresel verilerin toplanarak analiz edilmesiyle elde edilen bilgiler seralara kurulan sistemlere aktarılmaktadır. Bu sistemler sensörler vasıtasıyla seradaki ısı, ışık, nem, karbondioksit gibi koşulları bitkinin yetiştiği ortama göre otomatik olarak ayarlamaktadır (Rayhana ve ark., 2020).

Akıllı seralar sayesinde açık ortamda yetiştirilen ürünlerden çok daha yüksek verimlilikte ürünler elde edilmekte ve su tüketimi açık ortama göre daha az miktarda olmaktadır. Bu nedenle akıllı seralar çevre dostu olarak nitelendirilmektedir. Hidroponik teknoloji ile birçok ürün toprağa ihtiyaç duyulmadan sensörler aracılığıyla kontrol edilerek yetiştirilmektedir (Ercan ve ark., 2019). Şekil 3.12.'de akıllı serada ürün yetiştiriciliğine ilişkin bir görsele yer verilmiştir.



Şekil 3.12.: Akıllı Seralarda Ürün Yetiştirme (Oğuz, 2023)

3.7. Türkiye’de Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm Uygulamaları

Tarım alanında hayata geçirilen dijital dönüşüm uygulamaları tarım ve hayvancılık üreticilerinin çalışma şartlarını iyileştirirken kırsal alanlardaki yaşam kalitesini de artırır niteliktedir. Doğru bilgiye istediği an ulaşabilen üretici dijital uygulamalar ile desteklenmiş sulama, gübreleme, ilaçlama faaliyetleri gerçekleştirebilmek ve daha az girdi ile daha kaliteli ve verimli ürünler elde

edilmektedir (Kılavuz ve Erdem, 2019). Bu bölümde Türkiye’de dijital ve akıllı tarım adı altında hayata geçirilen projelerden bazıları sunulmuştur.

3.7.1. Doktor

Doktar, dijital tarım alanında teknolojiler üreten Hollanda menşeli bir şirket olup çiftçilere ve üreticilere tarım konusunda hizmetler sunmaktadır. İşletme, internete bağlı sensörler ve uydudan elde edilen veriler sayesinde makine öğrenmesi, çiftlik yönetim ve büyük veri depolama gibi dijital tarım uygulama hizmetleri sunmaktadır. İşletmenin tarım alanında müşterilerine sunduğu hizmetler şunlardır (Doktar, 2023):

- Çiftçi ürün bilgi hizmetleri
- Ziraî hizmet destek hattı
- Toprak analizi
- Uydu vasıtasıyla tarla verim takibi
- Tarlada böcek popülasyon takibi
- Gübre analizi

İşletme ayrıca tarımsal alanda faaliyet gösteren işletmeler ile çiftçiler arasında ortak bir platform oluşturarak tedarik zincirinin gelişmesine katkı sunmakta ve çiftçilere üretim ve satışta alternatif yollar sunarak rekabet avantajı yaratmaktadır (Doktar, 2023).

3.7.2. Netafim

Netafim, 1965 yılında İsrail’in Negev Çölünde başladığı çalışmalarla dikkatleri üzerine toplamaya başlamaktadır. Bir tarla sulama sistemi olarak ortaya konan Netafim, zaman içinde farklı iklim ve bitki türlerindeki verimi artırmak amacıyla dijital akıllı sulama ve ergonomik uzmanlık hizmetleri sunmaya odaklanmıştır. Firma, bu alanda dünyanın en büyük uluslararası su kaynağı entegrasyonu şirketidir.

Üretici, Netafim’in sunduğu teknolojiler sayesinde meyve yetiştirmek için gerekli olan su miktarını azaltma imkânı oluşturarak tarımsal performansı arttırmayı hedeflemektedir. Netafim suyun etkin kullanımının yanında lokal hava koşullarının değerlendirilmesine ve bitki beslemeyi optimize ederek enerji tasarrufu sağlanmasına da yardımcı olmaktadır (Netafim, 2023).

3.7.3. Tabit

Tabit Akıllı Tarım Teknolojileri 2004 yılında kurulmuş, Türkiye’de dijital tarım alanında faaliyet gösteren ilk işletmedir. Vodafone ortaklığıyla Çiftçi Kulübü’nü oluşturup bilgisayar yazılımı üzerinden 1.500.000 müşteriye bilgi hizmeti, danışmanlık, pazarlama gibi konularda hizmet vermektedir. Ayrıca çiftçiler için insan gücünün daha az kullanıldığı, ürün getirilerinin daha yüksek olduğu üretim imkanlarını geliştirmeye yönelik teknolojiler üzerinde çalışmalar yapmaktadır (Tabit, 2023)

3.7.4. Dijital tarım pazarı (DİTAP)

Dijital tarım pazarı (DİTAP), Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çiftçiler ve işletmeler için geliştirilen bir dijital üründür. Çiftçiler ve ürünleri almak isteyen işletmeler bu uygulama ile online alışveriş imkânı bulunmaktadır. DİTAP tarafından tarım alanındaki aktörlere sunulan diğer hizmetler şunlardır (Türkgap, 2023)

- Ürünlerin satışında arz ve talebe göre fiyat dengesinin oluşturulması,
- Gübre, tohum, zirai ilaç gibi ihtiyaçların tedarik edilmesi.

3.7.5. Turkcell filiz

Turkcell Filiz, kullanıcılarına anlık hava durumu ve tarım alanına ilişkin veriler sağlayan mobil uygulamadır. Tarlaya yerleştirilen Turkcell Filiz Cihazları sayesinde çiftçiler doğru zamanda, doğru miktarda gübre kullanarak gübreleme yapabilmekte, toprağın nemi ve hava durumu verileri doğrultusunda doğru zaman ve miktarda sulama yapabilmektedir. Böylelikle verimlilik ve ürün kalitesi gelişmektedir (Turkcell, 2019)

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Endüstri Devrimleri, üretim sürecini daha verimli hale getiren temel değişiklikleri beraberinde getirirken, ekonomik ve sosyal yaşamı her alanda derinden etkileyen toplumsal olaylardır. Endüstri devrimleri ile hayata geçirilen teknolojik gelişmeler, güvenlikten eğitime, sağlıktan sanayiye, lojistikten inşaata kadar pek çok alanı etkilemiş ve insanların yaşam standartlarını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Diğer üç Endüstri Devrimi'nden farklı olarak Dördüncü Endüstri Devrimi'nde teknolojik değişim çok daha hızlıdır.

Dördüncü Endüstri Devrimi aynı zamanda Dijital Devrim veya Endüstri 4,0 olarak da adlandırılmaktadır. Bu devrimin etkisi tüm sektörler ile birlikte tarım alanında da kendini hissettirmektedir. Tarımsal üreticilerin desteklenmesi ve tarımsal verimliliğin yenilikçi teknolojilerle artırılmasına yönelik gelişmelere Tarım 4.0 adı verilmektedir. Tarım sektörü, insan yaşamının devamı için gerekli olan beslenme ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, özellikle son yirmi yılda önemli gelişmeler yaşamıştır. Dünya nüfusunun artışı, iklim değişikliği nedeniyle yağışların azalması, mevsimsel olaylardaki değişiklikler, maliyetlerdeki artış ve üretim verimliliğindeki azalmalar tüm canlıların yaşamını etkileyen kritik önemdedir. Yaşamın sürdürülebilirliği için bu derece önemli olan tarımsal faaliyetlerin Endüstri 4.0 çağında nasıl bir dönüşüme uğrayacağı, yani Tarım 4.0, anlaşılması ve yaygınlaşması gereken bir konudur. Konunun önemi doğrultusunda yapılan literatür araştırmasında farklı yıllarda ve farklı ülkelerde Tarım 4.0 kapsamında yapılmış çeşitli araştırmalara rastlanmıştır.

Gubanova ve ark. (2017) yürüttükleri araştırma kapsamında tarımsal girişimciler ve çiftçilerden oluşan 19 kişi ile görüşmeler gerçekleştirmiştir. Toplanan bilgilerin analiz edilmesiyle, mevcut koşullarda ürün yetiştirmenin zorluğu, artan maliyetler ve şirketlerin desteğine duyulan ihtiyaç gibi çeşitli zorlukları ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca tarım fuarları ve konferansların yaygınlaştırılmasının yanı sıra sektörde bilgi aktarımı ve teknoloji kullanımının önemi vurgulanmıştır. Bulgular ayrıca çiftçiler arasında teknolojik araçlara olan ilginin arttığını göstermiş ve bu alanda ilerleme kaydedilmesi gerektiğinin altını çizmiştir. Genel olarak çalışma, tarım sektörünün mevcut durumu hakkında değerli bilgiler sunmakta ve sektördeki girişimcilerin ve çiftçilerin büyümesini ve başarısını desteklemek için potansiyel iyileştirme alanları önermektedir.

Kovács ve Husti (2018) Macaristan'da gerçekleştirdikleri araştırma çalışmasıyla Endüstri 4.0'ın tarıma entegrasyonu konusunda önemli bulgulara ulaşmışlardır. Literatür

incelemesi ve yapılan röportajlar tarımsal faaliyetlerde, mahsul verimini optimize etmek ve israfi azaltmak için GPS hizmetlerinden, Makineden Makineye (M2M) ve Nesnelere İnterneti (IoT) teknolojilerinden, sensörlerden ve büyük veriden büyük ölçüde yararlanabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, çalışmada örgüt liderlerinin değişen ortamı anlamalarının ve rekabetçi kalabilmek için yenilikçi olmanın önemi vurgulanmıştır. Bu araştırma, Endüstri 4.0'ın tarım sektöründe devrim yaratma potansiyeline ışık tutarak, sektördeki karar vericilere değerli bilgiler sağlamaktadır.

Regan ve ark. (2018) gerçekleştirdikleri çalışmada İrlanda'da tarım sektöründe faaliyet gösteren üst düzey yöneticiler ve kariyer sahibi çalışanlarla görüşmeler yaparak önemli veriler elde etmişlerdir. Görüşmeler sonucunda, dijital tarım uygulamalarının gelecekte hayati bir öneme sahip olacağı ve bu aletlerin kullanımının teşvik edilmesi gerektiği dile getirilmiştir. Ayrıca, çiftçilerin dijital tarım konusundaki bilgi eksikliğinin hala devam ettiği tespit edilmiştir. Bu bilgi eksikliğinin giderilmesi için devlet tarafından çiftçilere destek verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ercan ve ark. (2019), Tarım 4.0 teknolojilerinin Türkiye'ye uygunluğunu araştırırken Tarım 4.0 araştırması yapan firmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda SWOT analizi gerçekleştirmiştir. Bulgulara göre; akıllı tarıma ilişkin bilgi ve farkındalık sahibi çiftçilerin mevcut olması, akıllı tarım teknolojisi sunan kuruluşlar bulunması ve bu kuruluşlardan olumlu sonuç alınabilmesi gibi faktörler Türkiye'de Tarım 4.0'ın uygulanabilirliğini artıran güçlü yönler arasındadır. Bununla birlikte; bilgi teknolojileri okuryazarlığı eksikliği, üretici yaş ortalamasının yüksekliği, dış politika ve altyapılardaki yetersizlikler ve sektörün dışa bağımlı hale gelmiş olması tarım sektörünün zayıf yönleri arasında gösterilmiştir.

Kılavuz ve Erdem (2019), gerçekleştirdikleri çalışmada Türkiye'nin Tarım 4.0 uygulamalarına geçmesinin süreklilik ve verimlilikte artış sağlamak için önemine vurgu yapmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, Hollanda, Tayvan ve İsrail gibi ülkelerdeki tecrübeler incelenerek Türkiye'nin durumu analiz edilmiştir. Türkiye'nin tarımda kendi kendine yeten bir ülke konumundan, dışa bağımlı bir ülke konumuna geldiğinin belirtildiği çalışmada maliyetleri düşürmek ve verimliliği arttırmak için yüksek teknoloji tarla uygulamalarına geçilmesi ve Ar-Ge desteklerinin artırılması önerilmiştir. Sonuç bölümünde ayrıca tarımda insan kaynağının yetiştirilmesi ve ihtiyaç durumunda çiftçilere bilgi ve teknik destek sağlayacak etkin federal kooperatifçilik sisteminin hayata geçirilmesinin sektöre önemli katkılar sunacağı belirtilmiştir.

Kirmikil ve Ertaş tarafından 2020 yılında gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, Tayvan, Hollanda, İsrail, ABD ve Japonya gibi ülkelerin akıllı tarım uygulamaları karşılaştırılarak Türkiye için genel durum analizi yapılmıştır. Sonuç bölümünde; tarım sektörünün gelişmesi ve modernizasyonu için Ar-Ge çalışmalarının artırılması, çiftçilerin internet ve mobil cihazlarla bilgiye erişim kabiliyetlerinin artırılmasına yönelik eğitim programları sağlanması, ziraat mühendisleri ve teknikerler yetiştirmek amacıyla üniversitelerdeki lisans ve ön lisans programlarında Tarım 4.0 konusunun müfredata dahil edilmesi, Türkiye'nin tarım ülkesi olması nedeniyle devlet, üniversite, özel sektör arasında işbirlikleri yapılması ve başarılı proje örneklerinin yaygınlaştırılması gereklilikleri vurgulanmıştır. Çalışmada ayrıca, Tarım 4.0 uygulamalarının hayata geçirilerek daha verimli, çevreci ve sürdürülebilir bir büyüme sağlanabileceğine dikkat çekilmiştir.

Araújo ve ark. Tarım 4.0'ın mevcut durumu hakkında daha fazla bilgi sağlamak amacıyla 2021 yılında literatür taramasına dayalı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda çalışmanın sonuç bölümünde şu çıkarımlarda bulunulmuştur: Tarım 4.0, tarım-gıda sektörünün geleceğini şekillendirmek için merkezi bir rol oynamaktadır. Tarım 4.0'a geçiş için çiftçilerin kendilerini geliştirmeleri ve becerilerini iyileştirmeleri gerekmektedir. Bunu sağlamak amacıyla, önümüzdeki yıllarda bu alanda yatırımlar yapılmalı ve Tarım 4.0 teknolojileri benimsenebilir hale getirilmelidir. Çalışmanın sonuç bölümünde vurgulanan diğer önemli bir konu da, Tarım 4.0'ın karşılaşılabileceği olası bir zorluğun işgücünün yaşlanması olduğudur. Bu durum tarım sektörü çalışanlarının yeni dijital teknolojilerle başa çıkma yeteneklerinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Sharma ve ark. (2022), tarafından yürütülen, uluslararası 4803 adet makalenin incelendiği diğer bir çalışmada akıllı tarımda araştırma yollarının genişletilmesi hedeflenmiştir. Yapılan analizlerle geliştirilmeye açık olan potansiyel alanlar belirlenerek yeni bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Araştırmanın sonuçlarına göre; yeni tarım projeleri, artan nüfusu ve gıda üretimini desteklemek için geliştirilmiştir. Tarımda başarıyı sağlayabilmek için, çağa uygun kurallara ve sürdürülebilirlik ilkelerine uymak gerekmektedir. Ayrıca, bilimsel araştırmalarla elde edilen yeni teknolojilerin tarla verimliliğini artırmada bire bir etkisi vardır. Gelecekte, çiftçilerin veriye güvenerek kararlar almaları ve sistemlerini geliştirmeleri hayati bir öneme sahiptir. Otomasyon ve bilgisayar destekli sistemler gibi güncel teknolojilerinden yararlanılarak tarımda

verimliliği artırma potansiyeli mevcuttur. Bu teknolojiler, gelecekte hem kapsayıcı hem de şeffaf bir dijital tarım biçimi oluşturmaya imkân vermektedir.

Smidt ve ark. (2022) Güney Afrika'daki çiftçiler arasında dijital teknolojinin benimsenmesine ilişkin bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırmanın sonuçları, tarımda teknoloji ihtiyaçlarının belirlenmesinin, dijital tarım alanında eğitim kursları verilmesinin, tarımda devlet ile özel sektör arasında iş birliklerinin kurulmasının, küçük ölçekli şirketlere ve çiftçilere devlet desteği sağlanmasının önemini vurgulanmıştır. Ayrıca tarım politikalarının geliştirilmesi, tarım sektöründe dijital teknolojinin benimsenmesini teşvik eden önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır. Bu araştırma, Güney Afrika tarımında dijital teknolojinin benimsenmesinin mevcut durumunun anlaşılmasına değerli bir katkı sağlamakta ve bunun uygulanmasını teşvik etmek için gelecekteki stratejiler için öneriler sunmaktadır.

Üstündağ (2022) hayata geçirdiği yüksek lisans tez çalışmasında Tarım 4.0 olarak adlandırılan "Akıllı Tarım" uygulamaları ile tarımsal üretimin dönüşüm süreçlerine ve küresel rekabet etki alanına odaklanmıştır. Bu kapsamda 35 tarım üreticisi ile derinlemesine görüşme tekniğini kullanarak gerçekleştirdiği görüşmeler sonucunda, çiftçilerin deneyimlerini, davranışlarını, faaliyetlerini, niyetlerini ve isteklerini değerlendirme altına almıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, akıllı teknolojiler, dünya çapında gıda ihtiyacının karşılanması için ortaya çıkmış bir çözüm niteliği taşımaktadır. Bu teknolojiler sayesinde zaman verimli bir şekilde kullanılabilir iken, aynı zamanda da ürünlerin kâr marjı artmakta ve ürünlerin sulanması esnasındaki su israfı gibi çevreye olumsuz etkisi bulunan faaliyetlerde iyileşmelere gidilmektedir. Görüşmelere katılan katılımcılar akıllı tarımı, üretimdeki verimi artırmak ve doğal kaynakları korumak için gerçek zamanlı çiftlik yönetimini sağlayan yüksek derecede otomasyon ve veriye dayalı teknolojiler olarak tanımlamıştır. Tezden vurgulanan diğer bir bulgu da dijital teknolojilerin, güvenli, sürdürülebilir ve kaliteli bir beslenme için ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlarla başa çıkabilecek güçte olduğudur.

Thomas ve ark. (2023) akıllı tarımda teknolojinin kabulü üzerine yaptıkları araştırma kapsamında, konuyla ilgili literatür araştırması gerçekleştirmişlerdir. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular, tarımda dijital teknolojilerin kullanılmasının önemini ve gerekliliğini vurgulamaktadır. Araştırmada ayrıca tarım alanında teknolojinin etkili bir biçimde uygulanmasının potansiyel faydaları ve zorlukları tanımlanarak öneriler geliştirilmiştir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmanın genel amacı Tarım 4.0 kapsamındaki bilgi birikiminin gelişimine katkı sunmaktır. Araştırma kapsamında Türkiye'de dijital tarımın mevcut durumuna ilişkin literatür taraması yapılması, yeterli araştırma eksikliğini ve tarımda dijital teknolojileri kullanan bireylerin görüşlerinin alınmadığını ortaya koymaktadır. Bu boşluğu gidermek için, verilerin toplanması ve analiz edilmesi amacıyla nitel bir araştırma yöntemi olan yarı yapılandırılmış görüşmelerden yararlanılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde değerli görüşler elde edilmiş ve bulgular değerlendirilerek öneriler sunulmuştur. Bu alandaki durumu ve potansiyel gelişmeleri tam olarak anlayabilmek için tarımda dijital teknolojileri aktif olarak kullananların bakış açılarından faydalanmanın öneminin anlaşılması zorunludur. Yarı yapılandırılmış görüşmelerin kullanılması, Türkiye'de dijital tarım alanında daha fazla araştırma ve geliştirme için değerli veriler toplamak ve anlamlı bilgiler sağlamak için etkili bir araç olarak hizmet etmiştir.

5.1. Araştırmanın Konusu

Endüstri 4.0 hem ulusal hem de uluslararası alanda güncel olan, yeni bir değişim ve dönüşüm sürecini ifade eden bir kavramdır (Özsoylu, 2017). Bu bağlamda Dördüncü Endüstri Devriminin henüz başlangıç aşamasında olduğu ve tam olarak tamamlanmadığı tartışılmaktadır. Bu sürecin önemli gelişim alanları arasında büyük veri, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), robot teknolojileri, 3 boyutlu yazıcılar (3D) vb. yer almaktadır (Dalenogare ve ark., 2018). Endüstri 4.0 tüm sektörlerde büyük etkilere neden olurken tarım sektörüne ilişkin de maliyet düşürücü ve verimlilik geliştiren uygulamalar içermektedir. Yapay zekâ destekli otomasyon süreçleri veya nesnelerin interneti özellikli sistemler gibi yeni gelişen teknolojilerden yararlanmak sektörde birçok fırsatı beraberinde getirmektedir (Sony ve Naik, 2020).

Teknoloji her alanda yaşam kalitesini arttırmaya hizmet ederken bazı zorluklara ya da sosyal problemlere de yol açabilmektedir. Bu nedenle devletler, teknolojik dönüşüme uygun politikalar oluşturarak vatandaşlarını korumak konusunda tedbirler almalıdır. Devletler ile hareket eden vatandaşların teknolojik çağa uyum sağlaması gittikçe daha kritik hale gelmektedir (Santos ve Martinho, 2020).

Bu araştırma, Dördüncü Endüstri Devrimi'nin etkisiyle oluşan dijital dönüşüm ve bunun tarım sektörlerinde yarattığı mevcut durumu incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında Tarım 4.0 kapsamında yürütülen faaliyetler

tanımlanırken, ortaya çıkan avantaj ve dezavantajlar da tanımlanarak tarım üreticilerine yönelik öneriler geliştirilmiştir.

5.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Dördüncü Endüstri Devrimi, tüm mal ve hizmet üretimi alanları ile ekonomi ve toplumsal yaşamda yer alan sorunlara yenilikçi teknolojilerle çözümler geliştirilmesi beklenen bir dönemdir. Devrimin, her alana yansımaları önemli olmak ile yaşamın sürdürülebilirliği açısından kritik önemde olan tarım sektörüne yönelik değişim ve dönüşümün anlaşılması da önemli bir gerekliliktir (Liu ve ark., 2020).

Dünya genelinde pek çok sektörde dijital dönüşümün istihdamda düşüş sağlayacağı öngörüldürken, tarım sektöründe bir istihdam artışı gerektirebileceği öne sürülmektedir. Bununla birlikte, bu artışın yüksek beceri ve yetenekli işgücüne yönelmesi de beklentiler arasındadır (Trivelli ve ark., 2019). Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de hayata geçirilen Tarım 4.0 kapsamındaki uygulamaların tespiti ve mevcut durumun tanımlanmasıdır. Bunun yanında dijital tarım uygulamalarında karşılaşılan avantaj ve dezavantajların belirlenmesi, avantajların yaygınlaştırılması ve dezavantajlı noktalara yönelik stratejiler geliştirilmesi çalışmanın diğer amaçları arasındadır. Böylelikle sürdürülebilir yaşam için kritik önemde olan tarımsal sürdürülebilirliğe katkı sunulması hedeflenmektedir.

5.3. Araştırmanın Yöntemi

Araştırma kapsamında ilk adım, Tarım 4.0 ile ilgili akademik ve uygulama çalışmalarının incelendiği kapsamlı bir literatür taramasının yapılmasıdır. Görüşme yoluyla elde edilen verilerin analizinin ardından literatür taramasından elde edilen bulgularla karşılaştırma yapılmıştır. Kavramsal çerçevede, çalışma için uygun referanslar seçilerek çalışmanın kapsam geçerliğini arttırmaya yardımcı olacak bir temel sağlanmıştır.

Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ile örnek olay tarama yöntemi kullanılmıştır. Sektöre genel bir bakış sunmak ve örneklemin sektörün ilgili paydaşlarını içermesi amacıyla amaçlı ve kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Dijital tarım alanında faaliyet gösteren özel sektör işletmeleri, devlet kurumları ve çiftçiler ile online ve yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ortalama 30-50 dakika süren görüşmeler katılımcının izni doğrultusunda kayıt altına

alınmıştır. Elde edilen verilerin güvenilirliğinin sağlanması amacıyla ses kayıtları yazılı metinlere dönüştürüldükten sonra katılımcılara gönderilerek onayları alınmıştır.

Görüşmelerin sonucunda elde edilen veriler, betimsel içerik analizi ve anlamların çözümlenmesi metotlarıyla şifrelenerek bölümlere ayrılmış ve yorumlanmıştır. Ortaya çıkan verilerin endüksiyon tekniği ile literatürle bağlantılı olarak analizi yapılmıştır.

5.4. Araştırma Deseni

Creswell (2017) nitel araştırmalara, bilimsel ve akademik alanda kullanılan yeni bir yaklaşım olarak dikkat çekmiş ve nitel araştırmanın, nicel verilerden farklı olarak insanın doğasını keşfetmeyi amaçlayarak çok boyutlu analizler ve anlatımlar ortaya çıkardığını belirtmiştir. Creswell'in bu yaklaşımında da vurgulanan nitel araştırmanın en büyük avantajı mevcut bilgilere farklı bir perspektiften bakmayı sağlamasıdır. Elde edilen veriler doğrultusunda yeni teknolojik dönüşüm, işgücü becerilerini önemli ölçüde değiştirecektir.

Dijital dönüşüm araçları, verimlilik ve kaliteyi arttırmak amacıyla hayatın giderek daha fazla alanında kullanılmaya başlanışken, bu durumun tarım sektörüne yansımalarının tanımlanmasında da “insana dayanan bilgi edinme yaklaşımıyla mevcut durumu inceleme ve analiz etme imkânı sağlayan (Creswell, 2017)” nitel araştırma uygun bir yöntemdir. Çünkü tarımsal verimliliği geliştirmek için kullanılan yenilikçi teknolojilerin (Kovács ve Husti, 2018) tüm paydaşların deneyim ve görüşleri doğrultusunda tanımlanması ve geleceğe ilişkin öngörülerin sunulması yaşamın sürdürülebilirliği için kritik önemdedir.

Bu çalışmada, nitel araştırmalar için kullanılan bir tasvir olan “durum” temeli esas alınmaktadır. Bu yaklaşımda, belirli bir duruma odaklanıp farklı kaynaklar taranarak toplanan verilerden ve görüşme tekniklerinden elde edilen verilerden istifade edilmektedir (Creswell, 2017). Araştırmada, detaylara inme ve farklı verilerin bir araya getirilmesini sağlayarak sonuçların geçerliliğini arttırmak amacıyla “durum” çalışmalarının alt başlıklarından biri olarak kabul edilen “çoklu durum analizi” tekniği tercih edilmiştir. Böylelikle, daha anlaşılır sonuçlar çıkarabilmek için yeterli bilgi edinilmesi sağlanmıştır (Chmiliar, 2010).

Araştırmada yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak, literatürde yer alan bilgiler ile görüşmelerden elde edilen veriler arasında karşılaştırma yapmak mümkün hale getirilmiştir. Literatür taraması, mülakat ve belge incelemesi, analiz ve

değerlendirme gibi çeşitli metodolojik yaklaşımlar kullanarak oluşturulan araştırma deseni ile elde edilen verilerin geçerliliğinin ve güvenilirliğinin artırılması hedeflenmiştir.

5.5. Katılımcıların Belirlenmesi

Bir görüşmenin başarılı bir şekilde sonuçlanması için açık ve net bir konu, kolay anlaşılabilir araştırma soruları ve konu hakkında bilgi sahibi olan katılımcılara ihtiyaç vardır (Glesne, 2012). Araştırmacı, doğru durum seçimini yapmak için konuyu anlamaya ve araştırmaya odaklanmalıdır. Bunun sayesinde farklı çözümleri keşfedebilir ve sorulara daha doğru bir şekilde cevap verebilir. Bu nedenle, konunun araştırma süreci çok önemlidir (Merriam ve Bierema, 2013). Bu doğrultuda çalışmada araştırma konusuyla ilgili soruların yanıtları doğru bir biçimde alabilmek için örneklem ve katılımcılar titizlikle seçilmiştir.

Görüşmenin amacına ulaşılabilmesi için, örneklemin doğru tanımlanması ve katılımcıların niteliklerinin doğru belirlenmesi son derece önem taşımaktadır. Bu çalışmada katılımcılar tarım alanında özel şirketler, devlet kurumları ve anahtar kişileri vasıtasıyla Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden tarımda Endüstri 4.0 teknolojilerini etkin bir şekilde kullanan çiftçiler olarak belirlenmiştir. Seçilen bu çiftçiler çok çeşitli bireyleri temsil etmekte olup, tarım sektöründe ileri teknolojilerin kullanımının yaygın bir şekilde benimsenmesini ve başarısını göstermektedir.

5.6. Araştırmanın Kısıtları

Araştırmanın en önemli kısıtı, işletmelere ve çiftçilere ulaşmanın zorluğudur. Görüşme talep edilen çok sayıda çiftçinin Endüstri 4.0 konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığını belirterek görüşmeyi reddetmesi, özel sektör işletmeleri yetkililerine ulaşmakta yaşanan zorluklar araştırma süresinin uzamasına neden olmuştur. Dolayısıyla bu çalışmanın en önemli kısıtı diğer nitel araştırmalarda da olduğu gibi görüşmecilerin bilgi seviyesi ölçüsünde veriye ulaşılabilmiş olmasıdır.

5.7. Araştırma Soruları

Görüşme sorularının oluşturulmasında Balcı (2022)'nin '*Endüstri 4.0 Emeğin Niteliğini Nasıl Değiştirmektedir: Türkiye'de Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Uygulandığı İşletmelerde Nitel Bir Araştırma*' adlı doktora tezi çalışmasından ve Yılmaz ve

Arslantaş (2022)'in “İşletmelerde Endüstri 4.0 Farkındalığı ve İşgücü Üzerindeki Etkileri: Yönetici Görüşleri Üzerine Çoklu Örnek Olay Çalışması” araştırma makalesinden ve literatürde konu kapsamında yer alan farklı çalışmalardan faydalanılmıştır. Görüşmecilere aşağıda belirtilen sorular sorulmuştur:

- Endüstri 4.0 kavramı sizin için ne ifade etmektedir?
- Tarım sektöründe yürütülen faaliyetlerde hangi Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır? Bu teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler nelerdir?
- Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini nasıl değiştirmektedir?
- Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda hangi işgücü becerilerini gerektirmektedir? Tarım sektörü çalışanlarında nasıl bir değişim ön görmektesiniz?
- Sizce tarım sektörü ortakları (tarım alanında üretim yapan işletmeler, çiftçiler, hizmet sağlayıcılar, kamu kurumları vb.) Endüstri 4.0’ın ortaya çıkardığı dijital dönüşüme hazır mı?
- Sizce tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar/güçlükler nelerdir?

5.8. Veri Toplama Süreci

Araştırma kapsamında Türkiye'deki tarım sektörünün paydaşları olan özel sektör işletmeleri yetkilileri, devlet kurumu yetkilileri ve çiftçilerden oluşan, toplamda 10 katılımcı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşülen bu yetkililerin arasında; kurumsal ve operasyonel deneyimleri olan profesyonellerden sektör uzmanlarına ve alanında deneyimli çiftçilere kadar geniş bir yelpazede temsilci bulunmaktadır. Araştırmanın sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için araştırmacı tarafından yapılan görüşmelerin sonuçlarının doygunluğu önemli bir faktördür. Görüşmeler doğrultusunda elde edilen verilerin kendini tekrar etmeye başladığı zaman olan “doyum noktası” görüşmeler devam ederken belirlenmiştir (Patton, 2014).

Nitel araştırmalarında doyum noktası, araştırmacının elde ettiği veri miktarının yeterli olduğu ve araştırma sorularını veya hipotezleri yanıtlamak için yeterli veriye sahip olduğu noktayı ifade eder. Bu nokta, araştırmacının veri toplama sürecini sonlandırması gerektiği ve analiz aşamasına geçmesi gerektiği zamanı belirler. Doyum noktası, araştırmacının hedeflerine ve sorularına ulaşmak için yeterli veriye sahip

olduğu zamanı belirlerken, aynı zamanda araştırmanın zaman ve kaynaklarını etkili bir şekilde yönetmek için de önemlidir (Saunders ve ark., 2018). Doyum noktasını belirlemek için bazı bilimsel yaklaşımlar kullanılmaktadır.

- Teorik doğruluk: Araştırmacılar, araştırma sorularını yanıtlamak için yeterli veriye sahip olduklarında, teorik olarak doyum noktasına ulaşmış olurlar. Bu nedenle, araştırmacılar, teorik doğruluk ile araştırma amacı arasında bir denge kurmak zorundadır. Bu denge hem araştırmanın güvenilirliğini sağlamak hem de teorik temellere dayalı sonuçlar elde etmek için önemlidir.
- Veri toplama süreci: Yeterli veri toplama, araştırma sorularının ve hipotezleri destekleyecek güçlü bir temel oluşturmaya yardımcı olur ve sonuçların güvenilirliğini artırır. Yeterli veri toplama, araştırmacıların doyum noktasına ulaşmasını sağlayarak, araştırmanın başarısını ve sonuçlarının kalitesini artırır.
- Görüşme ve geri bildirim: Bu süreçte, araştırmacılar, danışmanlar veya konuyla ilgili uzmanlarla yapılan görüşmeler ve geri bildirimler, doyum noktasının belirlenmesinde büyük bir rol oynamaktadır. Bu uzmanların, elde edilen verilerin yeterli olduğunu düşünüp düşünmediklerini değerlendirmek, araştırmacıların çalışmalarını daha sağlam bir zemine oturtmalarına yardımcı olmaktadır (Nascimento ve ark., 2018).
- Kategori doyma: Niteliksel araştırmalarda veri toplama sürecindeki tekrarlanan kavram ve temaların belirlenmesinin önemini vurgular. Bu süreçte, araştırmacıların kavramsal doyum noktasına ulaşması, yani veri toplama sürecindeki kategorilerin zenginleştirilmesi veya değiştirilmesinin artık gerekli olmadığı anlamına gelir. Bu noktada, araştırmacılar toplanan verileri analiz ederek, kategorilerin tam olarak tanımlanmasını ve anlaşılmasını sağlar.
- Veri toplama süreci: Bu aşamada, araştırma sorularının ve hipotezlerin doğruluğunun değerlendirilmesi ve doyum noktasının belirlenmesi, elde edilen verilerin doğru bir şekilde yorumlanmasını sağlar. Analiz ve yorumlama aşaması, araştırmacıların elde ettikleri verileri anlamlandırmalarına ve sonuçlara ulaşmalarına yardımcı olur (Sebele, 2020).

Yapılan literatür araştırmaları, araştırmacıların doyum noktalarını belirlemelerine yardımcı olabilecek farklı yaklaşımların bulunduğunu göstermektedir. Her araştırma kendi özel koşullarına göre farklılık gösterdiği için, bu yaklaşımların her araştırmada aynı sonuçları vermesi beklenemez (Walker, 2018). Bu araştırmada, verinin

kendini tekrar etmeye başlaması, araştırmanın ilk sınırlandırma adımı olarak kabul edilmiş ve bu ölçüte göre gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, veri analizlerinde daha isabetli sonuçlar elde edilebilmesi için temel bir zemin sağlanmış ve doğru yorumlara ulaşabilmek için gerekli altyapıyı oluşturulmuştur.

Kişilerin belirlenmesi aşamasında, detaylı bir şekilde araştırma yapılarak örneklem listesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu listedeki yer alan işletmeler, kurumlar ve şahışlar ile e-posta, telefon veya anahtar kişiler vasıtasıyla iletişim kurulmuştur. Katılımcılar ile yapılan ön görüşmelerde araştırma konusu hakkında bilgi verilip, uygun bir ortamda gerçekleşebilecek efektif toplantılar tasarlanmıştır.

Görüşmeler esnasında özellikle özel işletme katılımcıları tarafından görüşmelerin ertelenmesi veya iptali gibi olumsuzluklar ile karşılaşılmıştır. Görüşmeyi kabul eden katılımcıların bazılarıyla Zoom ve Microsoft Teams aracılığı ile görüşmeler yapılmış olup, diğerleriyle yüz yüze görüşme imkânı sağlanmıştır. Sorulara verilen cevapların tekrarlamasına bağlı olarak bilgi toplama sürecindeki araştırmanın onuncu katılımcı ile sonlandırılmasına karar verilmiştir.

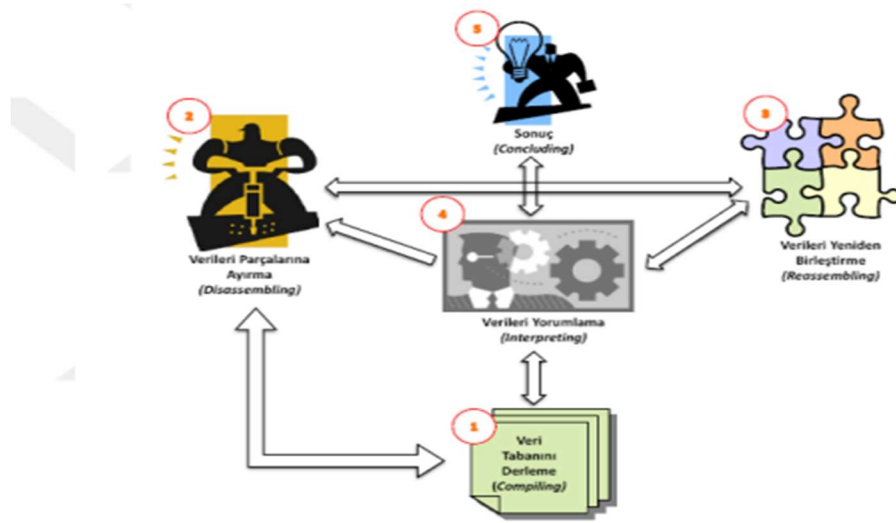
1 Ekim 2023 tarihinde başlanan veri toplama süreci, 01 şubat 2024 tarihinde sonlandırılmıştır. 16 firma yetkilisinden görüşme onayı alınmış olmasına rağmen dönemsel koşullar sebebiyle 10 katılımcı ile görüşme gerçekleştirilmiştir. Her bir görüşmede ortalama 30-50 dakika arasında sürmüş olup tamamlanan görüşmelerden kapsamlı bilgiler elde edilmiştir.

Tarımda dijital damla sulama sistemi kurulumu faaliyeti yürüten işletmede üst düzey yönetici olarak görev yapan *katılımcı A* ile 43 dakika 15 saniyelik bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Dijital tarım faaliyetleri, arama kurtarma çalışmaları, tarımsal üretimi desteklemek için kullanılan güneş panelli tarlalar ve güvenlik alanlarında faaliyette bulunan işletmede, biyosistem mühendisi olarak çalışan *katılımcı B* ile 47 dakika 43 saniyelik bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Zira ilaçlama faaliyeti yürüten işletmede dron pilotu olarak çalışan *katılımcı C* ile 32 dakika 24 saniye ve firma yetkilisi olarak çalışan *katılımcı D* ile 42 dakika 10 saniye görüşme gerçekleştirilmiştir. Tarım alanında faaliyet gösteren devlet kurumlarında çalışan, alanında uzman kişilerden *katılımcı E* ile 48 dakika 5 saniye, katılımcı ile 34 dakika 47 saniye, *katılımcı G* ile 50 dakika 5 saniye, *katılımcı H* ile 39 dakika 52 saniye görüşme yapılmıştır. Tarımda dijital teknolojileri kullanan çiftçiler ile yapılan görüşmelerden *katılımcı I* ile yapılan görüşme 40 dakika 32 saniye, *katılımcı İ* ile yapılan görüşme 39 dakika 13 saniye sürmüştür.

5.9. Veri Analiz Süreci

Nitel araştırmalarda veri analiz süreci, saha çalışmasında, katılımcılar ile yapılan görüşmelerde duygu, düşünce ve fikirlerden oluşan nitel verilerin elde edilmesiyle başlar. Veri incelenirken, objektif bir yaklaşım sergilemek doğru sonuca ulaşabilmek için kritik önemdedir (Patton, 2014). Nitel analiz programlarının, aynı özelliklere sahip olduğu ve bilimsel veri analizinde kullanıldığı literatürde vurgulanmaktadır.

Şekil 5.1.'de yer verilen, Yin (2011) tarafından geliştirilen ve Kurnaz (2016) tarafından Türkçe 'ye çevrilen, verilerin toplanması ve değeriendirilmesini içeren nitel analiz döngüsü bu çalışmada esas alınmıştır.



Şekil 5.1.: Nitel Analiz Döngüsü (Yin, 2011, Kurnaz, 2016)

Nitel analiz döngüsü veri tabanı oluşturmak ile başlar. Verilerin elde edilmesi, kodlanması ve parçalanması ilk adımlardandır. Kodlanarak parçalara ayrılan veriler tekrar birleştirilerek yorumlama ve sonuç aşamasına gelinmektedir. İkinci adımda ise veriler üzerinden gerekli tespitler yapılarak, anlamsal farklılıklar belirlenip bu durum rapora aktarılmaktadır. Son olarak çoklu değerieler arasındaki ilişkiler tespit edilerek, bunun uygulamaya geçmesine yardımcı olacak şekilde analizler rapora aktarılmaktadır (Kurnaz, 2016).

Bu araştırmada verilerin özümlenmesinde MAXQDA programı kullanılmıştır. MAXQDA programı, kullanıcıların araştırma ve analiz süreçlerini kolaylaştırmak için tasarlanmış bir yazılımdır. Bu program, kullanıcıların Türkçe dil seçeneğine sahip olması sayesinde kaynakları daha kolay bir şekilde analiz etmelerine olanak tanır.

Ayrıca, ses dosyalarını yazıya dönüştürebilme özelliği ve basit bir arayüzü olması nedeniyle araştırmacılar ve analistler tarafından tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, literatür araştırması doğrultusunda görüşme sorularının hazırlanmasının arkasından, görüşmelere geçilmiştir. Görüşmeler esnasında ses kaydı alınmış, sonrasında ses kayıtları MAXQDA nitel veri analiz programına aktararak yazılı metne dönüştürülmüştür. Tüm verilerin toplanması ve yazılı metinlere dönüştürülmesi tamamlandıktan sonra, analiz sürecine başlanmıştır. Nitel çalışmalarda kodlama, araştırmacılar tarafından en önemli aşama olarak kabul edilmekte olup verilerin doğru anlaşılması ve yorumlanması için kritiktir (Glesne, 2012: 140). Verilerin çözümlenmesi sürecinde, ilk olarak araştırmacı tarafından literatür taraması dahilinde bir ana kod belirlenmiştir. Bu ana kod, katılımcılardan alınan uzun cevapların sadeleştirilmiş öz halini ifade eden alt kodlar ile desteklenmiştir. Her katılımcının verdiği cevap, en yakın cevap kodunun içine yerleştirilmiştir. Alt kodların yanında yer alan sayısal ifadeler o soruya verilen cevapların frekansını belirtmiştir. Veriler daha önce belirlenmiş olan kriterler doğrultusunda incelenerek, sonuçlar elde edilmiştir.

Son olarak kodlamaların sonucunda elde edilen görsellerin sunumu gerçekleştirilmiştir. Analizlerde; kelime bulut analiz modeli, kod teori analiz modeli, matris tarayıcısı analiz modeli, alt kodların istatistiği analiz modeli, kod birlikte oluşturma analiz modeli, hiyerarşik kod-alt analiz modeli, kod-alt kod-bölmeler analiz modelinin yanı sıra ilişkili haritaları modellemeleri kullanılmıştır. Bu modeller arasındaki farklı yaklaşımlar sayesinde veriler daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.

5.10. Araştırmanın Bulguları

Saha çalışması sonucunda elde edilen veriler, teknik analiz yöntemleri ve istatistiksel modeller kullanılarak incelenmiş ve raporlanmıştır. Veriler tümevarımsal kodlama yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu, durum desenli araştırmalarda nesnel bir analizin yapılabilmesini ve araştırmacın sadece belirli deneyimlerden değil, çoklu kaynaklar aracılığı ile oluşturulan anlamdan da hareket etmesini sağlamaktadır. Tümevarımsal kodlamayla elde edilen sonuçlar objektif olup görsel ve derinlikli bilgi sunmakta olup istenen; herhangi bir temel sebep ya da teorik yaklaşım içerisinde, ortaya çok farklı algılar çıkarmaktan kaçınmak suretiyle rastgele olmayan, amaca uygun bilgiye erişmektir.

5.11. Katılımcılara İlişkin Bilgiler

Görüşmeler, Ekim 2023 ile Şubat 2024 tarihleri arasında Türkiye'de tarım sektöründe faaliyet gösteren alanında uzman özel işletmelerde çalışan, devlet kurumu personeli ve üretimde Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan çiftçiler ile gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.1.'de katılımcılara ait, demografik bilgilere yer verilmiştir.

KATILIMCI	CİNSİYET	YAŞ	EĞİTİM DURUMU	MESLEK	ÇALIŞTIĞI KURUM	ŞEHİR
A	ERKEK	40	LİSANS	ÜST DÜZEY YÖNETİCİ	ÖZEL SEKTÖR	KONYA
B	KADIN	28	LİSANS	BİYOSİSTEM MÜHENDİSİ	ÖZEL SEKTÖR	İSTANBUL
C	ERKEK	40	LİSANS	İHA PİLOTU	ÖZEL SEKTÖR	ADANA
D	ERKEK	33	LİSANS	İHA PİLOTU	ÖZEL SEKTÖR	ŞANLIURFA
E	ERKEK	39	YUKSEK LİSANS	ZİRAAT MÜHENDİSİ	KAMU	DİYARBAKIR
F	KADIN	41	LİSANS	BİYOLOG	KAMU	DİYARBAKIR
G	ERKEK	35	LİSANS	ZİRAAT MÜHENDİSİ	KAMU	ŞANLIURFA
H	KADIN	37	YUKSEK LİSANS	ZİRAAT MÜHENDİSİ	KAMU	ESKİŞEHİR
I	ERKEK	58	LİSANS	EMEKLİ ÖĞRETMEN	ÇİFTÇİ	ESKİŞEHİR
İ	ERKEK	56	LİSANS	ZİRAAT MÜHENDİSİ	ÇİFTÇİ	ANKARA

Tablo 5.1.: Katılımcılara ait bilgiler

Görüşmeler tarım alanında faaliyet gösteren özel sektör ve kamu da çalışan yetkin personeller ve çiftçiler ile gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerin amacı, tarım sektöründe yaşanan sorunları ve çözüm önerilerini belirlemektir. Görüşmelerde yer alan 7 erkek ve 3 kadın görüşmecinin yaş aralığı 33 ila 56 arasındadır. Görüşmeciler, Diyarbakır, Adana, Şanlıurfa, Eskişehir, Konya ve Ankara illerinde ikamet etmektedir. Bu da görüşmelerin farklı bölgelerden katılımcılarla gerçekleştirildiğini göstermektedir. Görüşmecilerin eğitim seviyeleri ise lisans ve lisansüstü düzeyindedir, bu da tarım sektöründe çalışanların yüksek eğitim seviyesine sahip olduğunu göstermektedir.

