

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE
AKILLI UYGULAMA TEKNOLOJİLERİ İLE KIRSAL
KALKINMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hazırlayan
Levent ERDOĞAN**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR**

Yüksek Lisans Tezi

**Ocak 2021
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE
AKILLI UYGULAMA TEKNOLOJİLERİ İLE KIRSAL
KALKINMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Levent ERDOĞAN**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR**

**Ocak 2021
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Levent ERDOĞAN



“Coğrafi Bilgi Teknolojileri ve Akıllı Uygulama Teknolojileri İle Kırsal Kalkınmanın Değerlendirilmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan
Levent ERDOĞAN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR

Harita Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

Dr. Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR danışmanlığında **Levent ERDOĞAN** tarafından hazırlanan “**Coğrafi Bilgi Teknolojileri ve Akıllı Uygulama Teknolojileri İle Kırsal Kalkınmanın Değerlendirilmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

... / ... / 2020

JÜRİ:

Danışman : Dr.Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR

Üye : Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

Üye : Dr.Öğr. Üyesi Ebru KAMACI KARAHAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun şekillenmesinde fikirleriyle bana yol gösteren, çalışmamın her aşamasında yapıcı yaklaşımlarıyla ve destekleriyle kıymetli yardımını esirgemeyen, yüksek lisans tezimin gerçekleşmesine katkı sağlayan danışman hocam Şehir ve Bölge Planlama Bölümü öğretim üyesi sayın Dr. Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR'e minnettarım ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince değerli düşüncelerinden yararlandığım kıymetli jüri üyeleri hocalarım Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN ve Bursa Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Ebru KAMACI KARAHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman karşılıksız sevgi ve desteklerini esirgemeye; Aileme sevgilerimi sunarım.

Sevgi ve güveniyle, zor ve kolay her anımda, hep yanımda olan kıymetli eşim Şeyda ERDOĞAN'a ve minnak oğlum Atlas'a sevgilerimi sunarım.

Levent ERDOĞAN

COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE AKILLI UYGULAMA TEKNOLOJİLERİ İLE KIRSAL KALKINMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Levent ERDOĞAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2021
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Semih Halil EMÜR

ÖZET

Ekonomisi tarımsal üretime dayanan kırsal bölgelerin, kalkınmasında etkili olacak önemli bileşenler üretim, sürdürülebilir tarım ve tedarik zinciridir. Kırsal kalkınmada, yeni yaklaşımlarla birlikte, geleceğe yön veren yeni teknolojiler ile bilginin üretilmesi, yaygınlaştırılması ve kullanılmasına ilişkin çeşitli disiplinlerden aktörlerin yer aldığı dinamik ve karmaşık bir bilgi ağı sistemi ile yenileşen tarımsal üretim modeli oluşturulmalıdır.

Teknolojinin kırsal alanlarda insan odaklı sürdürülebilir akıllı tarım uygulamaları ile bilgiye dayalı, sürdürülebilir büyüme ve gelişme süreçlerinin benimsendiği yenileşim çalışmalarına örnek bir tarımsal üretim modeli geliştirilmesi çalışmada amaçlanmıştır.

Teknolojide yaşanan gelişmeler doğrultusunda Endüstri 4.0'ın dünyaya kazandırdıklarından tarım sektörü de büyük oranda faydalanmaktadır. Son yıllarda hızlı gelişen ve yaygınlaşan nesnelerin interneti, blok zincir, yapay zeka, uzaktan algılama ve görüntü işleme teknikleri ve coğrafi bilgi sistemleri ile oluşturulan bütünleşik sistemler tarımsal üretim alanında aktif olarak kullanılmaktadır. Çeşitli teknikler yardımı ile toplanan toprak ve meteoroloji verilerine ek olarak uydu sistemlerinden ve insansız hava araçlarından da elde edilen yüksek çözünürlükte görüntüler karar destek platformlarına aktarılarak yapay zeka desteği ile dinamik olarak üretim süreci için durum tespiti ve çözüm önerileri yapılabilmektedir.

Ayrıca, blok zincir teknolojisinden yararlanılarak önerilen tarım modelinde; tedarik zinciri üzerindeki aktörler arasında oluşturulan bilgi ağının, akıllı sözleşmelerden yararlanılarak bilgi ve ürün akışının şeffaf ve güvenilir bir şekilde aktarımı sağlanarak, tarımsal verimlilik ve rekabet gücünün artırılması, sürdürülebilir ekonomik büyüme, sınırlı toprak ve su kaynaklarının etkin kullanılması, gıda güvencesi, iklim değişikliği,

kırsal yoksulluk, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, gıda gereksiniminin karşılanması gibi ekonomik, sosyal ve çevresel konuların gelişimine katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Kırsal kalkınma ile akıllı tarım bileşenleri (Coğrafi Bilgi Sistemleri, Nesnelerin İnterneti, Yapay Zeka, İnsansız Hava Araçları ve Blok Zincir) arasındaki çok boyutlu ve çok aktörlü ilişkinin bir model üzerinden kırsal alanların tarımsal üretime dayalı ekonomik yapısı geliştirilerek, ekonomik faaliyetleri çeşitlenen, yerel ya da uluslararası pazar üzerinden ticari ilişkiler kurarak ağ odaklı işbirliklerin yapıldığı rekabetçi alanlar haline getirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal Kalkınma, Akıllı Tarım, Tedarik Zinciri, Coğrafi Bilgi Sistemi, Nesnelerin İnterneti, Yapay Zeka ve Blok Zincir.

THE EVALUATION OF RURAL DEVELOPMENT THROUGH GEOGRAPHICAL INFORMATION AND SMART APPLICATION TECHNOLOGIES

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, January 2021

Supervisor: Dr. Semih Halil EMÜR

ABSTRACT

The most crucial elements in the development of rural lands that rely on agriculture are agricultural production, sustainable agriculture, and supply chains. A new agricultural production model with a dynamic and complex multidisciplinary network of information must be formed in rural development in line with new approaches and the latest technology.

Through human-oriented smart agricultural applications and renewal activities that embrace development processes that embrace smart, sustainable growth and development, an example agricultural model is intended to be created.

In accordance with developments in technology, the agriculture sector has also been benefiting from the advancements introduced by Industry 4.0. In recent years, integrated systems formed by putting together the internet of things, block chains, artificial intelligence, remote sensing, image processing techniques, and geographical information systems have been actively used in agriculture. In addition to soil and meteorological data gathered through different techniques, high-resolution images acquired from satellite systems and drones are transferred to decision support systems to create status reports and solution offers.

Furthermore, in the agricultural model formed with the support of block chain technology, by ensuring the transparency of the flow of information and product through the parties involved in the supply chain through smart contracts, contributions are aimed to be made in economic, social, and environmental fields such as agricultural efficiency and competitiveness, sustainable economical growth, the efficient use of limited soil and water resources, food safety, climate change, rural poverty, improvement of life standards.

The agriculture-based economical structure of rural lands is intended to be improved through a model that improves the multidimensional and multiparty connection between rural development and components of smart agriculture (geographical information systems, the internet of things, artificial intelligence, drones, and block chain) in order to create competitive areas with a higher variety of economical activities in which network-oriented connections are made within local or international markets.

Keywords: Rural Development, Smart Agriculture, Supply Chain, Geographic Information System, Internet Of Things, Artificial Intelligence, Blockchain.