Katılımcı A çalıştığı işletmenin çalışma alanını ve kendi görevini şöyle tanımlamıştır:

“Şirketimiz tarım sektöründe faaliyet gösteren büyük ölçekli bir işletmedir. Ben de bu şirkette üst düzey yönetici olarak görev alıyorum. Tarımdaki ticari sistemlerin analiz edilmesi, işletmemizin ortaya koyduğu hedeflerin gerçekleştirilmesine yardımcı olacak stratejiler geliştirilmesi ve raporlamalar yapılması ile ilgili çalışmalar yürütmekteyim.”

Katılımcı B çalıştığı işletmeyi ve kendi görevini şu şekilde tanımlamıştır:

“İnsansız hava araçları imalatı yapan, büyük ölçekli, uluslararası bir işletmede çalışmaktayım. İşletmemizde yenilikçi teknolojiler kapsamında çalışmalar yürütülmektedir. Biyosistem mühendisi olarak burada çalışmaktan onur duyuyorum ve insansız hava araçlarının tasarımı konusunda çalışmalar yürütüyorum.”

Katılımcı C'nin çalıştığı işletmeye ve kendi görevine ilişkin tanımlamaları şu şekildedir:

“Ben, Ziraat mühendisiyim ve çalıştığım işletmede drone pilotu olarak çalışmaktayım. Dronlar ile tarla analizleri ve bitkilerdeki hastalık tespiti yaparak tarla sahiplerine verimli ürün yetiştirme konusunda hizmet sunmaktayız. Drone teknolojisinde uzman bir ekip olarak çiftçilerin ihtiyaçları doğrultusunda profesyonel çözümler geliştirmek için projeler üretiyoruz.”

Katılımcı D çalıştığı işletmeyi ve kendi görevini şu şekilde tanımlamıştır:

“Elektronik mühendisiyim ve hava aracı teknolojileri alanında faaliyet yürüten bir işletmede drone pilotu olarak çalışmaktayım. Havadan görüntüleme hizmetleri haricinde drone ile havadan ilaçlama konusunda da çalışmalar gerçekleştirmekteyiz. İlaçlama yapılacak bölge, ortak projeler yürüttüğümüz ziraat mühendisleri tarafından incelendikten sonra, doğru zamanda en sağlıklı ilaçlama işlemi için drone pilotları çalışırlar. Drone ile ilaçlama manuel ilaçlamadan 40 kat daha hızlı olup daha verimli sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede insan gücü kaybı olmadan hedeflenen bitki hastalığına yakalanmış bölgeleri doğru zamanda doğru miktarda ilaçlama yapılarak tedavi sağlanmaktadır.”

Kamu kurumunda çalışan katılımcı E'nin çalışma alanı ve kendi görevine ilişkin tanımlamaları şu şekildedir:

“Ben, bu kurumda yüksek ziraat mühendisi olarak görev yapmaktayım. Kurumumuzun amacı tarımda uluslararası nitelikte araştırma ve eğitim faaliyetleri yürüterek, tarımsal üreticilerin yaşam standartlarını ve refah düzeylerini artırmaya

katkı sunarak, bölgesel gelişmişlik farklılıklarının giderilmesini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda tarladaki ürünlerde yeterli verim alınmaması durumunda yeni teknolojilere dayanarak toprak bilgisine sahip insan kaynağı ile mevcut ürünlerde verimi artırmak için çalışmalar yürütülmektedir. Bunun yanında biyo-teknolojiye dayanan modern yaklaşımlarla bitki hastalıklarıyla mücadele çalışmaları gerçekleştirilmekteyiz.”

Kamu kurumunda çalışan katılımcı F'nin çalışma alanı ve kendi görevine ilişkin tanımlamaları şu şekildedir:

“Ziraat mühendisi olarak, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin tarımsal Ar-Ge projelerinde, doğal kaynakları daha etkin, eşitlikçi ve korunmuş bir şekilde kullanma amacı güden kamu kurumunda çalışmaktayım. Kurumumuz ayrıca, araştırma ve iş birliği projeleri ile tarımsal üretimi artırma amacıyla güncel teknolojilerin üretilmesine, transfer edilmesine ve kapasite geliştirilmesine de destek sağlamaktadır. Yürütmekte olduğumuz çalışmalar ile küresel ısınmanın etkilerini azaltma yönünde diğer bölge ülkelerine örnek olabilmeyi hedeflemekteyiz.”

Kamu kurumunda çalışan katılımcı G'nin çalışma alanı ve kendi görevine ilişkin tanımlamaları şu şekildedir:

“Ben, bu kurumda mikrobiyoloji laboratuvarında çalışmaktayım. Kurumun amacı, bölgemizden gelen talepler doğrultusunda tarımsal araştırma projelerini özel sektör destekli diğer kamu kuruluşları ile iş birliği halinde yürütmek ve sonuçlarını üreticilerimize sunmak; sürdürülebilir, ekonomik ve bol verimli bitki türlerinin yetişmesine yardımcı olacak teknolojiler geliştirmektir. Bununla beraber sahip olduğumuz bilgi birikimi ile tarım alanında Ar-Ge hizmeti sunmayı hedeflemekteyiz.”

Kamu kurumunda çalışan katılımcı H'nin çalışma alanı ve kendi görevine ilişkin tanımlamaları şu şekildedir:

“Yüksek ziraat mühendisi olarak, kurumumun moleküler biyoteknoloji ve geleneksel ıslah yöntemlerini kullanarak yüksek kaliteli çeşitler geliştirme, üreticiler için tohum üretme, bitki yetiştirme tekniklerini çağdaşlaştırma ve hastalık ve zararlılara karşı dirençli çeşitlilik geliştirme ve ekolojik kontrol yöntemlerini araştırma hedeflerine ulaşmasına yardımcı olmaya kendimi adadım. Ek olarak, ekibimiz, minimum çevresel etkiye sahip en ekonomik enerji kaynaklarını belirlerken, yerli yenilenebilir tarım kaynaklarından enerji üretimi araştırmalarına öncülük etmeyi taahhüt etmektedir. Son olarak, araştırma girişimlerinin yanı sıra evrensel bilgi ve teknoloji üretebilen ve

geliştirebilen araştırmacıları eğiterek toprak ve su kaynaklarını koruma hedefi gütmekteyiz.”

Görüşmecilerimizden katılımcı I çiftçi olarak çalışmakta kendini şu şekilde tanımlamaktadır:

“Eskişehir bölgesinde yaklaşık 40 yıldan beri bitkisel üretimle uğraşmaktayım. Bu süreçte buğday, mercimek ve domates gibi ürünlerin üretimiyle ilgili değişen ihtiyaçlar doğrultusunda faaliyetlerimi sürdürmekteyim. Asıl mesleğim ise sınıf öğretmenliği olmak ile birlikte bitki yetiştirmenin verdiği keyif ile Eskişehir’de tarım yapmaktan memnuniyet duyuyorum.”

Görüşmecilerimizden katılımcı İ çiftçi olarak çalışmakta kendini şu şekilde tanımlamaktadır:

“Ben yaklaşık 300 dönüm arazide ürün yetiştiren bir ziraat mühendisi olarak, buğday, arpa, fasulye ve nohut ekiyorum. Tarımda insan gücü her zaman önemlidir ancak gerektiğinde teknolojinin getirdiği kolaylıklar da bizim için oldukça yararlıdır. Güncel şartlar altında uygun şekilde çalışacak insan kaynağına ulaşmak gerçekten çok zor. Bu nedenle tarla işlerimi modern teknolojiyi takip ederek ve kullanarak yönetmek için çalışmalar yürütmekteyim.”

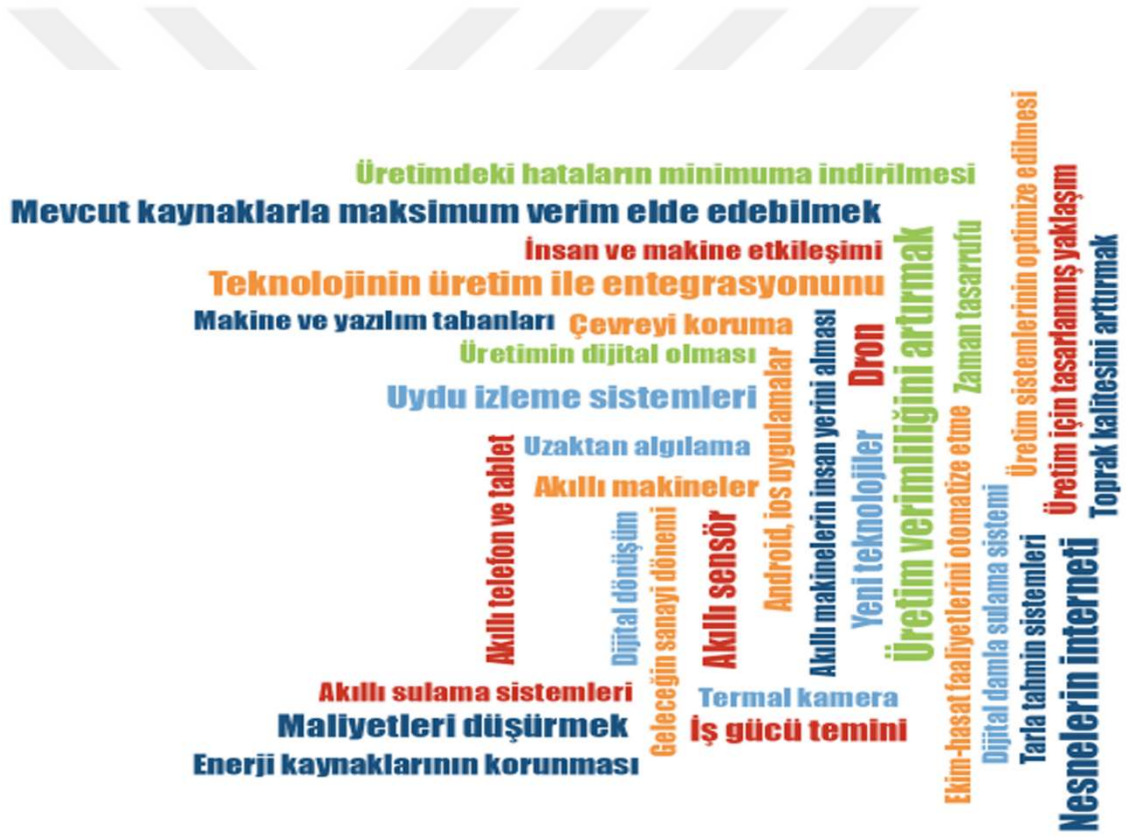
6. VERİLERİN ANALİZİ VE BULGULAR

6.1. Türkiye’de Tarım 4.0’da Mevcut Duruma İlişkin Bilimsel Sonuçlar

Endüstri 4.0’ın tarım sektöründeki uygulamalarını tanımlamak amacıyla kullanılan Tarım 4.0, tarımda birçok iyileştirme potansiyeli olan geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu bölümde araştırma kapsamında görüşmecilerden elde edilen verilerin analizi doğrultusunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

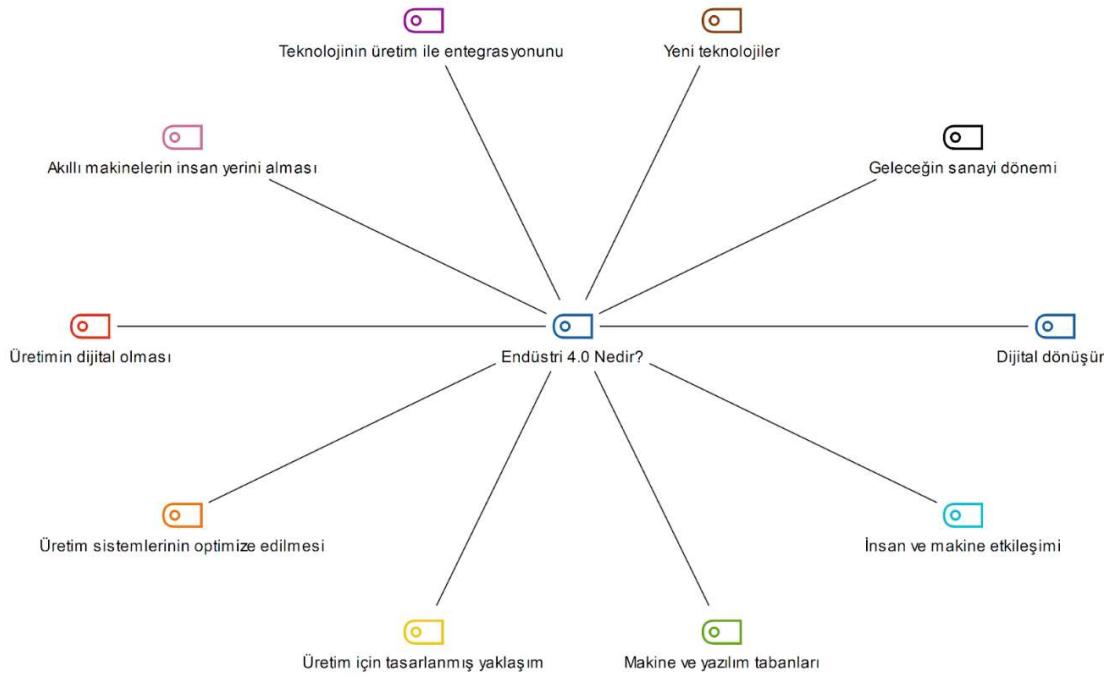
6.1.1. Endüstri 4.0 tanımı

Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen ‘‘Endüstri 4.0 kavramı sizin için ne ifade etmektedir?’’ sorusuna ilişkin bilimsel sonuçlar aşağıdaki gibidir;



Şekil 6.1.: Endüstri 4.0 nedir? Kelime bulutu analiz modeli

Şekil 6.1’de yer alan, görüşmecilerin "Endüstri 4.0 sizin için ne ifade etmektedir?" sorusuna verdikleri kelime bulutu yanıtlarından da anlaşılacağı üzere, kapsamlı bir bakış mevcut olup, kavram mümkün olan en yeni teknolojileri ve endüstrilerde gelecekteki gelişmeyi temsil etmektedir.



Şekil 6.2: Endüstri 4.0 nedir? Kod teori analiz modeli

Şekil 6.2.'de, katılımcılara yönlendirilen “Endüstri 4.0 nedir?” sorusuna karşılık alınan yanıtların kod teori analiz modeli kullanılarak elde edilen sonucu yer almaktadır. Katılımcılar, Endüstri 4.0 tanımına ilişkin şu ifadeleri kullanmışlardır:

“Endüstri 4.0, teknolojinin üretim süreçlerine entegrasyonunu ifade etmektedir. Bu kavram, çevreye duyarlı ve verimli bir şekilde tasarlanmış robotlar gibi gelişmiş teknolojiyi içerirken, makineler arasında aktarılan bilgiye dayalı olarak otomatikleştirilmiş sistemleri de beraberinde getirmektedir. Endüstri 4.0 sayesinde, işletmeler artan maliyet avantajı ile daha yüksek nitelikli ürünler sunabilme imkanlara sahip olacaklardır.” (KATILIMCI A)

“Endüstri 4.0, üretimin dijital olması, yani üreticilerin kaliteyi artırarak daha verimli ve etkili bir şekilde ürünlerini geliştirmelerine olanak sağlaması anlamına gelmektedir. Dijital teknolojiler sayesinde, herhangi bir fiziksel alanda mevcut olan süreçleri entegre ederek işlem maliyetini azaltabilir ve zaman tasarrufu sağlayabilirsiniz. Bu da işletmeler için daha yüksek miktarda karlılık demektir. Ayrıca, dijital teknolojilerde gelişmeler sayesinde endüstride personel ihtiyacının azalması ve maliyet avantajı elde edilmesi sağlanabilecektir.” (KATILIMCI B)

“Endüstri 4.0 kavramı, teknolojinin üretim süreçlerinde ve işletme yönetimindeki son gelişmelerle bir araya geldiğini ifade etmektedir. Bu yaklaşım,

artan veriyi toplamak ve değerlendirmek amacıyla akıllı makineleri entegre ederek girilen bir dizi yenilikçiliğe dayanmaktadır. Endüstri 4.0 ile, çevrimiçi olarak tasarlanan makineyle beraber end-to-end otomasyonunu destekleyen hibrit sistemler ortaya çıkmıştır, bu durum işletmeler açısından avantajlar doğurmuştur.” (KATILIMCI C)

“Endüstri 4.0 kavramı, üretim süreçlerinde teknolojinin etkisinin artmasını ve bu teknolojileri kullanarak verimliliği artırmaya yönelik stratejiler geliştirilmesini ifade etmektedir. Endüstri 4.0'un temel amaçları; işletmelerde otomasyonu ve verilere dayalı analizlerle desteklenen esnek üretimi desteklemek, maliyetleri azaltmak ve maksimum performans sağlamaya yardımcı olmaktır.” (KATILIMCI D)

“Endüstri 4.0 kavramı, üretim ve işlemlerin gelişmiş teknolojiler aracılığıyla otomatikleştirilmesini ifade eden, çalışanlar ve makineler arasındaki etkileşimin artmasına katkı sunan bir sistemdir. Endüstri 4.0 ile aynı zamanda farklı sistemlerin entegrasyonu da sağlanmakta olup bu sayede bilgiye daha hızlı erişebilmek mümkün olup çalışma esnekliği gelişmektedir.” (KATILIMCI E)

“Endüstri 4.0, üretim alanındaki teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkan yeni bir yaklaşım olarak tanımlanabilir. Endüstri 4.0'a göre, fiziksel ve dijital sistemler arasında kurulacak bağlantılar sayesinde makineler bilgisayarlar tarafından otomatik olarak kontrol edilebilecektir.” (KATILIMCI F)

“Endüstri 4.0 kavramı, üretim süreçlerinin verimliliğini ve esnekliğini artırmak için tasarlanan yeni bir yaklaşımdır. Endüstri 4.0 teknolojileri, geleneksel makine ve altyapılar ile entegre edilmiş olan yazılım tabanlardan oluşur. Teknolojiyi kullanan üreticiler düzenli olarak veri toplayıp analiz ederek daha etkin karar verme yeteneğine sahip olurlar.” (KATILIMCI G)

“Endüstri 4.0, üretim süreçlerini daha verimli ve kullanışlı hale getirmek için geliştirilen bir yaklaşımdır. Üretici şirketler, dijital teknolojileri kullanarak etkileşime girebildikleri entegre donanımlar ile çoklu kaynaklar arasında yoğun bağlantılar oluşturabilmektedir. Endüstri 4.0 sayesinde; otomatik tespit edebilme yeteneğine sahip sensör ve cihazlar ile sanal ortamda gerçek zamanlı modellerin uygulamasının mümkün hale getirmesiyle bu alanda devrim niteliğinde yeniliklere imza atılmaktadır.” (KATILIMCI H)

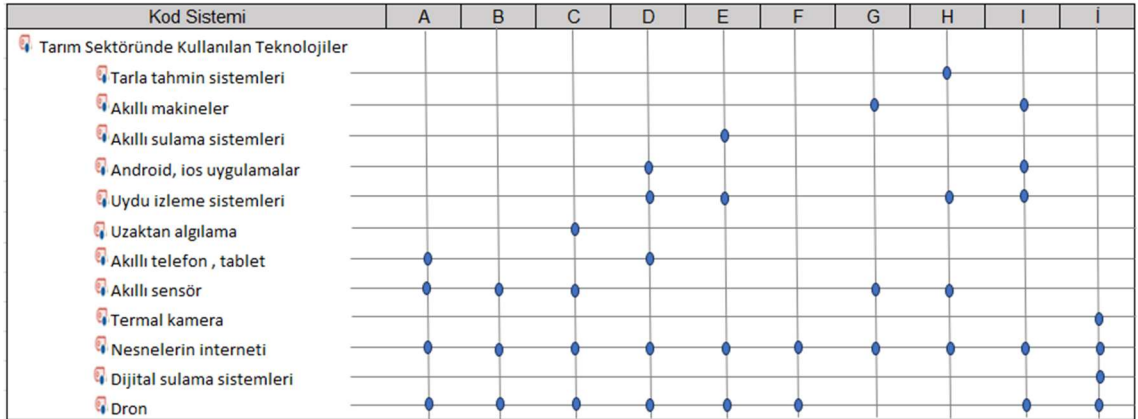
“Endüstri 4.0 kavramı yeni teknolojiler, ilerlemeler ve dijital dönüşüm aracılığıyla endüstrilerde yaşanan değişiklikleri ifade eder. İnsanlar ve makineler arasında etkileşim kurarak, daha yüksek verimlilik ve esneklik hedeflenir.” (KATILIMCI I)

“Endüstri 4.0 kavramı, sanayinin gelecekteki halidir. Yeni teknolojiler ve veri analizleri ile bu yenilikçi yaklaşım üretim süreçlerinde daha fazla esneklik sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. İnsan-makine etkileşimi, robotlarla üretim ve veri yönetimi bu çağın öne çıkan yönleridir. Endüstri 4.0, insana odaklı diğer devrimlerden çok daha farklı olacak.” (KATILIMCI İ)

Analiz sonuçlarına göre, katılımcılar Endüstri 4.0 hakkında yeterli bilgiye sahiptir ve bu durum yeni teknolojilere adaptasyon sürecini hızlandıracak ve geleceğin endüstrisine daha iyi hazırlanmış olacaktır. Katılımcılar tarafından ortaya konulmuş olan Endüstri 4.0 tanıma ile ilgili ifadeler, sektörel gelişmeleri yakalamalarına yardımcı olacak nitelikte bir bakış açısı sunmaktadır. Bu nedenle, yapılan analizlerin sonucunda katılımcıların Endüstri 4.0'a ilişkin yeterli seviyede bilgiye sahip olduklarını tespit etmek mümkündür.

6.1.2. Tarım sektöründe kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri

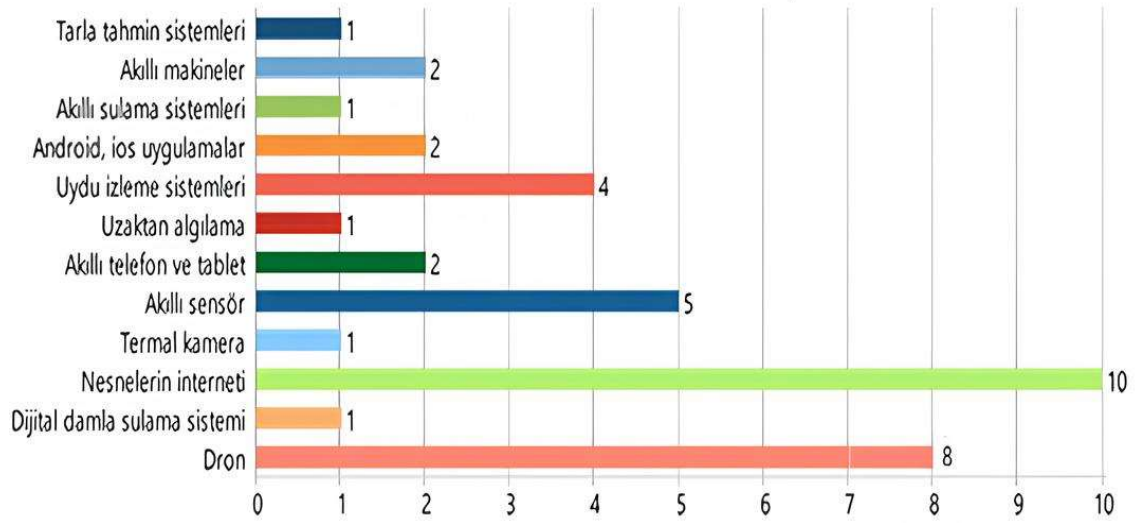
Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen “Tarım sektöründe yürütülen faaliyetlerde hangi Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır?” sorusuna ilişkin bilimsel sonuçlar aşağıdaki sunulmuştur.



Şekil 6.3: Tarım sektöründe kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri kod matris tarayıcısı analiz modeli

Şekil 6.3.’de katılımcıların üretim faaliyetlerinde kullanmakta oldukları Endüstri 4.0 teknolojileri yer almaktadır. Analiz sonucuna göre tarla tahmin sistemleri, akıllı makineler, akıllı sulama sistemleri, Android, iOS uygulamaları, uydu izleme sistemleri, uzaktan algılama, akıllı telefon ve tabletler, akıllı sensörler, termal kamera, nesnelerin interneti, dijital damla sulama sistemleri, drone teknolojileri Türkiye’de tarım alanında

etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Şekil 6.4.'de bu teknolojilerin kaç katılımcı tarafından kullanıldığı yer almaktadır.



Şekil 6.4: Endüstri 4.0 Teknolojilerini sayısını gösteren alt kodların istatistiği analiz modeli

Şekil 6.4.'de tarımsal faaliyetlerde kullanılan teknolojilerin katılımcı bazında analizi yer almaktadır. Görülmekte olduğu gibi katılımcıların tamamı en az bir teknolojiyi kullanmaktadırlar. Katılımcılar tarafından en fazla kullanılan teknolojiler; Nesnelerin İnterneti (IoT), drone ve akıllı sensör teknolojileridir. Bu teknolojiler tarımsal üretimde etkinliği artırmak için tasarlanmış olup gerekli altyapıya sahip olan tarla ve çiftliklerde yoğun biçimde kullanılmaktadır. Katılımcıların belirtilen soruyu yanıtlarken öne çıkan ifadeleri aşağıda yer almaktadır:

“Akıllı telefonlar, tabletler, akıllı sensörler ve dronlar Endüstri 4.0ın tarımda uygulama alanları kapsamında kullanılan ekipmanlardır. Bu teknolojiler sayesinde üreticiler tarım faaliyetlerini verimli bir şekilde gerçekleştirmektedir. Akıllı Tarıma yönelik bu ekipmanların en büyük avantajı; gerekli verilere anında ulaşılabilmesidir. Örneğin; akıllı telefon ve tablet yardımı ile hasat tarihinin erken zamanda tespit edilmesi mümkün hale gelmiştir. Aynı zamanda mevcut bitki durumu hakkında bilgi elde etme imkânı da oluşmaktadır. Sensörlü sistemler aracılığıyla istenen herhangi bir noktadan su basıncına ulaşmak da mümkün olabilir ki bu da toprağın nem oranı hakkında faydalı bilgiler sağlamaktadır. Son olarak drone teknolojisiyle tarladaki bitkilerin fotoğraflanması, hastalıkların erken teşhisi ve önleyici ilaçlama sayesinde hastalık yayılma riskinin önlenmesi imkânı elde edilmektedir.” (KATILIMCI A)

“Sanayi üretimindeki dijitalleşme süreci tarım sektörünü de etkilemeye başlamıştır. Tarımsal üretim sürecinin verimliliğini arttırmak için, giderek daha fazla teknoloji kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojiler arasında sensörler (algılayıcılar), Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) ve bulut bağlantılı mini insansız hava araçları (dronlar) sayılabilmektedir. Sensörler yardımıyla tarlalardaki bitki sayısı, su durumu ve toprak niteliği gibi parametreler anlık olarak izlenebilmektedir. Buna ek olarak IoT sayesinde makinelerin birbiriyle internet ortamında iletişime geçerek işlem başlatma ya da durdurma konusunda hızlı bir şekilde geri bildirim sağlanabilmektedir. Son olarak bulut bağlantıya sahip mini insansız hava araçları yardımıyla tarlalar üzerine çoklu algılama yapılarak tarımsal faaliyetle ilgili raporlama yapılabilmektedir.” (KATILIMCI B)

“Tarım sektöründe, Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılarak verimliliği arttırmak için birçok farklı alanda faaliyetler yürütülmektedir. Bunlar arasında insansız hava araçları, uzaktan algılamalar, nesnelerin interneti, sensör ağlarla izlenen tarla koşulları ve meyve-sebze hasat tahminlerindeki gelişmeleri sayabiliriz. Teknolojiler ayrıca bitkisel sahalarda toprak analizini desteklemekte, sulama sistemini otomatik olarak ayarlayarak su tasarrufu sağlamada da etkilidir.” (KATILIMCI C)

“Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri, çiftçilere verimlilik ve karlılık artışları sağlamak için yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle drone, uydu izleme sistemleri, aktar-al sistemi gibi teknolojiler sayesinde çiftçiler daha doğru bilgiye erişebilmekte ve tahminleme gücü artmaktadır. Ayrıca tarla otomasyon teknolojisiyle toprak analizi geleneksel yöntemlere göre daha hızlı bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir.” (KATILIMCI D)

“Tarım sektöründe kullanılmakta olan, tarla otomasyonu, dronlar, uydu görüntüleme sistemleri ve akıllı sulama sistemleri gibi Endüstri 4.0 teknolojileri, tarla koşulları hakkında bilgi sağlayarak üreticilere zaman tasarrufu sağlarken ürün izlenebilirliğini de arttırmaktadır. Ayrıca bu teknolojiler sayesinde hem toprakların daha verimli kullanılması hem de bitkilerin daha doğru yetiştirilmesi imkânı oluşmaktadır.” (KATILIMCI E)

“Sanayi üretimindeki dijitalleşme süreci tarım sektörünü de etkilemeye başlamıştır. Tarımsal üretim sürecinin verimliliğini arttırmak için, giderek daha fazla teknoloji kullanılmaya başlanmaktadır. Bu teknolojiler arasında sensörler (algılayıcılar), Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) ve bulut bağlantılı mini insansız hava araçları (dronlar) sayılabilmektedir. Sensörler yardımıyla tarlalardaki bitki sayısı, su durumu ve toprak niteliği gibi parametreler anlık olarak izlenebilmektedir. IoT sayesinde makinelerin birbiriyle internet ortamında

iletişime geçerek işlem başlatma ya da durdurma konusunda hızlı bir şekilde karar alması sağlanabilmektedir. Son olarak bulut bağlantıya sahip mini insansız hava araçları yardımıyla tarlalar üzerine çoklu algılama yapılarak tarımsal faaliyetle ilgili etkin raporlama yapılabilmektedir.” (KATILIMCI F)

“Tarım sektöründe yürütülen faaliyetler, Endüstri 4.0 teknolojileri kullanarak daha verimli hale getirilmeye çalışılmaktadır. Tarla ve bahçelerde robotlar, sensörler ve dijital sistemlerin entegrasyonu ile tarımsal faaliyetler daha etkin bir şekilde yönetilebilir hale gelmiştir. Toprak analiz süreçlerinin daha hızlı gerçekleştirilebilmesi ve tarladaki ürünlerin düzenli kontrolleri sayesinde hasat zamanı daha doğru belirlenebilmekte ve verimlilik artmaktadır.” (KATILIMCI G)

“Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri, verimliliği artırmak ve üretim maliyetlerini azaltmak için kullanılan yenilikçi teknolojilerdir. Bu teknolojiler, tarla tahmin sistemlerinden biyoteknolojiye kadar geniş bir yelpaze sunmaktadır. Bunlar arasında en etkin olarak kullanılanlar; artan hassasiyet sağlayan sensörler, arazideki durumu anlamaya yardımcı olacak uzun mesafeli gözlem sistemleri, dokulara dayalı iletişimi optimize eden IoT cihazlar ve faaliyetlere destek sağlayacak robotik donanımlardır.” (KATILIMCI H)

“Ben öğretmenlikten emekli olduktan sonra çiftçilik yapmaktayım. Tarım sektöründe birçok teknolojileri kullanılmaya başlandı ve bu alandaki faaliyetlerin verimliliğini arttırmak için çok sayıda farklı yöntem geliştirildi. Örneğin, tarlanın verimini arttırmak için uydu görüntüleme ve hava durumu tahmin sistemlerinden oluşan ücretli tarım uygulamalarını kullanmaktayız. Mahsul ilaçlamalarını drone teknolojisi ile gerçekleştirerek daha homojen ilaçlama yapabilmekteyiz. Buğday hasatı sonrasında hayvan yemi olarak saklanacak buğday saplarının, insan gücü ile güçlükle yapılan balyalama işlemini sensörlü makineler sayesinde daha kolay şekilde gerçekleştirebilmekteyiz.” (KATILIMCI I)

“Ben mahsul olarak buğday ve arpa ekip, domates yetiştiriciliği yapmaktayım. Ayrıca hayvancılık ile de uğraşmaktayım. Ürünlerin ilaçlanmasında drone, tarla sulamada dijital damla sulama sistemi kullanıyorum. Ayrıca büyükbaş hayvancılıkta hayvanları termal kameralar ile izleyerek anlık müdahalelerde bulunabiliyorum.” (KATILIMCI İ)

Katılımcıların ifadelerine göre Türkiye’de tarım alanında, nesnelere interneti (IoT), drone ve akıllı sensör teknolojilerinin yoğun bir biçimde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Katılımcılar kullandıkları yenilikçi teknolojilerin sektörde büyük bir

değişim sağlarken, verimlilik, karlılık, izlenebilirlik ve karar verme kabiliyeti konularında da önemli avantajlar sunduğunu belirtmektedir.

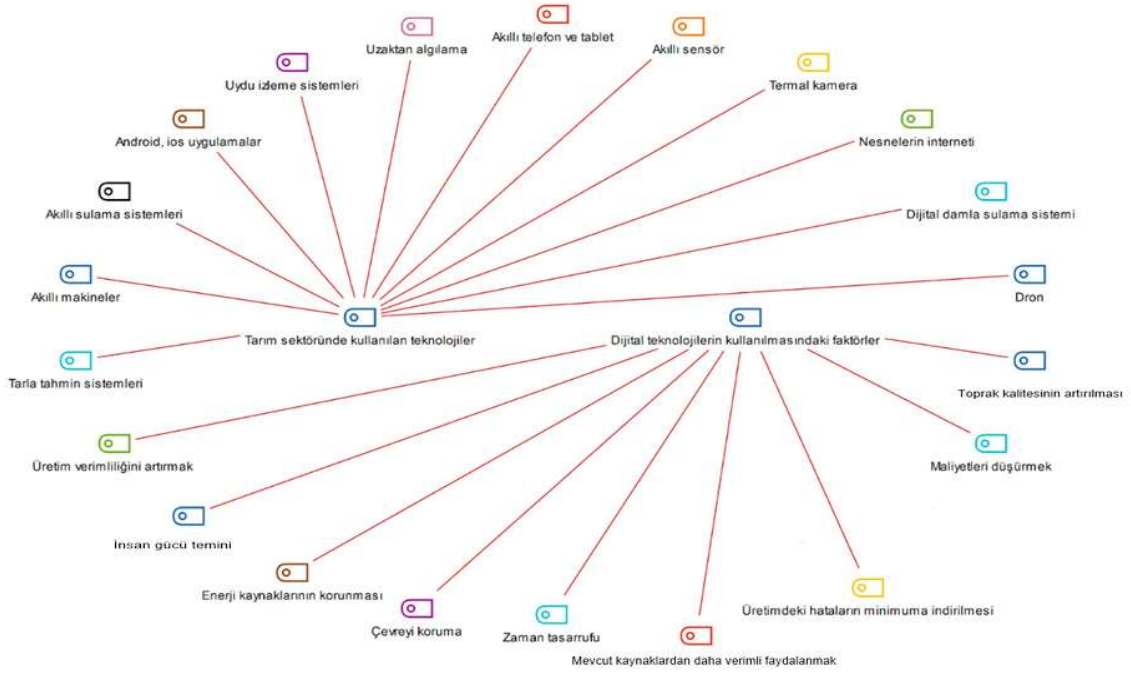
6.1.3. Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojileri teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler

Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen “*Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmasında etkili olan faktörler nelerdir?*” sorusuna ilişkin bilimsel sonuçlar Şekil 6.5. ve Şekil 6.6’da sunulmuştur.



Şekil 6.5.: Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler alt kodların istatistiği analiz modeli

Şekil 6.5. ve Şekil 6.6’da görüldüğü gibi Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmaya yönlendiren nedenler arasında, üretim verimliliğini artırmak, mevcut kaynaklardan daha verimli faydalanmak, maliyetleri düşürmek öncelikli nedenler olarak görülmektedir. Ayrıca üretimde Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesinde insan gücü temini, enerji kaynaklarının korunması, çevreyi koruma, zaman tasarrufu, üretimdeki hataların minimuma indirilmesi, toprak kalitesinin artırılması gibi faktörler de önemli rol oynamaktadır.



Şekil 6.6: “Tarım sektöründe yürütülen faaliyetlerde hangi Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır? Bu teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler nelerdir?” Kod birlikte oluşturma analiz modeli

Soru doğrultusunda katılımcıların öne çıkan ifadeleri şu şekildedir:

“Tarım sektöründe teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörleri toprak verimliliğini arttırmak, modern teknolojilere sahip olmak ve çevreyle uyumlu tarla yönetimi sayabiliriz. Verimli toprağa sahip olmak, bitki yetiştiriciliğinde daha iyi sonuçlar elde etmeye yardımcı olurken; modern teknolojiler ise zaman tasarrufu sağlayarak üretime katkıda bulunmaktadır. Son olarak, doğal kaynaklara duyarlılık göstererek çevreyi korumak amacıyla tarımda yapay arazi ile su ve enerji kaynaklarının optimize edilebilmesi imkânı oluşmaktadır.” (KATILIMCI A)

“Tarım sektöründeki teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler arasında öncelikle toprak analizleri ile verimli tarla bölgelerin belirlenmesi ve etkin gübre ve ilaç uygulamaları yapılabilmesi, yenilikçi sulama teknolojilerine geçilerek su kaynaklarının etkin kullanımı gelmektedir. Son olarak çiftçilere, teknoloji destekli teknik destek sağlayacak hizmetler sunulması da kritik önemdedir (KATILIMCI B)

“Tarım sektöründe yeni teknolojilerin kullanılması, toprağın yapısını koruyarak tarla ve bahçelerin verimliliğini arttırmak için çok önemlidir. Örneğin yeni teknoloji makineler sayesinde üretici daha az miktarda gübre ile daha verimli ürünler alabilmektedir. Ürün cinsine bağlı olarak yapılan akıllı gübreleme, maliyet avantajı sağlarken toprağın yapısını da korumaktadır.” (KATILIMCI C)

“Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmasında etkili olan faktörler; tarla ve bahçelerde ihtiyaç duyulan bilgilere ulaşılabilmesi, uydu tabanlı haritalama sistemleriyle toprak analizinde daha hassas sonuçlar elde edilebilmesi, tarla koşullarının takip edilebilmesi, mekanize aletlerle zamandan tasarruf sağlayabilme ve drone ve robotik teknolojilerle ekim-hasat faaliyetlerini otomatize hale getirebilmesi sayılabilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerine yönlendiren bu faktörler üreticilere rekabet avantajı sağlamaktadır.” **(KATILIMCI D)**

“Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin etkin kullanılmasına yönlendiren nedenler; tarla işleme maliyetlerini düşürmek, yeni teknolojilere sahip olma isteği, uygun koşullarda yenilikçi yöntemler geliştirmeye odaklanma ve mevcut kaynaklar ile en yüksek verimliliği elde etme isteği gelmektedir. Ayrıca, tarım işçiliğinin ağır çalışma şartları nedeniyle personel istihdamında yaşanan sorunlar da yenilikçi teknolojilere yönlendirmektedir.” **(KATILIMCI E)**

“Tarım sektöründe teknoloji kullanımı tarımsal her faaliyette fayda sağlayacak potansiyele sahiptir. Tarla çapa sistemleri, girdileri azaltarak maliyetleri düşürmeyi mümkün kılan otomasyonlar, yeni teknoloji hasat makineleri, ilaçlama, sulama ve gübrelemede yeni teknolojiler ve tohum yetiştirmede biyoteknoloji tarım alanında maliyetleri ve çalışma şartlarını iyileştirerek verimliliği arttıran yenilikçi teknolojilerdir.” **(KATILIMCI F)**

“Tarım sektöründe, Endüstri 4.0 teknolojileri verimliliği arttırmak ve faaliyetlerde esneklik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında hayata geçirilen otomasyon sistemleri sayesinde insansız tarım makineleri ile efektif bitki besiciliği gerçekleştirilmektedir. Teknolojinin tarıma entegrasyonu sayesinde, enerji ve işgücü kayıpları azaltılarak maliyet avantajı elde edilebilmektedir. Son olarak, bulut tabanlı veri depolama sayesinde, bilginin depolanması, analizi ve paylaşımı, etkin bilgi yönetimi ve karar verme açısından önemli avantajlar sunmaktadır.” **(KATILIMCI G)**

“Tarım sektöründe yeni teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler arasında öncelikle tarla ve tarlalardaki toprak koşullarının iyileştirilmesi, gerekli bitki besleme maddelerinin sağlanması, zamanlamayla ilgili uygulamalar ve mekanizasyonun sağladığı faydalar gelmektedir. Sonuçta tüm bunlar modern tarla işletmelerinde başarılı sonuçlar elde etmeye yardımcı olurken, sürdürülebilir tarım için de kritik önemdedir.” **(KATILIMCI H)**

“Tarım sektöründe teknolojinin kullanılması, çiftçileri desteklemek için büyük faydalar sağlamaktadır. Teknolojideki gelişmeler tarla verimini arttırmada ve maliyetleri azaltmakta yardımcı olurken kaynakların etkin kullanılmasına da katkı sunmaktadır.” **(KATILIMCI I)**

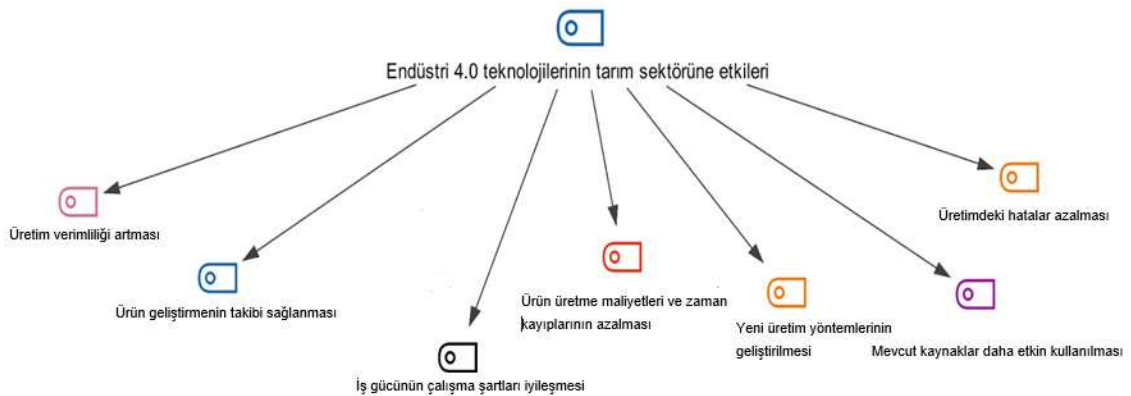
“Teknolojideki gelişmeler tarımda, insan gücünün yerini makinelere bırakmasını sağlamıştır. Tarım sektöründe dijital teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler arasında; tarla verimliliğini artırmak, gelişmiş toprak analizi cihazları sayesinde tarlanın yapısı hakkında doğru bilgiye sahip olmak, tarla sürme ve sulama sistemleri sayesinde kaynakların etkin kullanımı, veri yönetimi sayesinde hasat kalitesi ve verimliliğinde artış elde edilmesi sayılabilmektedir.”

(KATILIMCI İ)

Yapılan görüşmelerde katılımcıların tamamı tarafından, Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım alanında kullanılmasının önemli bir gereklilik olduğu belirtilmiştir. Tüm dünyada yaşanan değişim ve dönüşüm ile Z kuşağının tarım da dahil olmak üzere ağır işlerde çalışmak konusundaki isteksizliği de tarımda makineleşmeye yönlendiren bir faktör olarak dile getirilmiştir. Sürdürülebilir yaşam için sürdürülebilir tarım zorunlu olup bunun için kaynakların etkin kullanımını sağlayacak yeni teknolojiler artık bir tercih değil, zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.1.4. Endüstri 4.0 teknolojileri ile tarım sektöründeki üretimin değişmesine dair bulgular

Bu başlık altında Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarımda kullanımının getirdiği üretim değişiklikleri ve otomasyonun kapsamına ilişkin bulgular yer almaktadır. Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen “Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini nasıl değiştirmektedir?” sorusuna ilişkin bulgular aşağıda sunulmuştur:



Şekil 6.7: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe üretim sürecini nasıl değiştirdiğine dair hiyerarşik kod alt analiz modeli

Şekil 6.7.'de katılımcıların tarımsal üretim sürecinde kullandıkları teknolojilerin yarattığı değişime ilişkin kodlar sunulmuştur. Hiyerarşik kod-alt kod modeli kullanılarak oluşturulan diyagrama göre tarımsal üretimde akıllı teknolojilerin kullanılması sayesinde; üretim verimliliği artmakta, ürün geliştirilmenin takibi sağlanmakta, iş gücünün çalışma şartları iyileşmekte, ürün üretme maliyetleri ve zaman kayıplarının azalmakta, yeni üretim yöntemleri geliştirilmekte, mevcut kaynaklar daha etkin kullanılmakta ve üretimdeki hatalar azalmaktadır. Katılımcılar üretimdeki değişiklikleri şu şekilde tanımlamaktadırlar.