İÇİNDEKİLER

COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE AKILLI UYGULAMA TEKNOLOJİLERİ İLE KIRSAL KALKINMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
ONAY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
TABLO LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
GİRİŞ.....	1

BÖLÜM 1

KIRSALLIK OLGUSU VE KIRSAL KALKINMA

1.1. Kır Yerleşmeleri ve Kırsal Alan.....	7
1.1.1. Avrupa Birliği (AB) Kırsal Alan Yaklaşımı.....	10
1.1.2. OECD Kırsal Alan Yaklaşımı.....	11
1.1.3. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Kırsal Alan yaklaşımı.....	13
1.2. Türkiye’de Kırsal Alan Kavramı.....	14
1.2.1. Türkiye’de Tarım Sektörünün Yapısı ve Kırsal Göstergeler.....	15
1.3. Kırsal Kalkınma.....	20
1.3.1. Kırsal Kalkınma Süreci Üzerine.....	24
1.3.2. Kırsal Kalkınmada Mevcut Yaklaşımlar.....	26
1.4. Tarımsal Üretim ve Sürdürülebilir Tarım.....	29
1.4.1. Sürdürülebilir Tarım ve İlkeleri.....	32
1.5. Tarım Üretimi ve Küreselleşme İlişkisi.....	33

BÖLÜM 2

AKILLI TARIM VE BİRLEŞENLERİ

2.1. Tedarik Zinciri ve Yönetimi.....	36
---------------------------------------	----

2.2. Dijital Dönüşüm ve Tarım 4.0.....	39
2.3.Blok zincir	42
2.3.1. Blok Zincir Ağ çeşitleri.....	45
2.3.2. Blok zincir çalışma mekanizması.....	47
2.3.3 Akıllı Sözleşmeler	50
2.4.Nesnelerin İnterneti (Internet Of Things – IOT)	52
2.5.Yapay Zeka (AI).....	55
2.5.1. Merkezi olmayan Yapay Zeka Uygulamaları.....	61
2.4.Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).....	66
2.4.1.Coğrafi Bilgi sistemlerinin birleşenleri	68
2.4.2. Coğrafi bilgi Sistemlerinin İşlevleri ve Kullanım Alanları	69
2.4.3. CBS’de Verinin Elde Edilme ve Kullanım Yöntemi.....	71
2.4.4.İnsansız Hava Araçları (İHA).....	74
2.4.5.Akıllı Tarımda Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	75

BÖLÜM 3

AKILLI TARIM MODELİ VE TEDARİK ZİNCİRİ

3.1.Tarımsal Alanların Mekânsal ve Coğrafi Verileri.....	80
3.1.1. Tarım Arazilerine Yönelik Bilgi Altyapısının Oluşturulması.....	81
3.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Üzerinden Tarımsal Kalitenin Takibi.....	83
3.1.3. Akıllı Tarımda İnsansız Hava Araçları	84
3.2. Akıllı Algılama ve İzleme.....	85
3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Tarımsal Uygulama	86
3.2.2. Nesnelerin İnterneti ve Tarımsal Uygulamalar.....	89
3.2.3. Tarımda Kullanılan Kablosuz Sensörler	93
3.3. Tarımsal Üretimde Akıllı Analiz ve Planlama	96
3.4. Tarımsal Üretimde Akıllı Kontrol.....	99
3.4.1. Akıllı Tarımda, Blok Zincir ile Tedarik Zincirinin Yönetimi	101
3.4.2. Gıda Tedarik Zincirinde Kullanımı	104
3.4.3. Tarımsal Tedarik Zinciri.....	106
3.4.4 Akıllı Sözleşme Üzerindeki İşlem Akışı.....	113
3.5. Yeni Tarımsal Model	116
3.5.1.Çok Yönlü Algılama Katmanı	116
3.5.2. Güvenilir İletim Katmanı.....	117

3.5.3. Akıllı İşlem Katmanı.....	117
3.5.4. Akıllı Uygulama Katmanı	118
3.5.5. Destekleyici Ortam Katmanı.....	118
BÖLÜM 4	
SONUÇ	
KAYNAKÇA	127
ÖZGEÇMİŞ.....	142



KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AI	Artificial Intelligence/Yapay Zeka
AIDC	Automatic Identification And Data Collection /Tekniği Hızlı ve Kolay Veri Toplama Yöntemi
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri
CAP	Common Agricultural Policy/ Ortak Tarım Politikası
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CLLD	Community-Led Local Development/ Toplum Temelli Yerel Kalkınma
CNN	Convolutional Neural Network/Evrişimsel Sinir Ağları
CSA	Community Supported Agriculture/Toplum Destekli Tarım Topluluğu
CWSI	Crop Water Stress Index/ Mahsul Su Stres İndeksi
DB	Dünya Bankası
DLT	Distributed Ledger Technology/Dağıtılmış Defter Teknolojisi
DTÖ	Dünya Ticaret Örgütü
EAFRD	European Agricultural Fund for Rural Development/ Avrupa Kırsal Kalkınma Tarımsal Fonu
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations /Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü
GATT	General Agreement Tariffs and Trade/ Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması
GPS	Global Positioning System/Küresel Konumlandırma Sistemi
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GTIN	Global Trade Item Number/Global Ticari Kimlik Numarası
ICARDA	International Center for Agricultural Research in the Dry Areas / Uluslararası Kuru Alanlarda Tarımsal Araştırma Merkezi
IMF	International Monetary Fund / Uluslararası Para Fonu
IOT	Internet of Things/ Nesnelerin İnterneti
IPFS	InterPlanetary File System/ Gezegensel Dosya Sistemi
İHA	İnsansız Hava Araçları
LIDAR	Light Detection And Ranging/ Işık Değişimi ve Tespiti
LPIS	Land Parcel Identification System/Arazi Parsel Tanımlama Sistemi

NDVI	Normalized Difference Vegetation Index. Normalize Edilmiş/ Bitki Örtüsü Farkı İndeksi
NFC	Near Field Communication/ Yakın Alan İletişimi
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development /Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
RFID	Radio Frequency Identification/Radyo Frekansı ile Tanımlama
SCOR	Supply Chain Operations Reference/Tedarik Zinciri Referans Modeli
TDK	Türk Dil Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WIFI	Wireless Fidelity/ Kablosuz Bağlantı Alanı
WSN	Wireless Sensor Network/ Kablosuz Sensör Ağı

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1.	OECD' ye Göre Kırsal Alanlara Yönelik Eski ve Yeni Paradigma Karşılaştırması	12
Tablo 1.2.	Kırsal Kalkınmanın Gelişim Süreci Üzerine, Değişimleri Gösterir Zaman Çizelgesi	25
Tablo 3.1.	Tarımsal amaçlı kullanılan sensörler	94