“Kullanılan teknolojiler sayesinde veri yönetimi sağlanarak üretim süreçleri kontrol edilebilmekte, ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama, ölçüm ve hasat gibi işlemler insan gücüne gerek duymadan, zaman kayıpları ve fire miktarları azaltılarak gerçekleştirilebilmektedir.” (KATILIMCI A)

“Dijitalleşme ile tarım sektöründe akıllı araçlar kullanılarak veri toplanması ve analiz edilmesi ile üreticilerin işlerini kolaylaştırma ve verimliliğin artması amaçlanmaktadır. Akıllı Tarım ya da Tarım 4.0 olarak adlandırılan bu süreçte dijital teknoloji sayesinde çiftliklerde gerçek zamanlı bilgiler alınarak hangi alana ne tür gübreler verilmesine dair detaylı analizler yapılabilmektedir. Hava koşullarına uygun bitki yetiştirilmenin yani sıra toprak durumu, mineraller, sulama ve zararlılarla mücadeleye dair bilgiler doğrultusunda hasat zamanı tahmin edilebilmekte, verimlilik arttırılmaktadır. Dolayısıyla dijitalleşme ile modern tarım uygulamalarına geçiş sağlanabilmektedir.” (KATILIMCI B)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini oldukça etkilemektedir. Bunlar arasında, akıllı hasat araçlarının kullanılmasıyla verimliliğin artmasından, uydu haritaları ve sensörlerin kullanılmasıyla bitki takibinden, çoklu kaynak kullanımıyla tarla işlemeyi optimize edebilen otomasyon sistemlerinden bahsedebiliriz. Bu teknolojik gelişmeler, tarlalardan elde edilen verimi arttırmaya yardımcı olan yeniden şekillendirmeleri de mümkün kılmaktadır.” (KATILIMCI C)

“Endüstri 4.0 teknolojileri, tarım sektöründe üretim sürecini köklü bir şekilde değiştirmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinden bilgisayar destekli sensörler sayesinde tarlalardaki bitkilerin mevcut durumu ve hava koşulları göre anlık olarak izlenebilmektedir. Bu durum önleyici müdahalelere imkân sağlayarak daha yüksek miktar ve kalitede ürün hasat edilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamalarıyla birlikte tarımsal robotların geliştirilmesiyle otomasyon oranı arttırılarak işgücü miktarı, zaman ve maliyet konularında avantajlar elde edilebilecektir.” (KATILIMCI D)

“Endüstri 4.0 teknolojileri, tarım sektöründe üretim sürecini değiştirmek için geleneksel yaklaşımların yerine daha etkin ve verimli çözümler sunmaktadır. Uydu görüntüleme, sensörler ve dijital kontrol sistemleri sayesinde tarlaların takibi ve doğru hasat zamanının tespiti en önemli kazanımlardır. Endüstri 4.0 teknolojisi sayesinde toprak analizlerine dayalı olarak girdilerin daha doğru miktar ve zamanda kullanılması sağlanarak daha verimli ve kaliteli ürün elde edilebilmektedir. Ayrıca dijital haritalar vasıtasıyla bitki hastalıklarına karşı zamanında tedbir alınarak önemli kayıpların önüne geçilebilmektedir.”
(KATILIMCI E)

“Dijitalleşme ile tarım sektöründe akıllı araçlar kullanarak veri toplanması, analiz edilmesi, üreticilerin işlerini kolaylaştırma ve verimliliğin artması amaçlanmaktadır. Akıllı Tarım ya da Tarım 4.0 olarak adlandırılan bu süreçte dijital teknoloji sayesinde çiftliklerde gerçek zamanlı bilgiler alınarak hangi alana ne tür gübreler verilmesi gerektiğine dair detaylı bir analizler yapılabilmektedir. Ayrıca hava koşullarına uygun bitki yetiştirmenin yani sıra toprak durumu, mineraller, sulama ve zararlılarla mücadeleye dair bilgiler doğrultusunda hasat zamanı tahmini de gerçekleştirilmektedir.” **(KATILIMCI F)**

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini değiştirmektedir. Bu teknoloji, tarımsal üretimi daha verimli hale getirerek, zaman ve emek tasarrufu sağlayarak karlılığı arttırmaktadır. Endüstri 4.0 ile mekanik donanım yerine robotlar ve dijital altyapılar tercih edilmektedir; bu da gerekli bilgiye anlık olarak erişmeyi sağlamak ve uygulamayla ilgili hataların minimuma indirgenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0'ın entegre sistemleri sayesinde hasat makinesi operasyonunu otomatize etmeyi mümkün kılan sensörler de bulunmaktadır; bu da toplama işleminin daha verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.” **(KATILIMCI G)**

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründeki üretim sürecini etkin ve verimli hale getirmektedir. Bu teknolojiler, zaman ve maliyet tasarrufu sağlarken hasat miktarını artırmaya yardımcı olmaktadır. Endüstri 4.0'ın sunduğu dijital platformlar sayesinde çiftçiler tarla koşulları hakkında daha fazla bilgiye ulaşabilmekte ve gereken durumda müdahale edebilmektedir.” **(KATILIMCI H)**

“Endüstri 4.0 teknolojileri, tarım sektöründe üretim sürecini daha verimli ve etkili hale getirmek ve zaman tasarrufu sağlamak için çok faydalıdır. Teknolojik gelişmeler sayesinde tarla yönetimi, sulama ve toprak analizleri gibi uygulamalar daha kolay uygulanabilir hale gelmiştir.” **(KATILIMCI I)**

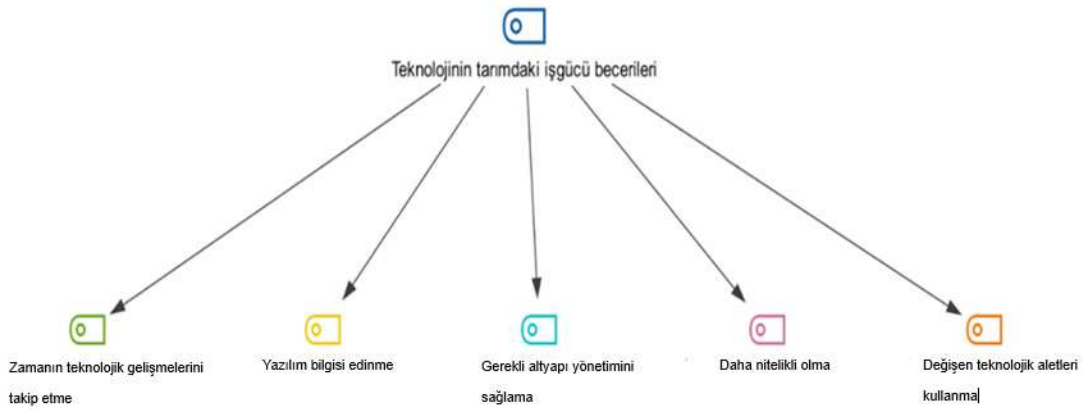
“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründeki üretim sürecini gerçekten harika bir şekilde değiştirmektedir! Tarımdaki işlerin hızlanmasını ve verimliliğin

artmasını sağlayan teknoloji, aynen robotlar gibi davranarak çiftliklerde ve tarlalarda etkin olarak kullanılmaktadır. Yeni teknolojiler sayesinde tarımın geleceği daha umut verici hale gelmiştir.” (KATILIMCI İ)

Katılımcıların ifadelerinde de görüldüğü gibi tarım sektörü paydaşlarının tamamı, mevcut işlerin yapılış biçimlerini kolaylaştırarak, izlenebilirliği ve kaynakların daha etkin kullanımını sağlayarak tarımsal verimliliğin arttığı görüşüne sahiptir.

6.1.5. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarımda getirdiği işgücü becerilerini nitelendiren bulgular

Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen “Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda hangi işgücü becerilerini gerektirmektedir?” sorusuna ilişkin bilimsel sonuçlar aşağıdaki gibidir:



Şekil 6.8.: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe hangi işgücü becerilerini gerektirdiğine dair hiyerarşik kod alt analiz modeli

Şekil 6.8’te katılımcıların tarım sektöründe yaşanan teknolojik dönüşüm doğrultusunda işgücü gerekliliklere ilişkin öngörülerini hiyerarşik kod alt analiz modeli kullanılarak gösterilmiştir. Günümüzde, teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesinden dolayı çalışanlar için birçok yeni beceri ve yetkinlik gerekmektedir. Bu analiz modellemesindeki beceri ve yetkinlikler arasında, zamanın teknolojik gelişmelerini takip etme, yazılım bilgisi edinme, gerekli altyapı yönetimini sağlama, daha nitelikli olma ve değişen teknolojik aletleri kullanma gibi beceriler belirtilmektedir. Bu yenilenmiş işgücü becerileri ile ürün verimliliğini arttırmaya yardımcı olabilecek

stratejiler geliştirilmelidir. Katılımcıların konu hakkında öne çıkan ifadeleri şu şekildedir:

“Gerekli internet ve teknoloji altyapısının hazır olması çok önemlidir. Teknolojinin aktif kullanılması için gereken kaynağa sahip olmak, verilerin daha hızlı bir şekilde aktarılabilmesine ve yüksek performansla çalışmaya olanak sağlar. Üreticiler teknolojik gelişmelere ayak uydurarak kendini geliştirirse hem iş gücü faaliyetlerinde hem de pazarlama çalışmalarında iyileşmeler gerçekleşebilir. Sadece ürün satışından para kazanmak değil, üretilen bilgi ve yenilikçi projeler de kazanç kapısı olarak görülmelidir. Teknolojik altyapıya sahip çiftçiler rekabet gücünü de elde etmiş olacaktır.” (KATILIMCI A)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda çalışanlar için yeni beceriler gerektirmektedir. Bu beceriler arasında, bilgi yönetim sistemlerine hâkim olmak, dijital araçlar ile mühendislik projelerinde deneyim sahibi olmak ve programlama bilgisine sahip olmak sayılabilir. Endüstri 4.0'ın getirdiği en önemli fark ise; tarım sektöründe çalışanların artık daha esnek bir biçimde hareket edebilmesine olanak sağlayacak olmasıdır.” (KATILIMCI B)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda, çoklu platformlar arasında veri aktarım becerisi gerektirmektedir. Tarla ve bahçe işlerinde bilgisayar destekli tasarımlar kullanılarak, ürünlerin gelişmesini sağlamak için yazılım becerisine de ihtiyaç vardır. Ayrıca, mekanik ve elektronik sistemler hakkında bilgi sahibi iş gücü sayesinde çiftçiler tarım alanında yeniliklere hızlıca ayak uydurabilecektir.” (KATILIMCI C)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda, özellikle verimliliğin artması ve kalitenin geliştirilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Bunun için tarım sektöründeki işgücününün bilgisayar programlama ve tasarla-yazdır becerisine sahip olması önemlidir.” (KATILIMCI D)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda çok sayıda yeni işgücü becerisi gerektirmektedir. Öncelikle, tarım sektöründeki çalışanlar bu teknolojileri kullanabilmek için yazılım ve donanım bilgisine sahip olmalıdır. Ayrıca, insansız hava aracı sistemlerini kullanan uygulamalarda navigasyon ve verimlilikteki gelişmeleri takip edebilmek de beklenen bir yetkinliktir. Tarımsal robotikteki son gelişmelere ayak uydurabilmek için bu alanda çalışacak kişilerin programlamaya ek olarak mekanik sistemler konusunda da bilgi ve deneyim sahibi olması gerekmektedir.” (KATILIMCI E)

“Üreticilerin ve alanda çalışan işgücününün, Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarımda uygulama alanı olan akıllı tarım konusunda, uydu ve uyarı sistemleri,

akıllı tarım uygulamaları veya tarımsal üretim aşamalarında dijital teknolojilerin kullanılması hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir.” (KATILIMCI F)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda yeni işgücü becerileri gerektirmektedir. Tarım sektöründe, mekanik ve elektronik Ar-Ge yeteneklerine sahip kişilere ihtiyaç duyulacaktır ki bu teknolojiyi tasarlamaları, geliştirmeleri ve uygulamaları mümkün olsun. Tarım sektöründe çalışacak mühendislerin robotik/otomasyon, veri analizi ve yazılım geliştirme bilgisine sahip olması önemlidir. Sensör sistemlerinin her alanda kullanılmasıyla birlikte bir donanım platformu içindeki sensör sistemlerinin doğru bir şekilde çalışması için programcılara da ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bilimsel bilginin temsil edildiği herhangi bir lisan (örneğin Python) ile ilgili eğitim almış insan kaynağının önemi gittikçe artmaktadır.” (KATILIMCI G)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım alanında çok sayıda yeni işgücü becerisi gerektirmektedir. Tarımsal verimliliği arttırmak amacıyla yöneticilerin, bilgi teknolojileri hakkında bilgi sahibi olması, bilişsel analizlerde deneyime dayanan kararlar alabilmeleri ve yenilikçi bakış açısına sahip olması gerekmektedir. Ayrıca, üreticilere destek olan sistemlerin tasarlanması ve geliştirilmesi önemlidir.” (KATILIMCI H)

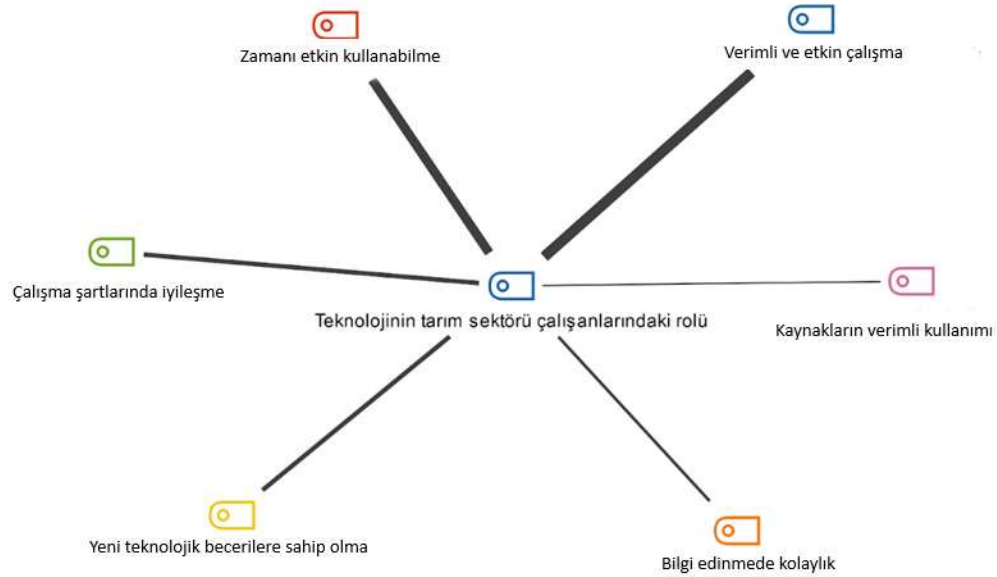
“Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım alanında fayda sağlayabilmesi için işgücü becerilerinin de gelişmesi önemlidir. Tarım alanlarında deneyimli bir gözlemci, karar verme yeteneklerine sahip bir lider ve dijital analiz becerisi olan insan kaynaklarına ihtiyaç vardır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin başlattığı iletişim ağları ile birlikte, tarımsal faaliyetlerde kazançlarda önemli artışlar söz konusu olabilecektir.” (KATILIMCI I)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda, çiftçilerin mevcut işgücü becerilerinin yanı sıra yenilikçi yaklaşımlar ve dijital deneyimler de gerektirmektedir. Tarım sektöründe artan makineleşmeye dayalı üretim ile bilgi analiz yeteneği de tarımsal ticaretin gelişmesine katkı sunacaktır.” (KATILIMCI İ)

Katılımcıların ifadelerinde de görüldüğü gibi tarım sektöründe çalışacak iş gücünün yenilikçi bakış açısına sahip olması ve zamanın teknolojik gelişmelerini takip etmesi, yeni teknolojilere sahip makine ve ekipmanları kullanabilmesi, yazılım ve veri analizi bilgisine sahip olması gerekmektedir.

6.1.6. Tarım sektörü çalışanlarındaki değişime dair bulgular

Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen “*Tarım sektörü çalışanlarında nasıl bir değişim ön görmektesiniz?*” sorusuna ilişkin bilimsel sonuçlar aşağıda sunulmuştur:



Şekil 6.9.: Tarım sektörü çalışanlarında nasıl bir değişim yaşanacağına dair kod alt kod bölümler analiz modeli

Kod-Alt Kod-Bölümler Modeli, işgücü becerilerinin yeni süreçteki talep seviyelerini koyu ve kalın çizgilerle belirterek görsel olarak sunmaktadır. Dolayısıyla, frekans sayısı en yüksek olan beceri alanları daha kalın çizgilerle vurgulanarak ağdaki diğer alanlardan ayırt edilmiştir. Diğer taraftan daha az aranan işgücü beceri alanlar ise ince çizgi ile ifade edilmiştir.

Şekil 6.9. 'da gösterilen kod alt kod bölümler analiz modeline göre, katılımcılar zamanı etkin kullanabilme, verimli ve etkin çalışma, çalışma şartlarında iyileşme, kaynakların verimli kullanımı, yeni teknolojik becerilere sahip olma, bilgi edinmede kolaylık konularında iş gücünün değişeceğini vurgulamıştır. Görüşmecilerin konu hakkında dikkat çeken ifadeleri aşağıda sunulmuştur:

“Teknolojinin gelişmesi, tarım sektöründe çalışanlara büyük faydalar sağlamaktadır. Bu gelişmeler sayesinde işler daha az emek ve zaman harcanarak yapılabilmekte ve daha yüksek hasılat elde edilmektedir. Bu durum, sektördeki çalışanların motivasyonunu ve verimliliklerini artırmaktadır. Özellikle, teknolojinin toprağa uygulanan ilaçlardaki dozajı artırma konusunda büyük bir

yardımcı olduğu görülmektedir. Bu durum, etkin sonuçların yanı sıra kullanıcıların daha verimli bir şekilde çalışmalarını sağlamak ve üretkenliklerinde ciddi bir ivme yakalamalarına olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, teknolojinin tarım sektöründe uygulanması, toprakta uygulanan ilaç dozajında olağanüstü bir gelişmeye neden olmaktadır. Bu da sektörde çalışanların daha verimli ve başarılı olmalarını sağlamaktadır.” (KATILIMCI A)

“Teknoloji, tarım sektöründeki çalışanlar için büyük bir değişim getirecektir. Teknoloji ile tarla sulama sistemlerinden toprağa uygulanan analizlere kadar her şey daha verimli hale gelecek ve emek yoğun ağır çalışma şartları iyileşecektir. Yeni teknolojiler ile donatılmış tarım makineleri gençlerin tarıma yönelmesini sağlayabilecektir. Yeni teknolojiler ve bilgiye erişimin artması ile yeni ürün çeşitlerine de yönelim gerçekleşecektir.” (KATILIMCI B)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründeki çalışanlar için bazı değişimler getirecek. Öncelikle, tarımsal faaliyetlerde robotik ve otomasyonun kullanılması, görevlerin daha verimli ve etkin bir şekilde yerine getirilmesini sağlayacaktır. Ancak iş gücü miktarı azalırken daha nitelikli personel ihtiyacı oluşacak ve daha nitelikli personel daha yüksek maaşlar talep edecektir.” (KATILIMCI C)

“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe çalışanlar için büyük bir değişim getirecektir. Emek temelli faaliyetlerin bilgi temelli faaliyetlere dönüşmesi söz konusu olur ki bu durum da iş gücünün bilgi teknolojileri konusunda kendisini geliştirmesi gerekliliğini ortaya çıkarır.” (GÖRÜŞMECİ D)

“Teknolojinin tarım sektörü çalışanlarında önemli değişimler yaratması beklenmektedir. Tarımsal faaliyetlerde modern teknolojiler kullanarak mevsimsel zorluklarla başa çıkmak, toprak koordinatları arasında hasat tahminlerini optimize etmek ve robotik sistemler ile otomasyonu sağlamak mümkündür. Ürünlerin ticarileştirilmesinde de yeni teknolojiler sayesinde yeni stratejiler geliştirmek mümkün hale gelecektir. Tüm bu değişimin tarım alanında çalışacak insan kaynağı tarafından doğru anlaşılması önemlidir.” (KATILIMCI E)

“Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tarım sektörü çalışanlarında daha verimli ve karlı iş yapma olanağı oluşacağı öngörülmektedir. Tarla içerisindeki bitki sağlık durumunu izlemek, toprak ve su kaynaklarının kullanım oranlarını optimize etmek gibi faaliyetler daha hızlı ve verimli olarak gerçekleştirilmektedir. Tarım sektörü çalışanları tarafından istenmeyen, tekrarlanan işlerin, yeni teknoloji makineler tarafından yapılması da önemli bir gelişmedir. Bu sayede çalışanlar katma değeri yüksek işler konusunda yeteneklerini geliştirecek ve daha yüksek ücretlerle çalışabilecektir.” (KATILIMCI F)

“Tarım sektöründe dijital teknolojilere geçilmesi sayesinde çalışanlar için esnek çalışma şartları oluşabilecek, evden ya da herhangi bir bağımsız lokasyondan işlerin takip edilebilmesi olanağı oluşacaktır. Tarımsal roseslerde robotik sistemlere geçilmesiyle hatalar azaltılırken, çalışma şartları daha emniyetli hale getirilebilecektir.” (KATILIMCI G)

“Teknolojinin tarım sektöründe kullanılması, çalışanlar için büyük bir değişim yaratacaktır. Tarla işlerini hızlandırma ve verimlilik artırılmasına yardımcı olacak yeni teknolojiler sayesinde, tarımsal üreticiler daha az emek harcayarak daha fazla mahsul elde edebileceklerdir. Ayrıca, mevcut kaynakların kontrolünün gelişmesiyle israf azalacaktır. Bu doğrultuda alanda çalışan iş gücünün becerilerini geliştirmesi de gerekmektedir.” (KATILIMCI H)

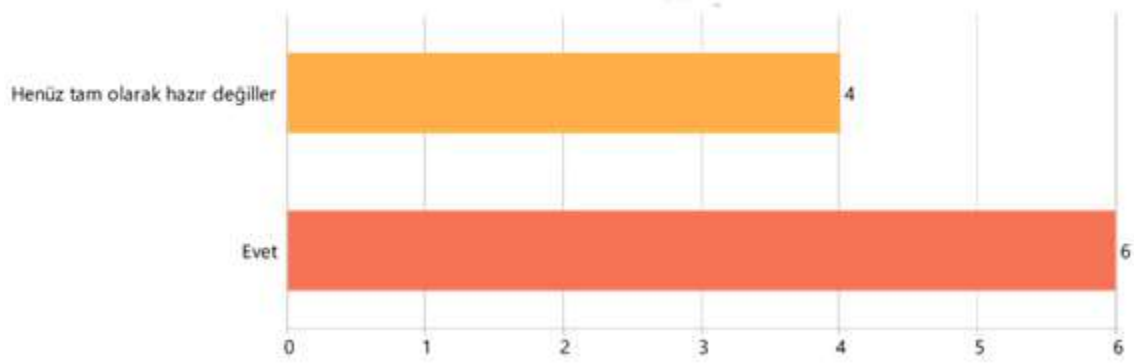
“Endüstri 4.0 teknolojileri ile tarım sektöründe çalışanlar için değişimler oldukça büyük olacak. Teknoloji, üretim ve verimliliğin artmasına yardımcı olacak şekilde geliştirilmiş araçlar sayesinde görevler daha kolay hale gelecek bu da zamandan ve emekten tasarruf sağlayarak verimliliği arttıracaktır.” (KATILIMCI I)

“Endüstri 4.0 ile tarım sektörü çalışanlarının hayatlarında ciddi bir değişim yaşanacaktır. Sürücüsüz tarım makineleri, yenilikçi sulama sistemleri, insansız hava araçlarıyla ilaçlama, gübreleme ve sulama sistemleri sayesinde çalışma şartları iyileşecek ve işgücü için sektör çekici hale gelecektir.” (KATILIMCI İ)

Katılımcıların ifadeleri incelendiğinde, Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarıma adaptasyonu ile, tarım iş gücü açısından çalışma şartlarının iyileşeceği, maliyetlerin azalacağı, edinilen yeni beceriler nedeniyle gelirlerin artacağı yönünde görüşlerin öne çıktığı görülmektedir. Gelecekte yeni nesiller için tarımın daha cazip hale geleceği umulmaktadır.