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye’de ve Dünyada Yıllara Göre Kırsal Nüfus Yüzdeleri	16
Şekil 1.2.	Türkiye’de Yıllara Göre İstihdam Edilen Nüfusun Tarım Sektöründeki Payı.....	17
Şekil 1.3.	Türkiye’de Toplam Tarım Alanının Yıllara Göre Değişimi	18
Şekil 1.4.	Türkiye’de Tarım Sektörünün Yıllara Göre GSYİH içindeki Payı.....	19
Şekil 1.5.	Türkiye’de Yıllara Göre Kırsalın Yoksulluk Oranı	20
Şekil 1.6.	Entegre Kırsal Kalkınma Yaklaşımı	22
Şekil 1.7.	Tarımsal Üretimin Bileşenleri.....	30
Şekil 2.1.	Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi	38
Şekil 2.2.	Blok Zincir Çalışma Prensipleri	44
Şekil 2.3.	Blok Zincirde Kullanılacak Platformu Belirleme Şeması.....	45
Şekil 2.4.	Blok zincir Ağ Çeşitleri	46
Şekil 2.5.	Blok Zincir Üzerinde Blok Yapısının Şematik Gösterimi	48
Şekil 2.6.	Blok zincir üzerindeki akıllı sözleşmelerin şematik gösterimi	52
Şekil 2.7.	Tipik bir kablosuz sensör düğümü	54
Şekil 2.8.	Coğrafi Bilgi Sistemlerinin İşlevleri.	70
Şekil 2.9.	Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bölümleri.....	72
Şekil 2.10.	Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Veri Kaynakları	73
Şekil 2.11.	Veri kaynaklarının elde edilmesi ve kullanım şekli	73
Şekil 3.1.	Kalkınma İle Akıllı Tarım Arasındaki Şematik Kurgu.....	77
Şekil 3.2.	Akıllı Tarımın Yapısı	79
Şekil 3.3.	Arazi parsel tanımlama sistemi	81
Şekil 3.4.	Tarımsal Alanların Mekânsal ve Coğrafi Verilerinin Elde Edilmesi.....	82
Şekil 3.5.	Tarım Arazilerinin Etkin Yönetim Şeması	83
Şekil 3.6.	CBS’nin Akıllı Tarım Bileşenleri.	87
Şekil 3.7.	Tarımsal Üretimde CBS, IOT ve İHA’ların Etkileşimi Üzerine Karar Destek Sistemi.....	87
Şekil 3.8.	CBS Katmanları Üzerinden Tarımsal Üretim Araçlarının Etkileşim Çerçevesi	88
Şekil 3.9.	Üretici ile tüketici arasındaki IOT, yapay zeka ve block zincir teknolojilerinin ilişkileri.....	100

Şekil 3.10. Blok Zincir Bağlantılı Tarım Endüstrisi	103
Şekil 3.11. Tarımsal Tedarik Zincirinde Bilgi ve Ürün Akışı.....	109
Şekil 3.12. Ürün Akış Şeması	111
Şekil 3.13. Tedarik Zincirinde Akıllı Sözleşme ile Katılımcılar Arasındaki İlişki.....	112
Şekil 3.14. Çiftçinin diğer katılımcılar arasındaki akıllı sözleşme mesaj diyagramı ...	113
Şekil 3.15. İmalatçı, Depocu ve Dağıtıcının akıllı sözleşmeyle işbirliği yaptığı mesaj dizisi diyagramı.....	114
Şekil 3.16. Dağıtıcının, perakendecinin ve Tüketicinin akıllı sözleşmeyle işbirliği yaptığı mesaj dizisi diyagramı.....	115



GİRİŞ

Kırsal alanlar, hızlı kentleşme baskısı sonucu nüfus ve işgücü kaybına uğrayarak, ekonomik gelişme sürecinde yaşamış olduğu problemlerle kalkınma noktasında net bir olgunluğa ulaşabilmiş değildir. Küreselleşen dünyanın ekonomik faaliyet alanlarındaki oluşturmuş olduğu çeşitlilik ile kırsal alanlar da çok aktörlü yönetim sürecinden etkilenmiş, kalkınma sürecinde yerel, ulusal ve uluslararası ölçeklerin etkileşim alanı haline gelerek kırsal alanların yenileşim sürecine bir fırsat oluşturmuştur.

Küreselleşme, pazar ve ticari gelişme eğilimleri, hızlı teknolojik değişim, iletişim ve otomasyon, ulaşım ve taşımacılıktaki değişimler ile göç hareketliliği gibi ekonomik ve sosyal yaşamı etkileyen bir süreç olarak kırsal alanlara yüklenen anlam ve önemin değişmesine yol açmış mekânsal, sosyal ve ekonomik gelişmedeki rolünün yeniden etkin bir konuma getirmiştir. Kırsalın değişen ve farklılaşan özellikleri bağlamında, kır'ın yeniden tanımlanma çabası ekonomik eksenli olmanın ötesinde mekânsal, teknolojik, sosyal ve politik ilişkiler bütününden değerlendirilmeyi zorunlu kılmaktadır.

İklim değişiklikleri, enerji ihtiyaçları, ekonomik sorunlar, salgın hastalıklar ve gıda güvenliği gibi küresel ölçekli tehditler ve talepler tarımsal üretimde yenileşme olgusunun önemini arttırmıştır. Kırsal alanlar farklı disiplinlerle bilginin elde edildiği, bütünleşik, stratejik ve uygulanabilir bakış açılarıyla, önerilen yenileşim sistemi üzerinden sürdürülebilir tarımsal kalkınmaya katkıda bulunacak modelin ve önermelerin belirlenmesi, çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Teknolojide yaşanan değişimler (Endüstri 4.0) ile birlikte tarımda gelişim ve yenileşim olgusunun kırsal alanlar üzerine, farklı politikalar ve stratejilerle, hizmetlerin etkin ve verimli şekilde sunulmasını, sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlara çözüm üreterek, yaşam kalitesinin artırılması ve çeşitli yaklaşımlara yönelik önemli faydalar ve getiriler sağladığı anlaşılmaktadır.

“Kırsal kalkınmada yeni yaklaşımlar”, “tarımda gelişim ve yenileşim” ile” bilgi ve iletişim teknolojileri” üç farklı paradigma olan birbirinden bağımsız disiplinlerin, birbirlerini besleyerek kırsal alanların evrilerek gelişmesi yönünde daha bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmesi gerekli görülmektedir.

Çalışmanın Amacı

Kırsal alanın tanımı üzerinden kırsal kalkınmaya etki edecek birleşenlerin belirlenmesi doğrultusunda, kırsal alan; “karmaşık iş bölümünün gelişmediği, ekonomisi tarıma dayanan, geniş aile yapısının ve yüz yüze komşuluk ilişkileri sebebiyle, kentsel mekânlardaki yoğun nüfuslu topluluklardan ayrılan daha az nüfuslu kırsal toplum birimlerinin yaşadığı yerler”¹ olarak tanımlanmaktadır. “Geçim kaynağı toprağa ve hayvancılığa dayalı olan, alt ve üstyapı hizmetleri gelişmemiş alanlar”² olarak da tanımlanmaktadır. Tanımlardan yola çıkarak ekonomisi tarıma dayanan bir mekânın kalkınmasının en önemli unsuru da tarımsal üretim olarak değerlendirilmelidir.

Tarım, “Tarımsal ürünlerin üretilmesi, kalite ve verimlerinin yükseltilmesi, uygun koşullarda korunması, işlenip değerlendirilmesi ve pazarlanması”³ olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım doğrultusunda, tarımın çıkarımları olan, tarımsal üretim, sürdürülebilir tarım ve tedarik zinciri üzerinde durularak, kırsal kalkınmanın yeni yaklaşımlar ile birlikte gelecekte tarımsal üretimin, kalkınmanın ve tedarik zincirinin farklı disiplinler açılarından tarımsal üretim modeli oluşturulması hedeflenmektedir.

Kırsal kalkınmanın iki önemli birleşeni olan; beşeri ve fiziksel kalkınmanın, ekonomik gelişme, çevre koruma ve kırsal yerleşme boyutları dikkate alınarak. İklim değişiklikleri, doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği gibi küresel ölçekli tehditlerle birlikte, küreselleşmenin etkisindeki değişen pazar, teknolojik gelişmeler, sosyal ve çevresel koşullarda yaşanan gelişmeler karşısında, **“Teknoloji ve Bilgi Ağları ile Kırsal alanlarda tarımsal üretimin ve yenileşimin kırsal kalkınmaya destek olacak şekilde evrilmesi”** sorusuna verilecek cevaplar ile yeniden değerlendirilmelidir.

¹ Geray, C. (2011). Dünden Bugüne Kırsal Gelişme Politikaları. Ankara: Phoenix Yayınevi, Syf 103

² Şahin, S. (2009). “Türkiye Beşeri Coğrafyası” İçinde (Edit: S.Karabağ, S.Şahin), Türkiye Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası, Syf 111

³ Türk Dil Kurumu tarafından yapılan tanım.

Endüstri 4.0' ın dünyaya kazandırdığı bilgi ve iletişim teknolojileri olarak adlandırılan dijital dönüşüm araçları ile nesnelere interneti, blok zincir, yapay zeka, uzaktan algılama ve görüntü işleme teknikleri ve coğrafi bilgi sistemlerinin birbirleri ile entegre edilerek aktif olarak tarımsal üretimde kullanım alanı bulmaktadır. Algılayıcılar yardımı ile toplanan toprak, üretim ve meteoroloji verilerine ek olarak gerek uydu sistemlerinden gerekse insansız hava araçları ile alınan yüksek çözünürlükte çok bantlı görüntüler karar destek platformlarına aktarılarak yapay zeka desteği ile kısa süre içinde durum tespiti ve çözüm önerileri yapılabilmektedir.

Tarımsal üretim sürecine katkı sağlayan blok zincir, nesnelere interneti, coğrafi bilgi sistemleri, yapay zeka ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin, değişim ve yenileşim çabaları içerisinde, üretime sunacağı katkı ile üreticinin yönetim ve kontrol mekanizmasını geliştireceği ve gıda güvenliği perspektifinde; tohumun temini ve ekim sürecini, ürünün büyüme ve gelişim sürecini, tarımsal katkıları, ürünün depolanma sürecini, toptan ticaret ve perakende dağıtım sürecini, ürünün perakende satış alanına ulaşımına kadar detaylı bilginin elde edilmesini, bilgi ağı üzerinden de erişimini sağlayarak tüketicinin ürün hakkında detaylı bilgi elde etmesini sağlamaktadır. Doğal sürecin işlemesiyle pazarda yer alacak olan aktörlerin yerel ve küresel pazarlara erişiminin artması ile tarımsal üretim alanlarının kalkınmasına aynı zamanda tarımda sürdürülebilir gelişimin değer kazanmasına olanak sağlanacaktır.

Teknolojinin kırsal alanları üzerindeki etkisini distopik ya da ütöpik bir yaklaşımla ele almamakla birlikte özellikle insan odaklı sürdürülebilir akıllı kırsal alanlar üzerinden örnek teşkil edebilecek, Dünyadaki ve Türkiye'deki akıllı tarım uygulamalarının temel boyutları ve bileşenlerinin tartışılarak, coğrafi bilgi sistemleri, yapay zeka, nesnelere interneti ve blok zincir üzerinden geliştirilmiş, tarımsal üretim modeli oluşturularak, kırsal alanların, **akıllı, sürdürülebilir büyüme ve gelişme** süreçlerinin benimsendiği tarımda yenileşim çalışmalarına örnek bir çalışma olması amaçlanmaktadır.

Çalışmanın Yöntemi

Kırsal alan, kırsal kalkınma ve yaklaşımları üzerinden, bilgi ve iletişim teknolojilerinin tarımla ilişkilendirilmesi, geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve kullanılmasına katkıda bulunabilecek, süreci doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilecek, disiplinlere ait

Çıkarımlar yapılarak literatür taraması ile gerekli olan etkin kavramlar üzerinden çalışılmıştır.

Literatür incelemesi için veri tabanları kullanılarak kırsal kalkınma, küreselleşme, sürdürülebilir tarım, tarımsal üretim, tarımsal bilgi sistemi, tedarik zinciri, coğrafi bilgi sistemleri, tarımsal tedarik zinciri, blok zincir, akıllı sözleşme, nesnelerin interneti, insansız hava araçları, tarımda kullanılan kablosuz sensörler, merkezi olmayan yapay zeka uygulamaları, Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0 ve tarımsal teknoloji anahtar kelimeleri ile yapılan aramalar sonucunda dergi, makale, resmî kurumlara ait yayın ve rapor kaynaklarına erişilmiş ve araştırmalar yapılmıştır.

Literatür incelemesinde konu bağlamında kullanılabilir kaynaklar belirlenmiş ve konu ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilen yayınlar kaynakça bilgileri ile derinlemesine incelenmiştir.

Kırsal alan olgusu ile kırsal kalkınma ve yaklaşımları teorik açıdan incelenmiş, kırsal kalkınmanın gelişim süreci üzerine değişimleri gösterir zaman çizelgesi oluşturulmuştur. Akıllı tarım birleşenleri ve kullanımları hakkında elde edilen bilgiler doğrudan doğruya, tarımsal tedarik zincirinde uygulanabilecek modelin elemanları ve bileşenleri ikinci bölümde aktarılmıştır. Önerilen akıllı tarım modelinde bilgi ve iletişim teknolojileri üzerinden tedarik zincirinin [tarım alanlarından, tohum üreticilerine, çiftçiden(üretici), depolama işleme, dağıtıcı, perakendeci ve tüketiciye kadar oluşan ağ] yeniden değerlendirmesi üzerine önerilen model oluşumu üçüncü bölümde değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonunda; tarımsal üretimde kullanılan bilgi ve iletişim teknolojilerinin oluşturacağı etki üzerine değerlendirmeler yapılarak kırsal kalkınmaya katkıları tartışılmıştır. Önerilen akıllı tarım modeli üzerinden, tedarik zincirinde kullanılan blok zincir yapısının bilgi ve ürün akışına sağlayabileceği kazanımların geleceğin şekillenmesi açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışma, yaşanan teknolojik devrimi kırsal alanların “akıllı kır” ve “akıllı tarım” olguları ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin kırsal alanların gelişimi ve kalkınması üzerinden ele alınmaktadır.

Kırsal alan ve kırsal kalkınma yaklaşımları üzerinden belirlenen çerçeve ile farklı disiplinlere ayrılan bakış açılarının sadeleştirilerek kafa karışıklığına izin vermeyecek seviyede tutulması ile sınırlandırılmıştır.



BÖLÜM 1

KIRSALLIK OLGUSU VE KIRSAL KALKINMA

Kırsal, hem demografik olarak hem de iktisadi açıdan tarih boyunca egemenliğini sürdürmüş ancak sanayi devrimiyle birlikte hızlı bir değişim ve dönüşüme maruz kalarak egemenliğini şehirlere kaptırmıştır.

Kırsallık, bir ülkede sosyo-ekonomik gelişimi ortaya koymak amacıyla kullanılacak temel göstergelerden biridir ve kültürel, sosyal, politik, ekonomik yönleriyle gelişimi desteklemektedir.