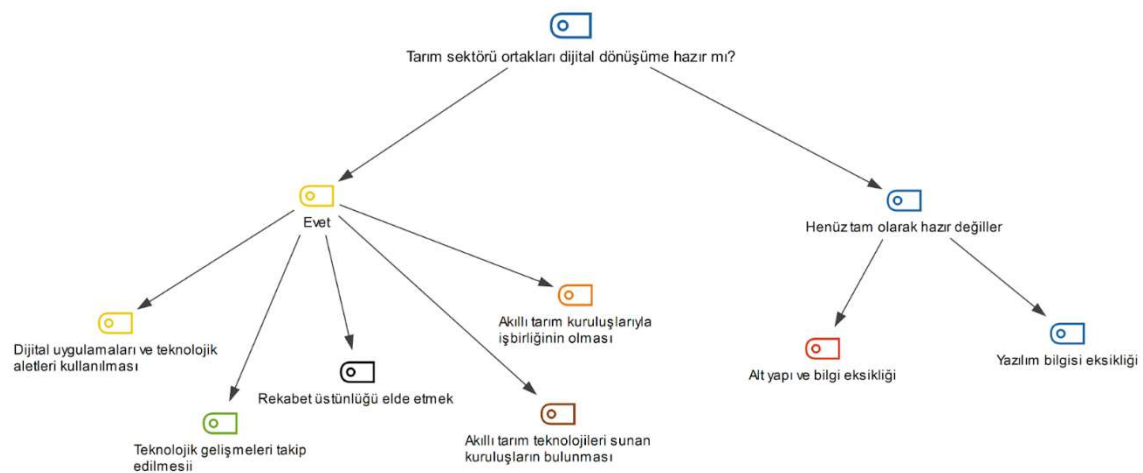
6.1.7. Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0’ın ortaya çıkardığı dijital dönüşüme hazırlığına dair bulgular

Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen ‘‘Sizce tarım sektörü paydaşları (tarım alanında üretim yapan işletmeler, çiftçiler, hizmet sağlayıcılar, kamu kurumları vb.) Endüstri 4.0’ın ortaya çıkardığı dijital dönüşüme hazır mı?’’ sorusuna ilişkin bilimsel sonuçlar aşağıdaki sunulmuştur:



Şekil 6.10.: Tarım sektörü paydaşları Tarım 4.0'a hazır mı? sorusu yanıtlarının alt kodların istatistik analiz modeli

Katılımcıların tarım sektöründe dijital dönüşüm konusundaki hazırlık durumuna ilişkin görüşlerinin analiz modeli Şekil 6.10 'da gösterilmiştir. Katılımcılardan altısı tarım sektörü ortaklarının dijital dönüşüme hazır olduğu kanısını ifade ederken dördü tarım sektörü paydaşlarının dijital dönüşüme henüz tam olarak hazır olmadığını belirtmiştir. Alınan yanıtların alt maddelerine ilişkin hiyerarşik kod alt analiz modeli Şekil 6.11'de sunulmuştur.



Şekil 6.11.: Tarım sektörü ortaklarının dijital dönüşümdeki hazırlığının alt maddeleri hiyerarşik kod alt analiz modeli

Şekil 6.11'de görüldüğü gibi tarım sektörü ortaklarının dijital dönüşümüne hazır olduğunu düşünen görüşmeciler, dijital uygulamaların ve teknolojik aletlerin kullanılması, teknolojik gelişmelerin takip edilmesi, rekabet üstünlüğü elde etmek, akıllı tarım teknolojileri sunan kuruluşların bulunması, akıllı tarım kuruluşlarıyla çiftçilerin iş birliği içinde olması eylemlerinin tarımda kullanılması nedeniyle "evet" yönünde görüş bildirmişlerdir. Tarım sektörü ortaklarının dijital dönüşümüne henüz olarak hazır

olmadığı düşünen görüşmeciler ise; alt yapı eksikliği ve yazılım bilgisi eksikliği konularında dolayı ‘henüz tam olarak hazır değiller’ şeklinde görüş bildirmişlerdir. Görüşmecilerin konu hakkındaki ifadeleri şu şekildedir:

“Tarım sektörü paydaşları, Endüstri 4.0'ın dijital dönüşüm çağrısına yanıt olarak yeni teknolojilere giderek daha fazla hazırlanmakta ve uyum sağlamaya çalışmaktadır. Teknoloji, saha otomasyonu, saha robotiği ve taşınabilir altyapı gibi geleneksel saha sistemlerini optimize eden yeni teknolojilerin kullanımı yoluyla üretim maliyetlerini düşürme ve verimliliği artırma çalışmaları yürütülmektedir. Kısacası çiftçilerimizin gelişen teknolojileri kullanarak dijital dönüşüme hazır olduklarına inanıyorum.” (KATILIMCI A)

“Tarım sektörü paydaşları, Tarım 4.0 doğrultusunda dönüşüm faaliyetlerine hazırlıklı durumdadır. Ekim alanlarının planlanmasından, ekim faaliyetlerine, tahmini hasat zamanı ve miktarı tahmininden kalite seviyesinin belirlenmesine kadar birçok faaliyette teknolojik olanaklardan faydalanılmaktadır. Ayrıca servis sağlayıcılar da bu dijital dönüşüme ayak uydurabilmek için yeni yazılım platformları geliştirmektedir. Kamu yönetimi tarıma dayalı proje ve programları da desteklemektedir. Sonuç olarak tarım sektörünün tüm paydaşları, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşüme çok iyi hazırlanıyor ve bunu hayata geçirmek için her zamankinden daha fazla çalışmaya devam ediyor.” (KATILIMCI B)

“Tarım sektörü paydaşları, Endüstri 4.0'ın dijital dönüşümüne hazırlanmaya ve bu değişimin getirdiği yeniliklerden yararlanmak için çalışmaya başlamıştır. Kamu kurumları geleneksel tarım uygulamalarında yaşanan sorunları tespit ederek teknoloji tabanlı çözümler geliştirerek çiftçilere teknik destek sunma çalışmaları yürütmelidir.” (KATILIMCI C)

“Tarım sektörü paydaşları Endüstri 4.0'a hazırlanmakta ve dijital dönüşüme uyum sağlamaya çalışmaktadır. Tarla otomasyonu, tarla verimliliğini arttıran yeni teknolojiler, sürpriz bitki hastalıklarına karşı gösterilen dirençli üretim metotlar ile tarla kaynak yönetimi araçlarının hayata geçirilmesi gibi çalışmalarda henüz yeterli uygulamalar hayata geçirilebilmiş değil. Çiftçilerimizin dijital dönüşüme tam olarak hazır olmadıkları kanısındayım.” (KATILIMCI D)

“Tarım sektörü paydaşlarının Tarım 4.0'a geçebilmesi için çeşitli altyapı ve teknolojik gelişmelerden yararlanarak sistemlerini gözden geçirmeleri gerekmektedir. Özellikle tarla otomasyonu, uydu haritalama ve veri toplama ile kullanabilecekleri yenilikçi teknolojiler sayesinde birçok avantaj elde edebilecek çiftçiler henüz bu uygulamaların farkında değil. Ayrıca bu değişimin başarılı olabilmesi için teknolojik destek hizmet sağlayıcılarına ihtiyaç bulunmaktadır.”

Dolayısıyla az sayıda çiftçi bu tür uygulamaları kullanmaya başlamış olmak ile birlikte genele bakıldığında tam olarak hazır olunmadığı görüşümdedir”
(KATILIMCI E)

“Hazır olduğumu düşünüyorum. Türkiye’de akıllı tarım teknolojileri sunan kuruluşlar ve bu kuruluşlar ile iş birliği yapan üreticiler mevcuttur. Üreticiler, faydalandıkları akıllı tarım teknolojilerine dair olumlu geri dönüşlerde bulunmaktadırlar. Öncü kuruluşların akıllı tarım uygulamaları kazanımlarını yaygınlaştırması ve kamu kurumlarının yürüttüğü çalışmalar tüm paydaşlarda farkındalık oluşmasına katkı sunmaktadır.” **(KATILIMCI F)**

“Tarım sektörü paydaşları, ekim dikim işlerinden, üretim yönetimine, satıştan, hizmet geliştirmeye kadar tüm ticari tarla operasyonlar için yeni teknolojileri benimsemelidir. Bunu gerçekleştirmek için dijital altyapı ile gelişmiş yetkinlikler de gerekmektedir. Üzülerek söylemek gerekirse özellikle kırsal kesimdeki üreticilerin tam olarak hazır olmadığını düşünmekteyim.” **(KATILIMCI G)**

“Tarım sektörü paydaşları, Tarım 4.0’a geçiş için birçok farklı alanda değişikliğe gitmek zorundadır. Tarla faaliyetleri ile veri analizi için bilgisayar tabanlı modellere entegrasyonu gerçekleştirmeleri gerekmektedir ki bu durum mevcut kaynakların etkin bir şekilde kullanabilmesine olanak sağlayacaktır. Benim gözlemlerim ve fikrime göre tam olarak bir hazırlık söz konusu değildir.” **(KATILIMCI H)**

“Tarla ve bahçe faaliyetleri yürüten işletmeler, verimliliklerini arttırmak amacıyla yeniliklere çok açık. Hizmet sağlayıcılar ise tarımsal altyapıyı geliştirmek için uygulanan teknolojilere adaptasyon sağlıyor. Kamu kurumları tarım ile ilgili mevzuatların güncellemesini sağlayarak bu değişime ayak uydurmaya çalışıyor. Bir çiftçi olarak dijital dönüşüme hazır olduğumuzu düşünüyorum.”
(KATILIMCI I)

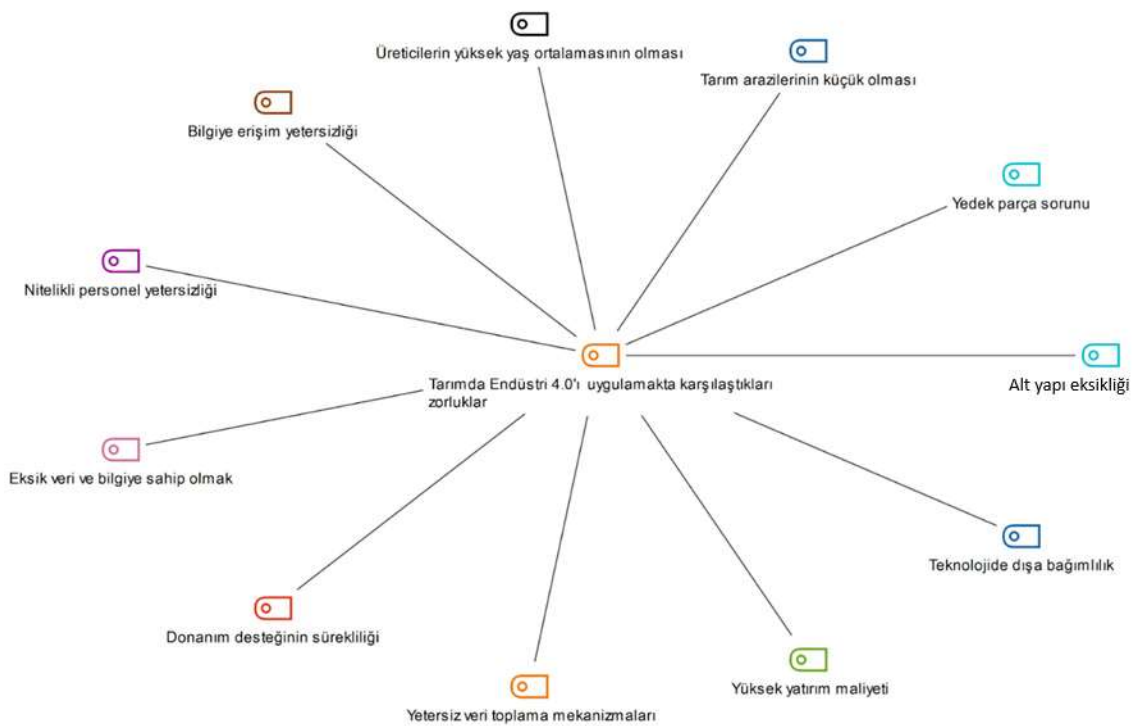
“Tarım sektörü paydaşları, Tarım 4.0’a hazır olmak için ellerinden geleni yapmaya başlamaları gerektiğini anladılar. Tarla ve çiftliklerde kullanabilecekleri yeni teknoloji tarım makine ve aletleri ile, tarla verimliliğini arttırarak rekabet gücünü geliştirecek teknolojiler de mevcuttur. Türkiye’de tarım sektörünün dijital dönüşüme hazır olduğunu düşünüyorum.” **(KATILIMCI İ)**

Katılımcıların ifadelerinden de anlaşıldığı üzere, tarım sektörü paydaşları tarafından Tarım 4.0’a yönelik bir farkındalık oluşmaya başlamış ve kısmi olarak

hazırlıklar başlamıştır. Ancak mevcut durum, sektör paydaşlarının dijital dönüşüme tam olarak hazır olmadıklarını göstermektedir.

6.1.8. Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaşılan zorluklara dair bulgular

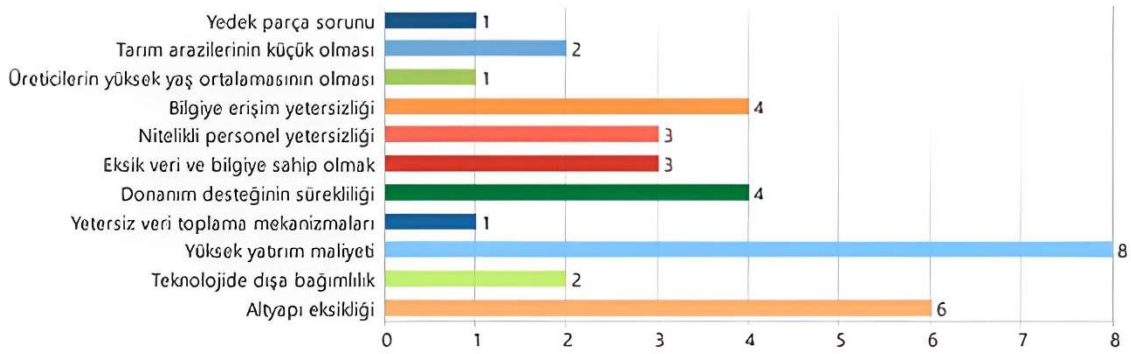
Gerçekleştirilen görüşmelerde katılımcılara yönlendirilen “Sizce tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar/güçlükler nelerdir?” sorusuna ilişkin analiz sonuçları Şekil 6.12 ve Şekil 6.13’de sunulmuştur.



Şekil 6.12.: Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklara/güçlüklerle ilişkin kod teori analiz yöntemi

Şekil 6.12’de katılımcıların, tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerine geçişte karşılaştıkları zorluklar ve Şekil 6.13’te bu zorlukların kaç katılımcı tarafından dile getirildiği gösterilmiştir. Tarım sektöründe kullanılan teknolojiler, modern tarımın gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, bu teknolojilerin kullanımında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Özellikle küçük ölçekli çiftçiler için bu yüksek maliyetler, teknolojik gelişmelere ayak uydurmayı zorlaştırmaktadır. Ayrıca, tarımsal üretimde kullanılan teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli olan alt

yapı eksikliği de büyük bir zorluktur. Ülkemizde tarım sektörünün modernizasyonu için alt yapı yatırımlarına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir. Bu sayede, tarımsal üretimde kullanılan teknolojilerin daha verimli bir şekilde kullanılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi sağlanabilir. Bu da hem çiftçilerin hem de ülke ekonomisinin gelişmesine katkı sağlayacaktır.



Şekil 6.13.: Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklara/güçlüklere ilişkin alt kodların istatistik analiz modeli

Katılımcıların konu hakkındaki ifadeleri şu şekildedir:

“Gerekli teknolojik altyapının zayıf olması, teknolojik aletlerde dışa bağımlılık ve maliyetlerin yüksek olması gibi durumlar bugün çoğu uygulamada karşılaşılan zorluklardandır. Bu sorunlar, uzun vadede ciddi problemlere neden olabileceğinden oldukça önem taşımaktadır. Öncelikle gerekli teknoloji altyapısının eksik ya da yetersiz olması, basit tarım işlemlerinden bireysel kullanıcılara hizmet sunan web sitelerine kadar her türlü uygulama için ciddi aksaklıklara sebep olabilecektir. Dijital tarım için gereken donanım kaynakları tamamen mevcut değilse, verilere doğrudan erişim sağlanamaz veya güncellemeler doğru bir şekilde gerçekleştirilemez. Riskler ortadan kaldırılamazsa, çiftçiler birçok sıkıntı ile karşılaşabilirler. Bu nedenle tarla koşullarını izleyen teknolojik gelişmelerin desteklenmesi önemli bir gerekliliktir.” (KATILIMCI A)

“Tarım sektörü paydaşlarının, Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorlukların başında yatırım maliyetinin yüksekliği, altyapı yetersizliği ve yetersiz veri toplama mekanizmaları yer almaktadır. Yatırım maliyeti ile çiftliklerde kullanılacak yazılım ve donanımın temin edilmesi kastedilirken, eksik altyapı ile ise internet aracılığı ile tarımsal verilere ulaşılması imkanının eksikliği kastedilmektedir. Yetersiz veri toplama mekanizmaları ise çiftlikteki bitki bileşenlerindeki değişikliğin tespit edilebilmesine olanak sağlayan sistemlerdir.

Ayrıca, tarım alanındaki dijital dönüşüme ayak uydurabilmek için gerekli eğitimlere erişimde de sıkıntılar yaşanmaktadır.” (KATILIMCI B)

“Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar değişkenlik göstermektedir. Bunlardan bazıları, eksik veri ve bilgiye sahip olmaları, yeterli kaynak bulamama riski ve gereken becerilere sahip personel bulunmamasıdır. Ayrıca bu teknolojilerin maliyetlerinin yüksekliği de önemli diğer bir faktördür.” (KATILIMCI C)

“Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorlukların başında yeterli kaynağa sahip olmayan tarımsal üreticiler için, yatırım maliyetlerinin yüksekliğidir. Ayrıca, tarımsal verilerin toplanması ve analizi ile ilgili deneyim yetersizliği de diğer önemli bir engeldir.” (KATILIMCI D)

“Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar arasında bilgiye erişimin yetersizliği, gerekli olan donanım ve altyapının eksik olması ve yetersiz insan kaynağı gelmektedir. Bununla birlikte verimliliği artırmaya yönelik teknoloji geliştirmede ciddi bir rekabet ortamı bulunduğu da unutulmamalıdır.” (KATILIMCI E)

“Türkiye’de Tarım 4.0 uygulamalarına geçişte yaşanan zorluklar; akıllı teknolojilere yönelik farkındalığın zayıf olması, ülke nüfusunun bilgi teknolojileri okuryazarlığı konusunda yetersiz olması, Türkiye’de tarım ürünleri üreticisinin yaş ortalamasının yüksek olması, tarım işletmelerinin çoğunluğunun küçük ölçekli oluşu, tarım işletmelerinde arazilerin parçalı yapıda oluşu, kırsal alanda teknolojik anlamda altyapı yetersizliği yaşanması, akıllı tarım teknolojilerinin yüksek yatırım maliyetine sahip olması, teknolojik girdilerde dışa bağımlılık olarak sıralanabilir.” (KATILIMCI F)

“Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamak giderek daha önemli hale gelmektedir. Ancak bu alanda karşılaştıkları birtakım zorluklar ve güçlükler vardır. Öncelikle, tarım sektörüne ait paydaşlar için yatırım maliyeti çok yüksektir, bu da çiftçilerin yenilikçi teknolojilere erişmelerini ciddi biçimde engellemektedir. Ayrıca, mevcut sistemlerin yetersizliğinden kaynaklanan verimsizlik problemlerine de eklentiler oluşturmalarını oldukça zorlaştırmaktadır. Bunun nedeni ise eski sistemin tasarlanmış bir şekilde devreye alınmasına izin vermeyen karmaşık entegrasyon prosedürleridir. Tarımın hâlen Endüstri 4.0'a tamamen geçememiş olması nedeniyle, var olan donanım veya programların değiştirilmesini, yani yeni yatırım maliyetlerini gerektirmektedir.” (KATILIMCI G)

“Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar çok fazladır. Bunlardan bazıları; girişimcilerin eksikliği ve yatırım maliyetleri, mevcut yetersizlikler nedeniyle verimsizlik, yedek parça bulma sorunu ve destek eksikliğidir. Yeni teknolojiyi bütünleştirme sürecinde firmalara daha fazla donanım maliyeti oluşması da diğer önemli sorundur. Ayrıca bu yeniliklere adaptasyonda yetkin personel sayısının yetersizliği de unutulmamalıdır.” (KATILIMCI H)

“Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorlukları tanımlayabilmesi için öncelikle bir eğitim sürecinden geçmesi gerekmektedir. Ayrıca, tarla yönetimi ile ilgili veri toplama ve analiz etme yeteneklerine sahip olmalar da şarttır. Bu teknolojilerin yatırım maliyetlerinin yüksekliği göz önünde bulundurularak uygulayıcılara nasıl bir finansal destek sunulacağı da belirlenmelidir.” (KATILIMCI I)

“Tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar; yatırım maliyetinin yüksekliği, teknolojik altyapı gereksinimleri, bilgiye erişim sıkıntıları ve bunun sonucunda ortaya çıkan donanım hataları sayılabilir”. (KATILIMCI İ)

Tarım sektörü paydaşları Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması ile ilgili çok sayıda zorluklarla karşı karşıyadır. Öncelikle tarım sektöründeki paydaşlar, bu yenilikçi teknolojileri anlamak ve etkin bir biçimde uygulamak için gerekli bilgiye sahip olmalıdır. Tarım alanında çalışan insanların Tarım 4.0 kapsamındaki değişim ve bu değişimin sağlayacağı faydalar konusunda yeterli farkındalığa ve yeterliliğe sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ilgili kurumların stratejiler geliştirmesi ve destek programları düzenlemesi sektörün sürdürülebilirliği açısından önemli bir gerekliliktir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Katılımcılara yöneltilen "*Endüstri 4.0 kavramı sizin için ne ifade etmektedir?*" sorusuna verilen yanıtlar, katılımcıların Endüstri 4.0 araçları konusunda genel bir bilgiye sahip olduğunu ve tarım ile ilgili gelişmeleri takip ettiklerini göstermektedir. Katılımcılar, Endüstri 4.0 hakkında yeterli bilgiye sahiptir ve bu durum, yeni teknolojilere adaptasyon sürecini hızlandıracak ve yeni teknolojilere geçiş konusuna hazırlıklı olmayı sağlayacaktır. Katılımcıların Endüstri 4.0 tanımıyla ilgili ifadeleri, konu hakkında bilgi sahibi olduklarını gösterirken, endüstrinin gelişimine yönelik doğru adımlar atılmasına ve rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlar niteliktedir.

Katılımcılara yöneltilen "*Tarım sektöründe yürütülen faaliyetlerde hangi Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır?*" sorusuna verilen yanıtlar, tarla tahmin sistemleri, akıllı makineler, akıllı sulama sistemleri, Android ve iOS uygulamaları, uydu izleme sistemleri, uzaktan algılama, akıllı telefon ve tabletler, akıllı sensörler, termal kamera, nesnelerin interneti, dijital damla sulama sistemleri ve drone teknolojileri şeklindedir. Bu analiz sonuçları, tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımının giderek arttığını göstermektedir. Bu teknolojiler sayesinde tarım faaliyetlerinin daha verimli, sürdürülebilir ve akıllı bir şekilde gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Tarla tahmin sistemleri ve uydu izleme sistemleri sayesinde tarım alanlarının verimliliği artırılabilen, akıllı sulama sistemleri ve dijital damla sulama sistemleri ile su kaynaklarının daha etkin kullanılması sağlanabilmektedir. Ayrıca akıllı makineler ve drone teknolojileri sayesinde tarım işlemlerinin otomatikleştirilmesi ve verimliliğin artırılması mümkün olmaktadır. Bulgular literatürde yer alan Kovács ve Husti (2018) ile Ercan ve ark. (2019) tarafından yürütülen araştırmaların sonuçları ile tutarlılık sergilemekte olup tarım sektöründe dijital dönüşümün hızla başladığını ve önemsendiğini gösterir niteliktedir.