Kırsal alan, kır yerleşmeleri ve kırsal kalkınma olguları; fiziksel, ekonomik, sosyal ve idari kavramlar yönünden çok yönlü ve çok bileşenli olduklarında, tanımlanmasında pek çok ölçüt ve faktör etkin rol oynamaktadır. Belirtilen kavramların bu niteliği, tanımlamalarda çeşitliliği sağlarken diğer yandan kavram karmaşasını da beraberinde getirmektedir. Kırsal alanları, kırsal yerleşmeleri ve kırsal kalkınma kavramlarını ayırt etmek çok kolay görünmemektedir.[1]

Kırsallık ve kırsal alan tanımı, dünyada meydana gelen yeni teknolojik gelişmeler ile değişmektedir. Bu değişime bağlı olarak, kırsallık ve kırsal alanlar geleneksel tanımlardan sıyrılarak küresel boyutlarla açıklanmaktadır. Her ülke, kendi kırsal yapısını kendi yaklaşımları ve kırsal tanımları ile tanımlamaya çalışmaktadır.[2]

Kırsal alanları küresel ekonomiler içine çekmekte, tarımsal üretimi serbest pazarın parçası haline getirmekte, yaşanan teknolojik gelişmelerin yardımıyla da kırsal alanları ulusal ve uluslararası yatırımlar için cazibe merkezi konumuna getirmektedir. Kentsel alanlar, uluslararası cazibe merkezleri konumuna gelirken, kırsal alanlar da geçmiş alışkanlıkların tersine ekonomik, sosyal ve fiziksel gelişme anlamında çok daha fazla önem arz etmekte ve kentlere, bölgelere ve uluslara hizmet ve lojistik açıdan değer kazandırarak küresel rekabete olanak sağlamakta[3].

Küresel, ekonomik, sosyal ve politik koşullar altında kentsel ve kırsal alanlarda yaşanan değişimler, kentlerin ve kırsal alanların sınırlarını tam anlayamayan bir forma getirmiş, kentsel ve kırsal alanlar arasında net bir sınır belirlemek giderek zorlaşmaktadır. Bu nedenle, kentsel ve kırsal alanları yeniden tanımlama ihtiyacı duyulmaktadır.[4]

Farklı disiplinler ve kuruluşlar tarafından yapılmış olan tanımları kullanarak, kırsal olguyu ele alan bilim disiplinleri arasındaki farklılıktan yola çıkarak kır yerleşmeleri, kırsal alan ve kırsal kalkınma tanımları açıklanacaktır.

1.1. Kır Yerleşmeleri ve Kırsal Alan

Yerleşme; Bir toplumsal kümenin ya da kalabalık bir nüfus topluluğunun, yaşamak ve ekonomik etkinliklerini sürdürebilmek için belli bir yeri seçmeleri eylemi olarak tanımlanmakta ayrıca seçilip yerleşilen kent, kasaba, köy ya da daha küçük bir yere de yerleşim yeri adı verilmektedir.[5]

Kırsal yerleşmelerin ayrımında kullanılan kriterler; nüfus, idari ve iktisadi fonksiyonlar öne çıkmaktadır. Türkiye’de kır ile şehir arasındaki ilk resmi ayrımı yapan belge olarak bilinen 1924 yılında kabul edilerek yürürlüğe giren “Köy Kanunu” köy yerleşkelerini ilk kez bir bağımsız birim olarak tanımlanmıştır. Köy kanununda kır ile şehir arasındaki ayırt edici kriter olarak nüfus özellikleri tercih edilmiştir; Köy Kanunu 1. maddesinde köyü nüfus miktarı açısından tanımlarken “ nüfusu 2.000 den aşağı yerleşmeler köy” olarak kabul etmekte ayrıca 2. maddede “Cami, mektep, otlak, yaylak, baltalık gibi orta malları bulunan ve toplu veya dağınık evlerde oturan insanlar bağ ve bahçe ve tarlaları ile birlikte bir köy teşkil ederler” denilerek tarif edilmektedir.

Kırsal alan ve yerleşmelerinin farklı disiplinlerce tanımları yapılmıştır.(Tablo 1.1.)

Tablo 1.1. Kırsal Alan ve Yerleşmelerinin Farklı Disiplinlerce Yapılan Tanımları

Yıl	Yazar / Kurum	Kırsal Alan / Kırsal Yerleşme, Tanımı
.....	Türk Dil Kurumu	Şehir ve kasabaların dışında kalan, çoğu boş ve geniş yer, dağ bayır. Az insanın barındığı, genellikle kır durumunda olan yer.
1969	Ali Tanoğlu	Kır yerleşmesi; şehir iskânından farklı olarak sadece toprak mahsulleri yetiştiren ve bununla geçinen, üzerinde yaşadığı toprak parçası; bağ, bahçe ve tarla ve merası ile organik bir vahdet teşkil eden yerdir.
1992	Reşat İzbirak	Kır, şehirler ve bahçeler dışında kalmış, çoğunca otluk ya da seyrek ağaçlı yerlere verilen bir addir. Şehir dışında, ekili dikili topraklar ortasında ya da otlak ve çayır yerlerindeki köy, çiftlik gibi yerleşmelere kır yerleşmesi denir. Kır yerleşmesi, şehir yerleşmesine bir karşılıktır .
1998	Mustafa Soysal	Kırsal alan deyince, bir ülke içindeki köy yerleşmelerinin tamamı anlaşılmalıdır .
2009	Salih Şahin	Nüfusu az, çoğunlukla belediye örgütü bulunmayan, geçim tipi toprağa ve hayvancılığa dayalı olan, alt ve üstyapı hizmetleri gelişmemiş, halkın geleneksel yaşam tarzını devam ettirdiği, hizmet sektörünün hemen hemen hiç gelişmediği yerlerdir .
2010	Mehmet Zaman	Şehir yerleşim alanı dışında kalan tarlalar, bağ bahçeler, ormanlar, otlaklar, kırsal konutlar ve boş alanlar gibi yerlere kır denilmektedir. Bu alanlarda geçimini daha çok tarım, ormancılık ve hayvancılıktan sağlayanların meydana getirmiş olduğu yerleşmelere kır yerleşmesi denilmektedir .
2011	Ali Özçağlar	Şehir ve kasaba alanları dışında kalan alanda yer alan, şehir ve kasabalara göre fonksiyonları gelişmemiş, doğal ortam içinde yalın özelliğe sahip olan yerleşmelerdir .
2011	Hayati Doğanay Ünal Özdemir İ. Fevzi Şahin	Kent yerleşim alanları dışında kalan ve tarlalar, bağ-bahçeler, ormanlar, otlaklar ve kırsal konutlar ve boş alanlar gibi arazi kullanım özellikleri bulunan yerlere kır denir. Kırdaki bütün doğal ve beşeri özellikler, kırsal terimiyle ifade edilir.
2011	İbrahim Atalay	Kır yerleşmeleri, geçimini daha çok tarım, hayvancılık ve ormancılıktan sağlayan yerlerdir .
2011	Cevat Geray	Kır yerleşmeleri; iş bölümünün gelişmediği, ekonomisi tarıma dayanan, geniş aile türünün ve yüz yüze komşuluk ilişkilerinin var olduğu, bu açıdan kentsel mekânlardaki yoğun nüfuslu topluluklardan ayrılan daha az nüfuslu kırsal toplum birimlerinin yaşadığı yerdir .
2016	İlhan Tekeli	Kırın neresi olduğu, kent tarafından tanımlanmaktadır. Kırsal alan, kentin dışındaki tüm alanları kapsamaktadır. Tüm alanı kapsayan kırsal mekân, kentin ekonomik faaliyetlerinin (sanayi ve hizmetler sektörü) dışındakiler olarak tanımlanmıştır .

Farklı yıllarda farklı görüşlerin yansıtıldığı tablodan, kırsal alanların, mekânsal çeşitlilik, ekonomik göstergeler, alt yapı ve üst yapı hizmetleri, sektörel durumları, nüfus yapıları, tarımsal faaliyetleri ve yaşam standartları gibi ayrıştırıcı faktörlerle tanımlanmıştır.

Kırsalın değişen ve farklılaşan özellikleri bağlamında, yeni bölgeci paradigmanın kır'ı yeniden tanımlama çabası ekonomik eksenli olmanın ötesinde mekânsal, sosyal ve politik ilişkiler bütününde değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır[6].

Kırsal alanlara yönelik bölgesel gelişme politikalarındaki bu değişim sadece politika-strateji ekseninde kalmamıştır. Değişimin tetiklediği yeni işbirlikçi planlama yaklaşımlarını ve kurumsal kapasite açısından yönetim odaklı yaklaşımları zorunlu kılmıştır[7]. İşbirlikçi planlama bağlam ve yapı odaklı yaklaşımıyla Yer'e ve organizasyon yapılarına ilişkin bakış açılarının getirdiği güç ilişkileri, işbirliklerine dayalı aktör ağları ve sosyal, beşeri, politik sermayeyi ön plana çıkaran standartların değerlendirme söylemlerine vurgu yapmaktadır[8].

Kırsal farklı aktör yapıları ve zengin sermaye potansiyelleri bağlamında işbirlikçi planlama teorilerinin ilgi odağı olmuştur. Özellikle ağ odaklı ekonomik süreçlerin beslediği yaratıcılık, öğrenme ve kapasite uyumu gibi unsurların kırsal bölgeyi kurumsalcı kapasite ya da kurumsal yoğunluklar çerçevesinde yönetim odaklı geliştirme hedefine bağlı olarak gelişimi sağlamıştır.

Yeni paradigma gelişimine paralel olarak Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO), Dünya Bankası (DB), Uluslararası Kuru Alanlarda Tarımsal Araştırma Merkezi (ICARDA), kalkınma ajansları, kooperatifler ve üretici birlikleri, araştırma kurumları ve üniversiteler, odalar ve dernekler gibi düzenleyici kurumlar ile kültür ve gündelik yaşam pratikleri ile üretilmiş ve aktörleri bilişsel olarak birbirine yaklaştıran bilişsel kurumlar yeni paradigma karşısında gerek üretim öncesi yaptıkları araştırma ve incelemeler gerekse üretim sürecinde ve üretim sonrasında yapılan işbirlikleriyle kırsal kalkınmayı yerel düzeyde başlatan politikaları belirleme rolü üstlenmişlerdir.[6]

Kırsal alan ile ilgili yeni paradigmaların ışığında bahsedilen kurumların kırsal alan yaklaşımları açıklanacaktır.

1.1.1. Avrupa Birliği (AB) Kırsal Alan Yaklaşımı

Avrupa Birliği çerçevesinde ortak bir yaklaşım geliştirilmeye, kırsallığın ölçülmesi ve tanımlanması amacıyla, ortak göstergeler oluşturulmaya çalışılmaktadır. Kırsallık AB tarafından, tek boyutlu değişkenlerle tanımlanmak yerine çok boyutlu değişkenlerin kesişimi olarak ortaya konmaktadır ve daha az kısıtlayıcı ve zamanla değişen bir yapıya sahiptir.

Avrupa Birliği'nde nüfusun ızgara sistemine göre ayrıldığı bir tanım yapılmaktadır. Kent-kır sınıflandırması kırsal veya kentsel olarak 1 km²'lik ızgara hücreleri esasında bir sınıflandırmaya dayanmaktadır. Alanın kentsel olarak kabul edilmesi için iki şartı yerine getirmesi gerekmektedir[9]. Bunlar:

- Km² başına en az 300 kişinin düşmesi,
- Bitişik hücrelerde en az 5 000 kişilik asgari nüfus bulunmasıdır.

Bu şekilde tanımlı alanlar dışında kalan alanlar kırsal alan olarak ifade edilmektedir.

NUTS-3⁴ bölgeleride ızgara hücrelerinin sınıflandırmaya göre üç gruba ayrılır:

- Ağırlıklı kentsel bölgeler: Kırsal nüfus, toplam nüfusun% 20'sinden az olduğunda,
- Geçiş bölgeleri: Kırsal nüfusun toplam nüfusun %20 ile %50'si arasında olması durumunda,
- Ağırlıklı kırsal bölgeler: Kırsal nüfusun toplam nüfusun %50'sini ve üzerini oluşturması durumunda.

⁴ NUTS-3= (İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırması(İBBS-3))=AB üyesi ülkelere ait Kentsel bölgelerin kendi aralarında değerlendirildiği sınıflandırma yöntemi.

1.1.2. OECD Kırsal Alan Yaklaşımı

OECD (1994, 1996, 2003), bölgeleri 3 tipte kümelendirmiştir: Baskın kırsal alanlar, belirgin kırsal alanlar, baskın kentsel alanlar. AB'nin kırsal tipolojisi olarak, Avrupa Mekânsal Gelişim Programı'nın geliştirdiği bölgelerin sınıflandırması gösterilebilir. Kentleşme oranı, kırsal nüfus yoğunluğu, yerleşim büyüklüklerinin dağılımındaki farklılıkların derecesi, herhangi bir kentsel yerleşime ortalama uzaklık, en büyük kentin öncelik durumu ve en geniş merkezin büyüklüğü dikkate alınarak 6 farklı türden oluşan NUTS3 düzeyinde bir tipoloji geliştirilmiştir.

Bu tipolojideki türler: Büyük bir metropoliten alanın baskınlığı altındaki bölgeler, Yüksek kentsel ve kırsal yoğunluklu çok merkezli bölgeler, yüksek kentsel yoğunluktaki çok merkezli bölgeler, Metropoliten alan etkisi altındaki kırsal alanlar, Küçük ve orta ölçekli kentlerin ağında yer alan kırsal alanlar, Uzak-erişilmesi zor kırsal alanlardır.

Yer'e özel (place-based) politikaların yaygın hale gelmesiyle birlikte, kentsel ve kırsal alan tanımı önemli bir sorunsal haline gelmiştir. 1990'lardan itibaren OECD, bölgesel sınıflandırmalara ilişkin uluslararası verileri uyumlaştırmaya çabalamaktadır. OECD kırsal alanı yerel (NUTS-5⁵) ve bölgesel (NUTS-3) olmak üzere iki kademeli düzeyde tanımlanmaktadır. Buna göre nüfus yoğunluğu, nüfus oranı ve kentsel merkezler, yerel ve bölgesel düzeyde kırsal alan tanımında kullanılmaktadır.

Nüfus yoğunluğu, bir yerleşim yeri nüfus yoğunluğunun kilometre kare başına 150 kişinin altına düşmesi durumunda o yerleşim yeri "kır" olarak tanımlanmaktadır. Kırsal alanların tanımlanmasında nüfus yoğunluğu kriterini ve kentsel merkezlere uzaklığı esas almaktadır. 1 km²'lik ızgaralar kullanılarak idari sınırlardan bağımsız şekilde nüfus yoğunlukları uzaktan algılama yöntemleriyle tespit edilmektedir. Mekânsal olarak sürekliliği bulunan ve belirli nüfus yoğunluğu/büyüklüğü eşiklerini aşan alanlar kentsel merkez ve kentsel küme olarak tanımlanmakta, bunun dışında kalanlar kırsal alan kabul edilmektedir.