Katılımcılara yöneltilen "*Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarımda kullanılmasında etkili olan faktörler nelerdir?*" Sorusuna verilen cevaplar, üretim verimliliğini artırmak, mevcut kaynaklardan daha verimli faydalanmak, maliyetleri düşürmek, insan gücü temini, enerji kaynaklarının korunması, çevreyi koruma, zaman tasarrufu, üretimdeki hataların minimuma indirilmesi, toprak kalitesinin artırılması maddeleriyle ön plana çıkmaktadır. Bu faktörler, tarım sektörünün sürdürülebilirliği ve rekabet gücünün artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe kullanılması, üretim süreçlerinde daha verimli, hızlı ve doğru kararlar

alınmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, insan gücünün daha verimli kullanılması ve maliyetlerin düşürülmesi de sektördeki iş gücü sorununu çözmeye ve karlılığı artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, çevrenin korunması ve toprak kalitesinin artırılması da gelecek nesillerin tarımsal üretimden faydalanabilmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Sonuç olarak, tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılması, sektörün sürdürülebilirliğini sağlamada ve rekabet gücünü artırmada büyük bir etkiye sahip olup bu bulgu literatürde yer alan çalışmalar ile uyumluluk sergilemektedir. Smidt ve ark. (2022) yürüttükleri araştırmanın sonuç bölümünde Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe kullanılmasının, verimliliği artırdığını ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını vurgulamaktadır. Bunun yanında Kılavuz ve Erdem (2019) ve Sharma ve ark. (2021) Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe kullanılmasının, sektörün sürdürülebilirliğini sağlamada ve rekabet gücünü artırmada önemli bir rol oynadığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Katılımcılara yöneltilen “*Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini nasıl değiştirmektedir?*” sorusuna verilen cevaplar, oldukça olumlu sonuçlar ortaya koymaktadır. Katılımcılar, üretim verimliliğinin arttığı, ürün geliştirmenin takibinin sağlandığı, iş gücünün çalışma şartlarının iyileştiği, üretim maliyetlerinin ve zaman kayıplarının azaldığı, yeni üretim yöntemlerinin geliştirildiği, mevcut kaynakların daha etkin kullanıldığı ve üretimdeki hataların azaldığı yönünde görüş bildirmişlerdir. Literatürde yer alan Kirmikli ve Ertaş (2020), Üstündağ (2023) ve Araújo (2021) gibi araştırmacıların yaptığı çalışmalar da bu bulguları desteklemekte ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarımsal üretim süreçlerinde büyük bir iyileştirme potansiyel taşıdığını göstermektedir. Bu nedenle, tarım sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin bu teknolojilere yatırım yaparak rekabet güçlerini artırmaları ve sürdürülebilir tarıma katkıda bulunmaları büyük önem taşımaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “*Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda hangi işgücü becerilerini gerektirmektedir?*” sorusuna verilen cevaplar, tarımda çalışanların gelecekte sahip olmaları gereken önemli beceriler hakkında bize önemli bir bilgi sunmaktadır. Alınan yanıtlar; teknolojik gelişmeleri takip etme, yazılım bilgisi edinme, gerekli altyapı yönetimini sağlama, daha nitelikli olma ve değişen teknolojik aletleri kullanma gibi becerilerin tarım sektöründe önemli bir rol oynayacağını göstermektedir.

Bu analiz sonuçları, tarım sektöründe çalışanların teknolojik gelişmeleri yakından takip etmeleri ve bu gelişmelere uygun şekilde becerilerini geliştirmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, yazılım bilgisine sahip olmak ve gerekli altyapı

yönetimini sağlamak, tarım sektöründe çalışanların daha verimli ve etkili olmalarını sağlayacaktır. Değişen teknolojik aletleri kullanabilme becerisi, tarım sektöründe çalışanların rekabetçi olmalarını ve sektördeki değişime ayak uydurmalarını sağlayacaktır. Bu nedenle, tarım sektöründeki çalışanların bu becerilere sahip olmaları, Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım sektöründe başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için oldukça önemlidir. Elde edilen bulgular, literatürde yer alan Regan ve ark. (2018), Ercan ve ark. (2018) ve Kirmikil ve Ertaş (2020) tarafından yürütülen araştırmaların sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Bu nedenle, tarım sektöründe çalışanların teknolojik gelişmelere ayak uydurabilmeleri için sürekli olarak becerilerini geliştirmeleri ve yeni teknolojileri takip etmeleri gerekmektedir.

Katılımcılara yöneltilen *“Endüstri 4.0 teknolojileri ile tarım sektörü çalışanlarında nasıl bir değişim ön görmektesiniz?”* sorusu, sektördeki çalışanların gelecekte nasıl değişimler yaşayabileceğine dair önemli bir sorudur. Soruya verilen cevaplarda, tarım sektöründe çalışanların zamanı etkin kullanma, verimli ve etkin çalışma, çalışma şartlarında iyileşme, kaynakların verimli kullanımı, yeni teknolojik becerilere sahip olma ve bilgi edinmede kolaylık konularında değişimler yaşayacağını vurgulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, tarım sektöründe çalışanların zamanı etkin kullanma becerilerinin gelişmesi beklenmektedir. Zamanın etkin kullanılması, verimliliği artıracak ve iş gücünün daha verimli çalışmasını sağlayacaktır. Ayrıca, verimli ve etkin çalışma becerilerinin gelişmesi de beklenmektedir. Yeni teknolojik becerilerin kazanılması ve bilgi edinmenin kolaylaşması, çalışanların daha verimli ve etkin bir şekilde çalışmalarına olanak sağlayacaktır. Bununla birlikte, analiz sonuçlarına göre tarım sektöründe çalışanların çalışma şartlarında da iyileşmelerin olacağı öngörülmektedir. Bu iyileşmeler, çalışanların daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamına sahip olmalarını sağlayacak ve çalışma motivasyonlarını artıracaktır. Ayrıca, kaynakların verimli kullanımı konusunda da değişimler yaşanması beklenmektedir. Bulgular, Kirmikil ve Ertaş (2020), Regan (2018) ve Üstündağ (2022) tarafından yürütülen çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermekte olup tarım sektöründe çalışanların zamanı etkin kullanma becerilerinin geliştirilmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen *“Sizce tarım sektörü paydaşları (tarım alanında üretim yapan işletmeler, çiftçiler, hizmet sağlayıcılar, kamu kurumları vb.) Endüstri 4.0’ın ortaya çıkardığı dijital dönüşüme hazır mı?”* sorusuna ilişkin alınan cevaplar farklı düşünceler barındırmaktadır. Katılımcıların altısı, tarım sektörünün dijital dönüşüme

hazır olduğu yönünde görüş belirtirken dördü ise henüz hazır olmadığı yönünde kanaat getirmiştir. Bu sonuçlar, tarım sektöründe dijital dönüşümün önemine ve hızına dair farkındalığın henüz tam olarak sağlanamadığını göstermektedir. Bu nedenle, tarım sektörü paydaşları dijital dönüşüme uyum sağlamak için gerekli adımları atması ve bu konuda iş birliklerine giderek eğitim ve destek alması gerekmektedir. Endüstri 4.0'ın tarım sektörüne sağlayacağı verimlilik ve rekabet avantajları göz önünde bulundurulduğunda, dijital dönüşüme hazırlıklı olmanın önemi daha da artmaktadır.

Katılımcılara yöneltilen “*Sizce tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar/güçlükler nelerdir?*” sorusuna cevaplar olarak, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, gerekli olan alt yapı eksikliği, üreticilerin yüksek yaş ortalaması, bilgiye erişim yetersizliği, nitelikli personel eksikliği, eksik veri ve bilgiye sahip olmak, donanım yetersizliği, yetersiz veri mekanizmaları, teknolojiye dışa bağımlılık, yedek parça sorunu, arazilerin küçük olması yönünde beyanlarda da bulunmuşlardır. Bu zorluklar, tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanmasını engelleyen önemli faktörler olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin yaygınlaştırılması için bu zorlukların aşılması ve çözümlenmesi gerekmektedir. Konu hakkında, sektör paydaşlarının birlikte çalışarak çözüm odaklı yaklaşımlar benimsemesi ve yatırımların teşvik edilmesi önemli bir adım olacaktır. Ayrıca, teknolojiye erişim ve bilgiye ulaşım konusunda yapılan çalışmaların artırılması, nitelikli personel yetiştirilmesine yönelik programların geliştirilmesi ve veri mekanizmalarının güçlendirilmesi de sektörün Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulama sürecinde önemli rol oynayacaktır. Kirmikil ve Ertaş (2020), Kılavuz ve Erdem (2019), Sharma ve ark. (2022), Gubanova ve ark. (2017) ve Ercan ve ark. (2017) de yaptıkları araştırmalarda tarım sektöründe çalışanlar için etkili çalışma yönetimi becerilerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Tablo 5.2.'de araştırma analiz sonuçlarının literatür doğrulamasını tablo halinde gösterilmiştir.

Soru	Analiz Sonucu	Literatür Doğrulaması
<i>“Tarım sektöründe yürütülen faaliyetlerde hangi Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır?”</i>	Tarla tahmin sistemleri, akıllı makineler, akıllı sulama sistemleri, Android, iOS uygulamaları, uydu izleme sistemleri, uzaktan algılama, akıllı telefon ve tabletler, akıllı sensörler, termal kamera, nesnelerin interneti, dijital damla sulama sistemleri, drone teknolojileri.	Kovács ve Husti (2018), Ercan ve ark. (2019)
<i>“Tarım sektöründe Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmasında etkili olan faktörler nelerdir?”</i>	Üretim verimliliğini artırmak, mevcut kaynaklardan daha verimli faydalanmak, maliyetleri düşürmek, insan gücü temini, enerji kaynaklarının korunması, çevreyi koruma, zaman tasarrufu, üretimdeki hataların minimuma indirilmesi, toprak kalitesinin artırılması.	Smidt ve ark. (2022), Kılavuz ve Erdem (2019) ve Sharma ve ark. (2021)
<i>“Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini nasıl değiştirmektedir?”</i>	Üretim verimliliği artması, ürün geliştirme takibi sağlanması, iş gücünün çalışma şartları iyileşmesi, ürün üretme maliyetleri ve zaman kayıplarının azalması, yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesi, mevcut kaynakların daha etkin kullanılması ve üretimdeki hataların azalması.	Kirmikli ve Ertaş (2020), Üstündağ (2023) ve Araújo (2021)
<i>“Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda hangi işgücü becerilerini gerektirmektedir?”</i>	Zamanın teknolojik gelişmelerini takip etme, yazılım bilgisi edinme, gerekli altyapı yönetimini sağlama, daha nitelikli olma ve değişen teknolojik aletleri kullanma.	Regan ve ark. (2018), Ercan ve ark. (2018) ve Kirmikil ve Ertaş (2020)
<i>“Endüstri 4.0 teknolojileri ile tarım sektörü çalışanlarında nasıl bir değişim ön görmektesiniz?”</i>	Zamanı etkin kullanabilme, verimli ve etkin çalışma, çalışma şartlarında iyileşme, kaynakların verimli kullanımı, yeni teknolojik becerilere sahip olma, bilgi edinmede kolaylık.	Kirmikil ve Ertaş (2020), Regan (2018) ve Üstündağ (2022)
<i>“Sizce tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar/güçlükler nelerdir?”</i>	Yedek parça sorunu, arazilerin küçük olması, yüksek yaş ortalaması, bilgiye erişimde eksiklik, nitelikli personel eksikliği, donanım eksikliği, yüksek yatırım maliyeti, teknolojiye dışa bağımlılık, alt yapı eksikliği.	Kirmikil ve Ertaş (2020), Kılavuz ve Erdem (2019), Sharma ve ark. (2022), Gubanova ve ark. (2017), Ercan ve ark. (2017)

Tablo 5.2.: Araştırma sonuçlarının literatür doğrulaması

7.2. Öneriler

Tarım 4.0, tarımsal üretimde drone, robot, IoT, sensörler, akıllı sulama sistemleri, mobil uygulamalar ve yapay zekâ kullanan sistemleri gibi endüstri 4.0 araçlarını ifade etmektedir. Tarımda dijital teknolojilerin uygulanması; ürün verimini artırma, maliyetleri azaltma, mevcut kaynakları koruma, iş gücü arzını geliştirme, çalışma koşullarını iyileştirme, zamandan tasarruf sağlama, toprak kalitesini iyileştirme ve su, yakıt ve gübre kullanımını en aza indirme gibi olumlu birçok potansiyel etkiye sahiptir. Bu etkilerin tamamı tarımsal üreticilere fayda sağlarken tüketiciler için de daha ucuz ve daha kaliteli ürünlere ulaşabilmek anlamına gelmektedir. Dolayısıyla Tarım 4.0 üreticiden, tüketiciye ve doğal kaynakların korunmasına kadar tüm ögeler için fayda sağlayıcı durumundadır.

İnsanlığın geleceği için tarım en önemli alanlardandır. Özellikle artan dünya nüfusu ve iklim değişikliği, daha uzmanlaşmış tarım yöntemleri gerektirmektedir. Türkiye son yıllarda tarım sektöründe giderek artan sorunlarla baş etmeye çalışmaktadır. Tarımsal ürün fiyatlarının artış göstermesi ve ithalata başvurulması, Türkiye'nin üretimde dışa bağımlılığı, enerji fiyatlarındaki yükselme, ekilebilir arazilerin ve tarımsal istihdamın azalması, köyden kente göçle şehir nüfusunun artan gıda ihtiyacı, iklim değişikliklerinin üretim üzerindeki olumsuz etkileri tarım kapsamında yapısal stratejik kararlar verilmesi gerektiğini gösteren önemli göstergelerdir. Bir zamanlar tarımda kendi kendine yeten bir ülke olan Türkiye, bu nedenlerle dışa bağımlı bir ülke konumuna gelmeye başlamıştır.

Maliyetlerin düşürülmesi ve verimliliğin artırılması için yüksek teknolojlili tarım uygulamalarına geçilmesi, insan gücünün sahada eğitilmesi, çiftçilere üretimin her aşamasında bilgi ve teknik yardım sağlanması ve daha etkin bir federal iş birliği sisteminin uygulanmasını içeren kapsamlı bir tarımsal düzenlemeye ihtiyaç vardır. İleri teknoloji ile desteklenmiş tarım için ölçek ekonomisi sağlanmalı ve kamu-özel sektör-üniversite iş birliği güçlendirilmelidir. Üreticilerin akıllı tarımı anlamalarını sağlayacak eğitim faaliyetlerinin yürütülmesi sağlanmalıdır. Tarım bakanlığının yerel merkezlerinde akıllı tarıma yönelik teknik danışmanlık hizmeti verecek birimler kurulmalıdır. Arazi alanı akıllı tarıma uygun olan çiftçilere ve akıllı tarımsal üretim yapmak isteyen sanayicilere öneriler sunmak amacıyla akıllı tarıma yönelik kısa ve orta vadeli destek planları hayata geçirilmelidir. Tarım sektöründe gelirin ve katma değer artırılması, tarımın meslek haline getirilmesi özellikle işsizliğin yüksek olduğu Türkiye için büyük önem taşımaktadır.

Devlet destekleri ile tarımın dijitalleşmesi için gereken altyapı kurulmalıdır. Tohum, gübre ve sulama maliyetlerinin düşürülmesi, toprağa ve tüketiciye zarar veren bilinçsiz ilaçlamanın önüne geçilmesi diğer önemli gerekliliklerdir. Doğru politika ile tarım sektörü artık ülkeye yük olmaktan çıkıp kalkınmaya katkı sağlayarak hızlandırıcı bir sektör haline gelecektir. Tarımsal alanda uzmanlaşmış ülkelerle iş birliğine gidilerek, iyi uygulama örneklerinin Türkiye'ye aktarılması tarımsal teknoloji açığını daraltmasında kullanılmalıdır. Tarım sektörünün stratejik önemi genç nesillere anlatılmalı ve bu alanda iş kurmaları teşvik edilmelidir. Kısacası Türkiye'de tarım sektörü, geleneksel üretim yöntemleriyle verimliliği düşük, uzun vadede devlet desteğine bağımlı bir sektör olmaktan çıkarılarak ileri teknolojiye sahip, verimliliği ve kârı yüksek stratejik bir sektör olarak konumlandırılmalıdır.



8. KAYNAKLAR

Aktan, E. (2018). Büyük veri: Uygulama alanları, analitiği ve güvenlik boyutu. *Bilgi Yönetimi*, 1(1), 1-22.

Andrew, W., Gao, J., Mullan, S., Campbell, N., Dowsey, A. W., & Burghardt, T. (2021). Visual identification of individual Holstein-Friesian cattle via deep metric learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 10613

Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, 11(4), 667.

Arıcıoğlu, M. A., Yiğitöl, B., & Yılmaz, A. (2020). Endüstri 4.0 üzerine yöntem ve literatür çalışması: Türkiye’deki lisansüstü tez çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (57), 293-324.

Asan Y, (2021) Uydu analiziyle %25 tasarruf <https://www.yenisafak.com/ekonomi/uydu-analiziyle-25-tasarruf--3601462> Erişim Tarihi: 01.06.2023

Ateşoğlu, A. (2016). Havza çalışmalarında kullanılan CORINE 2006 arazi sınıflandırma verilerinin doğruluğunun araştırılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1), 173-183.

Bahadır, Ş. İ. N., & Kadioğlu, İ. (2019). İnsansız hava aracı (İHA) ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak yabancı ot tespitinin yapılması. *Turkish journal of weed science*, 22(2), 211-217.

Bahçıvan (2022) Akıllı Sulama Sistemleri <https://bahcivann.net/akilli-sulama-sistemleri/> Erişim Tarihi: 28.12.2022

Balcı B. (2022) Endüstri 4.0 Emeğin Niteliğini Nasıl Değiştirmektedir: Türkiye’de Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Uygulandığı İşletmelerde Nitel Bir Araştırma (Yayınlanmış doktora tezi) Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı, Kırklareli.

Baran, F. O., Kara E, & Sürmen, M. (2023). Türkiye’de Tarımda Dijitalleşme Sürecinde Yaşanan Gelişmeler. *Tarım, orman ve su bilimlerinde yenilikçi çalışmalar*, 151-177.

Barrett, H., & Rose, D. C. (2022). Perceptions of the fourth agricultural revolution: what’s in, what’s out, and what consequences are anticipated?. *Sociologia Ruralis*, 62(2), 162-189.

Barut, B., Ünver, M., Kayım, C., Toprak, E., Uysal, E. Otomotiv Endüstrisinde Akıllı Fabrika Uygulamaları ve Türkiye’de Adaptasyon Süreci. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 28-38.

Bayraktar, Y. ve Bulut, E., (2016). Tarımsal Desteklerin Değişen Yapısı ve Yüksek Tarımsal Desteklerin Nedenleri: Türkiye İçin Karşılaştırmalı Bir Analiz. *İktisat Fakültesi Mecmuası*: Cilt:66, Sayı:2106/1, ss:45-66.

Birişik, N. (2019). Küresel ve Ulusal Ölçekte Tarım ve Gıda Politikaları “Gerçekler, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Ankara: Dh Basın Yayın Matbaacılık*. 1 1-28

Bozkurt, Z. (2016). Çiftlik düzeyinde hayvan refahı değerlendirilmesi için bilimsel yaklaşımlar. *Kocatepe Veterinary Journal*, 9(3), 236-246.

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150.

Chmiliar, L. (2010, October). Mobile learning-student perspectives. In E-Learn: World

Civelek (2019) Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) ve Tarımda Kullanım Potansiyeli <https://apelasyon.com/yazi/66/nesnelerin-interneti-internet-of-things-iot-ve-tarimda-kullanim-potansiyeli> Erişim Tarihi: 22.01.2023

Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education *Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)* (pp. 1646-1651).

Creswell, J. W. (2017). Nitel araştırmacılar için 30 temel beceri (H. Özcan, Çev.). *Anı Yayıncılık*. 1-289

Çakmak (2019) Yapay Zekâ Destekli Otonom Tarım Robotu ile Tanışın: Mamut <https://bilimdili.com/teknoloji/yapayzeka/yapay-zeka-destekli-otonom-tarim-robotu-ile-tanisin-mamut/> Erişim Tarihi: 29.01.2023

Çelikleş, M., Sonlu, G., Özgel, S., & Atalay, Y. (2015). Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Mühendis ve Makine Dergisi*, 56(662), 24–32.

Çetin, Ç., Yaman, N., Sabah, L., Ayday, E., & Ayday, C. (2013). Bulut Bilişim (Cloud Computing) Teknolojisinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Uygulama Olanakları, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. *Teknik Sempozyumu (Tufuab'2013)*, 23, 25. 1-5

Çirkin, E., & Özdağoğlu, A. (2021). Endüstri 4.0 Bünyesindeki Otonom Robotların Sürdürülebilirlik Perspektifleri Açısından Değerlendirilmesi. *Erciyes Akademi*, 35(4), 1534-1553.

Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of production economics*, 204, 383-394.

Davutoğlu, N. A. (2017). Dördüncü sanayi devrimi unsurlarından bulut bilişim sistemi ve Hizmetlerin İnterneti Kapsamında İşletmelerde Sanal Organizasyonlar Oluşturma. *Asos Journal*. 53 (1) 491- 503

Davutoğlu, N. A. (2020). Üçüncü ve Dördüncü Sanayi Devrimleri arasındaki temel ve sistematik farklılıkların determinist bir yaklaşımla analizi. *Management and Political Sciences Review*, 2(1), 176-194.

De Castro, A. I., Jurado-Expósito, M., Peña-Barragán, J. M., & López-Granados, F. (2012). Airborne multi-spectral imagery for mapping cruciferous weeds in cereal and legume crops. *Precision Agriculture*, 13, 302-321.

De Haan, D. (2020). William Hazledine: Pioneering Ironmaster. *Industrial Archaeology Review*, 42(2), 171–171.

Derya, H. (2018). Endüstri devrimleri ve endüstri 4.0. *GÜ İslâhiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 2(2), 1-20.

Doğan, Z., Arslan, S., & Berkman, A. (2015). Türkiye’de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları: tarihsel bir bakış. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 29-41.

Doktar (2023) Dijital Tarım Ürünleri <https://www.doktar.com/> (Erişim Tarihi: 18.01.2023)

Duman, B., Özsoy, K. (2019). Endüstri 4.0 Perspektifinde Akıllı Tarım, 4th International Congress On 3d Printing (Additive Manufacturing) *Technologies And Digital Industry*, 540- 555.

Duo, Wenli, MengChu Zhou, and Abdullah Abusorrah. (2022) "A survey of cyber attacks on cyber physical systems: Recent advances and challenges." *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* 9.5 784-800.

Düzgün, D. E., & Çetinkaya, K. (2019). Moda Alanında 3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Kullanımı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3 (1), 19-31

Düzkkaya, H. (2016). Endüstri devriminde dördüncü dalga ve eğitim: Türkiye dördüncü dalga endüstri devrimine hazır mı? *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori Ve Uygulama*, 7(13), 49-88.