Bölgeler ise bölgedeki nüfusun ne kadarının kırsal alanlarda yaşadığına ilişkin olarak gruplanmaktadır. Buna göre baskın kırsal bölgeler nüfusun %50'den fazlasının kırsal

⁵ NUTS-5= (İstatistik Bölge Birimleri Sınıflandırması(İBBS-5))=AB üyesi ülkelere ait kırsal bölgelerin kendi aralarında değerlendirildiği sınıflandırma yöntemi.

alanlarda yaşamasını; orta düzeyde kırsal bölgeler nüfusun %15 ile %50 arasındaki kısmının kırsal alanlarda yaşamasını; baskın kentsel bölgeler nüfusun %15'ten azının kırsal alanlarda yaşamasını ifade etmektedir.

200.000 kişiden fazla nüfuslu bir kentsel merkeze sahip olması ve bölge nüfusunun en az %25'ini temsil etmesi durumunda kentsel bölge olarak nitelendirilmektedir. Orta düzeyde kırsal olarak nitelenen bir bölge 500.000'den fazla nüfuslu bir kentsel merkeze sahip olması ve bölge nüfusunun en az %25'ini temsil etmesi durumunda baskın kentsel bölge olarak nitelendirilmektedir.[10]

1980li ve 1990lı yıllarda OECD ülkeleri arasında özellikle de tarımda çalışan iş gücünün azalmasından kaynaklanan kırsal ekonomilerin yapısal dönüşümleri belirginleşmiştir. Kırsal topluluklar, özgün niteliklerini kabul edebilen ve ihtiyaçlarına cevap verebilen, farklı politikalarla yatırımı teşvik eden daha esnek bir politika dizisine ihtiyaç duymuşlardır. Bu dönemde OECD, yeni ekonomik oyuncular ve yeni politik yaklaşımları değerlendirmek ve belirlemek üzere hükümetleri desteklemiştir. Bu süreç, tarımsal aktivitelerin genellikle marjinal aktiviteler olduğu, ekonomik çeşitlilik gösteren OECD kırsal alanlarına dayanan, kırsal kalkınmada yer'e esas alan (place-based) yaklaşımı destekleyen Yeni Kırsal Paradigma'nın oluşturulmasına neden olmuştur.[10]

Tablo 1.2. OECD' ye Göre Kırsal Alanlara Yönelik Eski ve Yeni Paradigma Karşılaştırması⁶

	Eski Paradigma	Yeni Paradigma
Amaç	<ul style="list-style-type: none"> • Yetki verme ya da eşitleme yaklaşımı • Tarım gelirine odaklanma • Tarımda rekabet 	<ul style="list-style-type: none"> • Kırsal alanlar arasında rekabet • Yerel varlıkları değerlendirme • Kullanılmayan kaynakları
Anahtar Hedef Sektör	<ul style="list-style-type: none"> • Tek sektör odaklı 	<ul style="list-style-type: none"> • Kırsal ekonomilerin çeşitlendirilmesi: kırsal turizm, imalat sanayi, bilgi ve iletişim teknolojileri endüstrisi vb.
Ana Araçlar	<ul style="list-style-type: none"> • Devlet yardımları 	<ul style="list-style-type: none"> • Yatırımlar
Anahtar Aktörler	<ul style="list-style-type: none"> • Ulusal yönetimler • Çiftçiler 	<ul style="list-style-type: none"> • Hükümetin her kademesi (ulusal, uluslararası, bölgesel ve yerel çeşitli paydaşlar) kamu, özek sektör, STK)

⁶ OECD, *The new rural paradigm: Policies and governance*. 2006: Organisation for Economic Co-operation and Development.

2006 yılından bu yana, OECD Yeni Kırsal Paradigma'yı 12 ülkede ulusal kırsal politikaları kıyaslamak ve değerlendirmek için kullanmaktadır. Kırsal politika eleştirileri, üye ülkelerin genel bir yaklaşımda uzlaştıklarını ancak önerileri benimsemekte zorlandıklarını ortaya koymaktadır. Eski paradigma ve yeni paradigma arasındaki farklar, amaç, anahtar hedef sektör, ana araçlar ve anahtar aktörler başlıkları altında gruplanmıştır. Eski paradigma ve yeni paradigma arasındaki en önemli fark, çok paydaşlı olma ve çok sektörlülüktür (Tablo1. 1.). [10]

2014 yılında Şili'de gerçekleştirilen "Kırsal Politika İncelemesi"nde (Rural Policy Review) ise, kır ile ilgili yapılmış olan tanımlar irdelenmiş sonuç olarak, kırsal alanlara dair yeni bir tanım getirme gerekliliği ortaya konmuştur. Gerçekleştirilen çalışmada aşağıda sıralanan anahtar noktalar ortaya çıkmıştır[11]:

- Ekonomik alanlar ve siyasi hesap verebilirlik,
- Kırsal alanları tanımlama ve farklılaştırma,
- Karma alanları kayda alma/tanım.

1.1.3. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Kırsal Alan yaklaşımı

Gıda ve Tarım Örgütü (The Food and Agriculture Organization, FAO), 1945 yılında Birleşmiş Milletler bünyesinde tarımsal verimliliği artırmak, kırsal nüfusun durumunu iyileştirmek, beslenme düzeylerini ve yaşam standartlarını yükseltmek için kurulmuştur. Örgüt, doğrudan kalkınma yardımı sağlamak, verileri toplayarak analiz etmek, politika ve planlamaya tavsiye sunmak, gıda ve tarım konularında uluslararası forumlar oluşturarak bu konuları tartışmak gibi görevlerle donatılmıştır. FAO, topladığı veriler doğrultusunda kırsal tanımı yapabilmektedir. Örgüt, nüfusu esas alan bir kırsal tanımı yerine, gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeleri de kapsayabilmek amacıyla mekânı esas alan bir kırsal alan tanımı benimsemekte ve kırsallık göstergelerini de bu temelde oluşturmaktadır[12].

1.2. Türkiye’de Kırsal Alan Kavramı

Türkiye’de kırsal kavramı tanımlanırken, kırsalı karakterize eden iki temel unsur olarak, ekonomide tarımın ağırlığı ve düşük nüfus sayısı/yoğunluğu kullanılmıştır. Kırsal, “az insanın barındığı, daha çok kır durumunda olan yer” şeklinde tanımlanarak nüfus miktarına dikkat çekilmiştir. 2000 tarihli genel nüfus sayımında kır-kent ayrımını yönetsel statüye göre yaparak “köy nüfusu” köy ve bucak nüfuslarına, “şehir nüfusu” ise il ve ilçe merkezlerinin belediye sınırları dâhilindeki nüfusa karşılık belirlenmiştir. Kent ve kır ayrımına ilişkin 1982 yılında yayımlanan “Kent Eşiği Araştırması” nda nüfusu 20.000(yirmi bin)’den yüksek olan yerler kentsel yerleşim yerleri olarak belirlenmiş olup yapılan çalışmalar bu ölçüte dayanmaktadır[13].

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından üretilen kırsal alan istatistikleri esas alındığında iki farklı tanımın kullanıldığı görülmektedir.