Erbaş, Ç., & Demirer, V. (2014). Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. *Journal of Instructional Technologies and Teacher Education*, 3(2), 8-16.

Erbil, K. (2023). Gastronomide dijitalleşme, IoT uygulamalarının kullanılması ve gastroteknolojinin kavramsal çerçevede incelenmesi. *Journal of Tourism Research Institute*, 4(1), 39-47.

Ercan Ş., Öztep, R., Güler, D., Saner G. (2019). Tarım 4.0 ve Türkiye’de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 2019, 25:2, 259-265.

Erdal, E., & Ergüzen, A. (2020). Nesnelerin İnterneti (IoT). *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(3), 24-34.

Ertaş B., Kirmikli, M. A (2020) Tarım 4.0 İle Sürdürülebilir Bir Gelecek *Icontech International Journal* 2020, 4.1; 1-12

Esmer, Y., & Şaylan, O. (2019). The Link of Industry 4.0 and Organizational Transformation. *Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 1–8. E

Fagal, A. J. B. (2021). British Responses to the US Steam Frigate Fulton the First. *Mariners Mirror*, 107(2), 188–201.

Fao. (2017). *E-Agriculture in Action*. Bangkok: the Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union. <https://www.fao.org/newsroom/detail/New-partnership-between-ITU-and-FAO-to-bolster-ICT-innovation-in-agriculture/en> (Erişim:03.12.2022)

Ferrag, M. A., Shu, L., Djallel, H., & Choo, K. K. R. (2021). Deep learning-based intrusion detection for distributed denial of service attack in agriculture 4.0. *Electronics*, 10(11), 1257.

Flores, C.D., (2013). Virtual simulators provide realistic training. <https://www.jbmdl.jb.mil/News/Article/243602/virtualsimulators-provide-realistic-training/>, Erişim Tarihi: 04.09.2023

Glesne, C. (2012). Nitel araştırmaya giriş. (A. Ersoy ve P. Yalçınoğlu, Çev.). *Ankara: Anı Yayıncılık*.

Gökçe, G., Goncu, S., & Bozkurt, S. (2020). Endüstri 4.0 ve hayvancılık. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(3), 21-26.

Gregersen, E. (2020). *History of Technology Timeline*. <https://www.britannica.com/story/history-of-technology-timeline> Erişim Tarihi: 09.11.2022

Gubanova, A., Clasen, M., & Theuvsen, L. (2017). How do digital agricultural startups achieve critical mass? A qualitative analysis. In 37. *GIL-Jahrestagung 2017-Fokus: Digitale Transformation–Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft, Lecture Notes in Informatics; P268* (Vol. 2017, pp. 61-64). Gesellschaft für Informatik eV.

Güner Ş (2018) Tarımda Verimi Artıran Yapay Zekâ Teknolojileri <https://www.myfikirler.org/tarimda-verimi-artiran-yapay-zeka-teknolojileri.html> Erişim Tarihi: 22.01.2023

Hati, A. J., & Singh, R. R. (2021). Smart indoor farms: leveraging technological advancements to power a sustainable agricultural revolution. *AgriEngineering*, 3(4), 728-767.

Hektaş (2021). *Akıllı Tarım Nedir?* <https://hektas.com.tr/akilli-tarim-nedir/> (Erişim:07.12.2022)

Hermann, M.; Pentek, T.; Otto, B., (2016). Design principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: System Sciences (HICSS), 49th Hawaii International Conference on. IEEE,3928-3937.

Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(1), 28-35.

Jalali, S. M. J., Ahmadian, S., Khosravi, A., Mirjalili, S., Mahmoudi, M. R., & Nahavandi, S. (2020). Neuroevolution-based autonomous robot navigation: A comparative study. *Cognitive Systems Research*, 62, 35-43.

Kagermann, H. (2014). Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In *Management of permanent change* (pp. 23-45). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kagermann, H. (2017). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4* (pp. 237-248). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.

Karakuş, G. (2023). Can Industry 4.0 Technologies Offer a Solution for the Sustainability of SMEs?: Case Studies From Turkey. In *Examining the Vital Financial Role of SMEs in Achieving the Sustainable Development Goals* (pp. 179-206). IGI Global.

Karakuş, G., & Gönen, İ. (2022). Askeri Alanda Endüstri 4.0 Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (43), 104-109.

Karakuş, G., Yılmaztekin, F., Hamamcı, S., Bulut, B. & Ünver, R. (2022). Havacılık 4.0 Kapsamında Havalimanlarında Dijital Dönüşüm: Ankara Esenboğa Havalimanında Bir Araştırma, *16. Uluslararası Güncel Araştırmalarla Sosyal Bilimler Kongresi Bildiriler Kitabı*, pp. 796-813.

Karavaşin, M., Dündar, Ö., & Samancı, A. (2018). The way of yield increasing and cost reducing in agriculture: smart irrigation and fertigation. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(10), 1370-1380.

Kelly, D. (2016). Perceptions of Taylorism and a Marxist scientific manager. *Journal of Management History*, 22(3), 298–319.

Kılavuz, E., & Erdem, İ. (2019). Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve Türk tarımının dönüşümü. *Social Sciences*, 14(4), 133-157.

Koca, D. (2020). Sanayi devrimlerinin tarihsel arka planı ve işgücü becerileri üzerindeki yansımaları. *OPUS International Journal of Society Researches*, 16(31), 4531-4558.

Kovács, I., & Husti, I. (2018). The role of digitalization in the agricultural 4.0—how to connect the industry 4.0 to agriculture? *Hungarian agricultural engineering*, (33), 38-42.

Kurnaz, Z. (2016). *Türkiye’de Siyasal Korku ve Akademik Hayatın İnşası* (Yayınlanmış doktora tezi) Hacettepe Üniversitesi.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322-4334.

Manners-Bell, J., & Lyon, K. (2012). The implications of 3D printing for the global logistics industry. *Transport Intelligence*, 1, 1-5.

Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing (SP 800-145). *NIST Spec. Publ*, 145, 7.

Merriam, S. B., & Bierema, L. L. (2013). Adult learning: Linking theory and practice. *John Wiley & Sons*.

Nascimento, L. , Souza, T., Oliveira, I., Moraes, J., Aguiar, R., & Silva, L (2018). Theoretical saturation in qualitative research: an experience report in interview with schoolchildren. *Revista brasileira de enfermagem*, 71, 228-233.

Netafim (2022) Akıllı Gübreleme ile Tanışın <https://www.netafim.com.tr/akilli-sulama/akilli-gubreleme/> (Erişim Tarihi: 15.01.2023)

Oğuz Ş (2023) Toprağa tohum ile bilgi ekmek <https://www.ekonomim.com/kose-yazisi/topraga-tohum-ile-bilgi-ekmek/694423> Erişim Tarihi: Erişim Tarihi: 16.01.2023

Oral, O. ve Çakır, M., (2017), Nesnelere İnternet Kavramı ve Örnek Bir Prototipinin Oluşturulması, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Özel Sayı 1: 172-177

Orhan, A. (2019). Endüstri 4.0 Devrim mi Devrim mi?. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (18), 557-576.

Örselli, E., & Akbay, C. (2019). Teknoloji ve kent yaşamında dönüşüm: akıllı kentler. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 2(1), 228-241.

Özden, A. T. (2022). 1.0'dan 5.0'a Dünya: Web, Pazarlama, Endüstri ve Toplum. *Journal of Business in The Digital Age*, 5(1), 29-44.

Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları*. Pusula 327, 1-26

Özer, G. (2021). Hollanda'nın tarımdaki yapısal dönüşümü ve bu dönüşümün uluslararası ticaretine yansımaları. *Journal of Life Economics*, 8(1), 69-79.

Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 41-64.

Pakdemirli, B., Birişik, N., Aslan, İ., Sönmez, B., Gezici, M. (2021) Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 78-87.

Paşaoğlu, C., & Cevheroğlu, E. (2020). Bulut Bilişim Sistemleri Kapsamında Kişisel Verilerin Şifreleme Yöntemleri ile Korunması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 183-195.

Patton, M. Q. (2014). Nitel Araştırma ve Değerlendirme Yöntemleri (M. Bütün & S. B. Demir, Çev.). *Pegem Akademi*.

Petekçi, A. R. (2021). Endüstri 4.0: Fırsat mı Tehlike mi? *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 2(1), 7-15

Puliafito, A., Tricomi, G., Zafeiropoulos, A., & Papavassiliou, S. (2021). Smart cities of the future as cyber physical systems: Challenges and enabling technologies. *Sensors*, 21(10), 3349.

Rayhana, R., Xiao, G., & Liu, Z. (2020). Internet of things empowered smart greenhouse farming. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, 195-211.

Regan, Á., Green, S., & Maher, P. (2018). Smart Farming in Ireland: Anticipating positive and negative impacts through a qualitative study of risk and benefit perceptions amongst expert actors in the Irish agri-food sector. In *Proceedings of the 13th European International Farm Systems Association Symposium, Chania, Greece* 1-5.

Rms (2021) Yield Mapping Checklist
<https://www.rmsag.com.au/articles/2021/11/yield-mapping-checklist-spw6n-rawme-rm246-wys6f> Erişim Tarihi: 01.08.2023

Sabancı, K., Ünlerşen, M. F., & Dilay, Y. (2016). Karaman Yöresinde Yetiştirilen Elma Çeşitlerinin Sınıflandırma Parametrelerini Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(2), 133-139.

Sadeeq, M. M., Abdulkareem, N. M., Zeebaree, S. R., Ahmed, D. M., Sami, A. S., & Zebari, R. R. (2021). IoT and Cloud computing issues, challenges and opportunities: A review. *Qubahan Academic Journal*, 1(2), 1-7.

Santos, R. C., & Martinho, J. L. (2020). An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1023-1043.

Sarıcıoğlu P. İlerisoy Z. Soyluk A. (2019) Mimarlık ve Endüstri 4.0 Eşleşmesi <https://yapidergisi.com/mimarlik-ve-endustri-4-0-eslesmesi/> Erişim Tarihi: 25.11.2022

Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., ... & Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & quantity*, 52, 1893-1907.

Saygılı, F., Kaya, A.A., Çalışkan, E.T. ve Kozal, Ö.E., (2018) Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0, *İzmir Ticaret Borsası*, Yayın No: 98, 21-22

Sebele-Mpofu, F. Y. (2020). Saturation controversy in qualitative research: Complexities and underlying assumptions. A literature review. *Cogent Social Sciences*, 6(1), 1838706.

Sertyeşilışık, E. (2017). Türkiye'nin su kaynaklarının ekonomi politiği üzerine bir inceleme. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(1), 28-30.

Shamout, M., Ben-Abdallah, R., Alshurideh, M., Alzoubi, H., Kurdi, B. A., & Hamadneh, S. (2022). A conceptual model for the adoption of autonomous robots in supply chain and logistics industry. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(2), 577-592.

Sharma, K., Sharma, C., Sharma, S., & Asenso, E. (2022). Broadening the Research Pathways in Smart Agriculture: Predictive Analysis Using Semiautomatic Information Modeling. *Journal of Sensors*. 1-19

Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0 *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 607–617.

Shiue, Y. R., Lee, K. C., & Su, C. T. (2018). Real-time scheduling for a smart factory using a reinforcement learning approach. *Computers & Industrial Engineering*, 125, 604-614

Silleli, H., Tazegül, Ü. & Yıldırım, E. (2020). Sera Mekanizasyonunda Mevcut Durum ve Gelecek. Türkiye'de Örtü Altı Yetiştiriciliği ve Yeni Gelişmeler, *Tmmob Ziraat Mühendisliği Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX, Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, Ocak 2020, Ankara, 1, 325- 344.

Sirikun, C., Samseemoung, G., Soni, P., Langkapin, J., & Srinonchat, J. (2021). A Grain Yield Sensor for Yield Mapping with Local Rice Combine Harvester. *Agriculture*, 11(9), 897. 1-17

Smidt, H. J., & Jokonya, O. (2022). Factors affecting digital technology adoption by small-scale farmers in agriculture value chains (AVCs) in South Africa. *Information Technology for Development*, 28(3), 558-584.

Sony, M., & Naik, S. (2020). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27(7), 2213-2232.

Sözen M., & Mescioğlu, T. (2019). Ensütri 4.0 'ın itici güçlerinin Türkiye ve Çin Üzerindeki etkileri. *International Journal of Social Inquiry*, 12(1), 287-315.

Tabit (2023). Hakkımızda <https://www.tabit.com.tr/sayfalar-Misyon-Vizyon-Degerler> (Erişim Tarihi: 18.01.2023)

Tarım (2018). Tarımda İleri Teknoloji <https://www.tarim.com.tr/Tarimda-Ileri-Teknoloji,1938fg> Erişim Tarihi: 11.12.2022

Taş, H. Y. (2018). Dördüncü Sanayi Devriminin (Endüstri 4.0) çalışma hayatına ve istihdama muhtemel etkileri. *OPUS International Journal of Society Researches*, 9(16), 1817-1836.

Taşkın, T., Akbaş, Y., Koyuncu, M., Kandemir, Ç., Tekin, A. B., Koşum, N. (2016). Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinde Elektronik Tanımlama Sistemlerinin Önemi ve Kullanımı Olanakları. *Hayvansal Üretim*, 57(2), 42-56.

Taştan, M. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 229-236.

Teke, M., Deveci, H.S., Öztoprak, F., Efendioğlu, M., Küpçü, R., Demirkesen, C. ve Yıldırım, E., (2016). Akıllı Tarım Fizibilite Projesi: *Hassas Tarım Uygulamaları İçin Havadan ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi ve Analizi, Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, 463-473

Thomas, Rosemary. J., O'Hare, G., & Coyle, D. (2023). Understanding technology acceptance in smart agriculture: A systematic review of empirical research in crop production. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122374.

Trivelli, L., Apicella, A., Chiarello, F., Rana, R., Fantoni, G., & Tarabella, A. (2019). From precision agriculture to Industry 4.0: Unveiling technological connections in the agrifood sector. *British food journal*, 121(8), 1730-1743.

Turkcell (2019). Dijital Tarımda Yerli ve Milli Ürün <https://medya.turkcell.com.tr/bulletins/dijital-tarimda-yerli-ve-milli-urun-filiz/> Erişim Tarihi: 23.01.2023

Türker U, Akdemir B , Topakcı M , Tekin B , Ünal İ Aydın A , Özoğul Ö , Evrenosoğlu M (2015). Ziraat Mühendisliği Odası. . Hassas Tarım Teknolojilerindeki Gelişmeler *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1* 1-709

Türkgap (2023). Dijital Tarım Pazarı (DİTAP) <http://www.turkgap.com/duyuru/dijital-tarim-pazari-ditap-42> Erişim Tarihi: 05.09.2023

Türkseven, S., Kızmaz, M. Z., Tekin, A. B., Urkan, E., & Serim, A. T. (2016). Tarımda dijital dönüşüm; insansız hava araçları kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 267-271.

Ullah, A. S. (2020). What is knowledge in Industry 4.0? *Engineering Reports*, 2(8). 1-21

Uzun, Y., Bilban, M., & Arıkan, H. (2018). Tarım ve Kırsal Kalkınmada Yapay Zeka Kullanımı, VI. *Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, 26, 27. 1-6

Üstündağ (2022). *Tarımsal Üretimin Dönüşümü ve Akıllı Tarım* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Viazzi, S., Bahr, C., Van Hertem, T., Schlageter-Tello, A., Romanini, C. E. B., Halachmi, I., Berckmans, D. (2014). Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 139-147.

- Vos, J. (2020). Smallholder farming in Africa and the opportunities for digital enablement. <https://www.vodafone.com/news/digital-society/smallholder-farming-in-africa> (Erişim tarihi: 01.04.2022)
- Walker, J. L. (2012). Research column. The use of saturation in qualitative research. *Canadian journal of cardiovascular nursing*, 22(2).
- Xiao, K., Xiao, D., & Luo, X. (2010). Smart water-saving irrigation system in precision agriculture based on wireless sensor network. *Transactions of the Chinese society of Agricultural Engineering*, 26(11), 170-175.
- Xiong, J., Hsiang, E. L., He, Z., Zhan, T., & Wu, S. T. (2021). Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives. *Light: Science & Applications*, 10(1), 1- 36
- Xu, L. da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962.
- Yaacoub, J. P. A., Salman, O., Noura, H. N., Kaaniche, N., Chehab, A., & Malli, M. (2020). Cyber-physical systems security: Limitations, issues and future trends. *Microprocessors and microsystems*, 77, 103201.
- Yaman, H., Sungur, O., & Dulupçu, M. A. (2021). Dünyada tarım ve hayvancılığın dönüşümü: Teknolojiye dayalı uygulamalar ve devrimler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 27(2), 123-133.
- Yenikaya, M. A., Güvenoğlu, E., Kondakçı, S. (2022). Nesnelerin İnterneti (IoT) Tabanlı Akıllı Sulama ve Gübreleme Sistemi. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 15(1), 14-23.
- Yıldız, T. (2017). Yaklaşan dördüncü endüstri devrimi ve Türkiye'deki mevcut durum. *İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü*, 1-18.
- Yılmaz, M., & Arslantaş, C. (2022). İşletmelerde endüstri 4.0 farkındalığı ve işgücü üzerindeki etkileri: yönetici görüşleri üzerine çoklu örnek olay çalışması. *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2), 139-147.

Yin, R.K. (2016). *Qualitative Research from Start to Finish, Second Edition*. New York: The Guilford Press. 386 pp.

Yin, S., & Kaynak, O. (2015). Big data for modern industry: challenges and trends. *Proceedings of the IEEE*, 103(2), 143-146

Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 848–861.

Yuran, A. F., & Yavuz, İ. (2021). Endüstri 4.0 ve 3 boyutlu yazıcıların karşılaştırılması. *Mühendis ve Makina*, 62(704), 580-606.

Yüksekbilgili Z, Çevik G (2018) Endüstri 4.0 bağlamında Türkiye'nin yerine ilişkin güncel ve gelecek eksenli bir analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2018, 3.2: 422-436.

9. EKLER

EK-1: Etik Kurulu Kararı



NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
ETİK KURUL KARARI

Toplantı Tarihi	12.10.2023
Karar No	2023/15
Araştırmanın Başlığı	Endüstri 4.0 Perspektifinde Türkiye’de Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm: Mevcut Durum Tespitine Yönelik Nitel Bir Araştırma
Sorumlu Araştırmacı	Doç. Dr. Güzide KARAKUŞ
Yardımcı Araştırmacı	Lisansüstü Öğrenci İbrahim GÖNEN
Etik Kurul Kararı	15398.R1-16060 sayılı başvuru Etik Kurul tarafından değerlendirilmiş olup, başvurunun bilimsel araştırma etiği açısından “Uygun” olduğuna karar verilmiştir.

EK-2: Gönüllü Katılım Formu Örneği

ÖRNEK ARAŞTIRMA GÖNÜLLÜ KATILIM FORMU

Bu çalışma, "Endüstri 4.0 Perspektifinde Türkiye'de Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm: Mevcut Durum Tespitine Yönelik Nitel Bir Araştırma" başlıklı bir araştırma çalışması olup yapılacak olan Sürekli İyileştirmelerin hem işletmenin performansını hem de üretim performansını ne ölçüde etkilediğini ele alarak, hem bunu uygulayan-uygulayacak olan firmalara hem de benzer alanda araştırma yapacak olan kişilere faydalı olabilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, araştırmacı tarafından yürütülmekte olup sonuçları ile belirlenen parametreler ve kalite odaklı başarı için sürekli iyileştirme anlayışının önemi ile ilgili ilişkiler ortaya konacaktır.

- Bu çalışmaya katılımınız gönüllülük esasına dayanmaktadır.
- Çalışmanın amacı doğrultusunda, anket yapılarak sizden veriler toplanacaktır.
- İsmınızı yazmak ya da kimliğinizi açığa çıkaracak bir bilgi vermek zorunda değilsiniz/araştırmada katılımcıların isimleri gizli tutulacaktır.
- Araştırma kapsamında toplanan veriler, sadece bilimsel amaçlar doğrultusunda kullanılacak, araştırmacının amacı dışında ya da bir başka araştırmada kullanılmayacak ve gerekmesi halinde, sizin (yazılı) izniniz olmadan başkalarıyla paylaşılmayacaktır.
- İstemeniz halinde sizden toplanan verileri inceleme hakkınız bulunmaktadır.
- Sizden toplanan veriler 3. şahıslarla paylaşmaya kapalı tutma yöntemi ile korunacak ve araştırma bitiminde arşivlenecek veya imha edilecektir.
- Veri toplama sürecinde/süreçlerinde size rahatsızlık verebilecek herhangi bir soru/talep olmayacaktır. Yine de katılımınız sırasında herhangi bir sebepten rahatsızlık hissederseniz çalışmadan istediğiniz zamanda ayrılabilirsiniz. Çalışmadan ayrılmanız durumunda sizden toplanan veriler çalışmadan çıkarılacak ve imha edilecektir.

Gönüllü katılım formunu okumak ve değerlendirmek üzere ayırdığınız zaman için teşekkür ederim. Çalışma hakkındaki sorularınızı Necmettin Erbakan Üniversitesi Havacılık Yönetimi bölümünden Doç. Dr.i Güzide Karakuş'a ve araştırmacıya yöneltebilirsiniz.

Araştırmacı Adı :
İletişim :

Bu çalışmaya tamamen kendi rızamla, istediğim takdirde çalışmadan ayrılabileceğimi bilerek verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılmasını kabul ediyorum.

(Lütfen bu formu doldurup imzaladıktan sonra veri toplayan kişiye veriniz.)

Katılımcı Ad ve Soyadı:
Tarih:
İmza:

EK-3: Gönüllü Katılım Formu Örneği

T.C.

**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ GÖRÜŞME SORULARI

**Endüstri 4.0 Perspektifinde Türkiye’de Tarım Sektöründe Dijital Dönüşüm: Mevcut Durum
Tespitine Yönelik Nitel Bir Araştırma**

Doç. Dr. Güzide KARAKUŞ- Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

İbrahim GÖNEN- Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi

Sayın yetkili, Araştırmamızın hedefi Endüstri 4.0 Perspektifinde Türkiye’de Tarım Sektörünün Dijital Dönüşümündeki Mevcut Durumunu açıklayan kavramsal sistemi ortaya çıkartarak bu sistem hakkındaki düşüncelerin sunulmasıdır. Araştırmamızın hedefine ulaşabilmesi için görüşmede esnasında tüm soruları eksiksiz yanıtlamanız önemlidir. Lütfen soruları yanıtlarken sadece konuya ilişkin düşüncelerinizi belirtiniz.

Endüstri 4.0 kavramı sizin için ne ifade etmektedir?

1. Tarım sektöründe yürütülen faaliyetlerde hangi Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır? Bu teknolojilerin kullanılmasında etkili olan faktörler nelerdir?
2. Endüstri 4.0 teknolojileri tarım sektöründe üretim sürecini nasıl değiştirmektedir?
3. Endüstri 4.0 teknolojileri tarımda hangi işgücü becerilerini gerektirmektedir? Tarım sektörü çalışanlarında nasıl bir değişim ön görmektesiniz?
4. Sizce tarım sektörü paydaşları (tarım alanında üretim yapan işletmeler, çiftçiler, hizmet sağlayıcılar, kamu kurumları vb.) Endüstri 4.0’ın ortaya çıkardığı dijital dönüşüme hazır mı?
5. Sizce tarım sektörü paydaşlarının Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta karşılaştıkları zorluklar/güçlükler nelerdir?