- İlk tanımı, temel ölçütü yerleşim yerlerinin idari statüsüdür. İl ve ilçe merkezleri dışında kalan tüm yerleşimler köy (beldeler dâhil) kabul edilmektedir. Bu tanıma göre, TÜİK tarafından köy-şehir ayrımında istatistikler üretilmektedir.
- İkinci tanımı, temel ölçütü nüfus eşiğidir. Kalkınma Bakanlığı tarafından yürütülen ve 1982 yılında sonuçlanan kent eşiği araştırmasına göre asgari kentsel fonksiyonları gösteren yerleşimlerin nüfusunun 20.000(yirmi bin)’den yüksek olan yerler olarak kabul edilmiştir. Bu tanıma göre, TÜİK tarafından 1988 yılından itibaren kır-kent ayrımında istatistikler üretilmektedir.

Türkiye’de kırsal alanlarda 2005 yılından itibaren önemli değişimler yaşanmıştır. İlk etken, Avrupa Birliğine giriş sürecidir. Bu süreçte tarım, en önemli müzakere araçlarından biri olmuştur. Ortak tarım politikası ile ilgili mevzuat değişiklikleri yapılmış, destek sistemleri değişmiş, kurumsal yapıda değişiklikler olmuştur. Avrupa Mekânsal Gelişim Perspektifi, Kırsal Kalkınma Fonları ve benzeri konularda da AB süreci kırsal alanlarda etkili olmaktadır. İkinci etken olarak, kırsal kalkınmada emredici, dikey yaklaşımlar yerine daha yatay, iş birliğine dayalı yaklaşımlara önem verilmesi olmuştur. Üçüncü etken ise, son yıllarda tarım kesimini sarsan tarım politikalarıdır. Devletin tarımsal destekleri azalmış, tarım uluslararası rekabete açılmış, yaşanan kurumsal değişiklikler beraberinde sosyal ve kültürel koşullarda da değişimlere neden olmuştur. Bir diğer etken ise, çevresel etkilerin ciddi bir tehlike haline gelmiş olmasıdır.

Bugün kırsal alanlara çevre sorunları ve küresel iklim değişikliği çerçevesinde bakmak artık bir zorunluluk haline gelmiştir[14].

Diğer büyük bir değişim ise 2012 yılında çıkarılan 6360 Sayılı Büyükşehir Yasası ile birlikte büyükşehir il sınırlarının tamamının kentsel alan olarak kabul edilmesi, köylerin mahalleye dönüştürülmesi kırsal ve kentsel alan ayrımını tam anlaşılamayan bir hale getirmiştir.

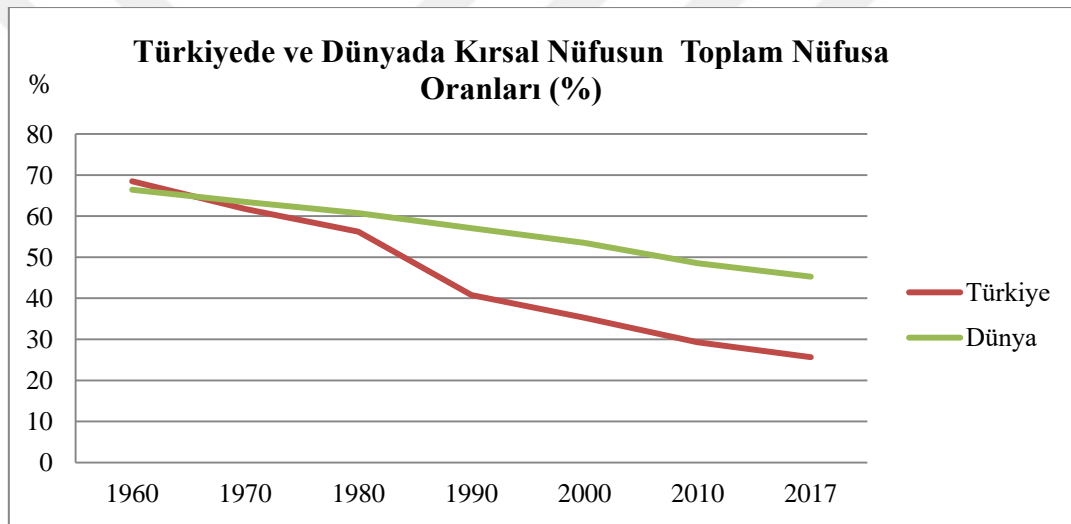
Kır ve kent ayrımında, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) bütün ilçe merkezlerini şehir olarak kabul etmektedir. İdari ve fonksiyonel olarak kırsal alanların dönüşümünün yanı sıra, kentlerden kırsal alanlara olan göçlerle (kentten kıra göç, refah göçü) kırsal alanların sosyokültürel ve sosyoekonomik yapısı değişmektedir. Kentlerde yaşayan gelir ve eğitim seviyesi yüksek sınıfın, yaşamak için sakin ve doğayla iç içe olan kırsal alanları tercih etmesi, kırsal alanların sosyokültürel ve sosyoekonomik yapısını değiştirmektedir. Yüksek gelir ve eğitim düzeyine sahip kentli sınıfın kırsalda kendisine yer seçmesi, kırsalın genel karakteristiğini (kimlik ve dokusunu) değiştirmektedir. Kırsal alanlar günümüzde idari, fonksiyonel, sosyokültürel ve sosyoekonomik olarak bir dönüşüm geçirmekte, kentler büyükşehir illerinde noktasal yerine alansal olarak temsil edilmeye başlanmaktadır. Küreselleşen dünyada genelde ve Türkiye ölçeğinde yaşanan bu süreç, kır-kent, kırsal-kentsel kavramlarında paradoksları beraberinde getirmekte, kavramların tanımlanmasını ve alansal temsiliyeti anlaşılamayan bir hale getirmektedir.

1.2.1. Türkiye'de Tarım Sektörünün Yapısı ve Kırsal Göstergeler

Türkiye tarımının yapısal özelliklerine bakıldığında, işletmelerin küçük ve dağınık bir yapıda olduğu görülmektedir. Türkiye'nin sahip olduğu toprak alanı 77,9 milyon hektardır. 2019 TÜİK verilerine göre bu alanın %48.4'ünü tarım arazileri oluşturmaktadır. Tarımsal yapısı ise özel mülkiyete dayalı küçük aile işletmeleri hakimiyetine dayalıdır. Aynı zamanda ülkede nüfusun hızlı artışına rağmen kırsal nüfusta artış gözlenmemektedir. Dünya Bankası verilerine göre 2001'den 2019'a kadar kırsal nüfus artış hızı eksi yönde olmuştur. Aynı zamanda TÜİK verilerine göre tarımsal katma değerde azalış gözlenmektedir.

Nüfus

Türkiye’de 1950’den sonra kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı sürekli olarak azalmaya başlamıştır. 1950’den 1980’e kadar olan dönemde kırsal nüfusun toplam nüfus içindeki payı sürekli azalırken aynı dönemde söz konusu nüfus miktar olarak artmıştır. Yani bu devrede kırsal nüfus artmaya devam etmiş, ancak bu nüfustaki artış kentsel nüfusa göre daha yavaş olmuştur. 1980 yılından sonra ise ülkemizdeki kırsal nüfus ilk defa miktar olarak da azalmaya başlamış ve belirtilen tarihte 25 milyon civarında olan kırsal nüfus günümüzde 17 milyona kadar düşmüştür. (Şekil 1.1)

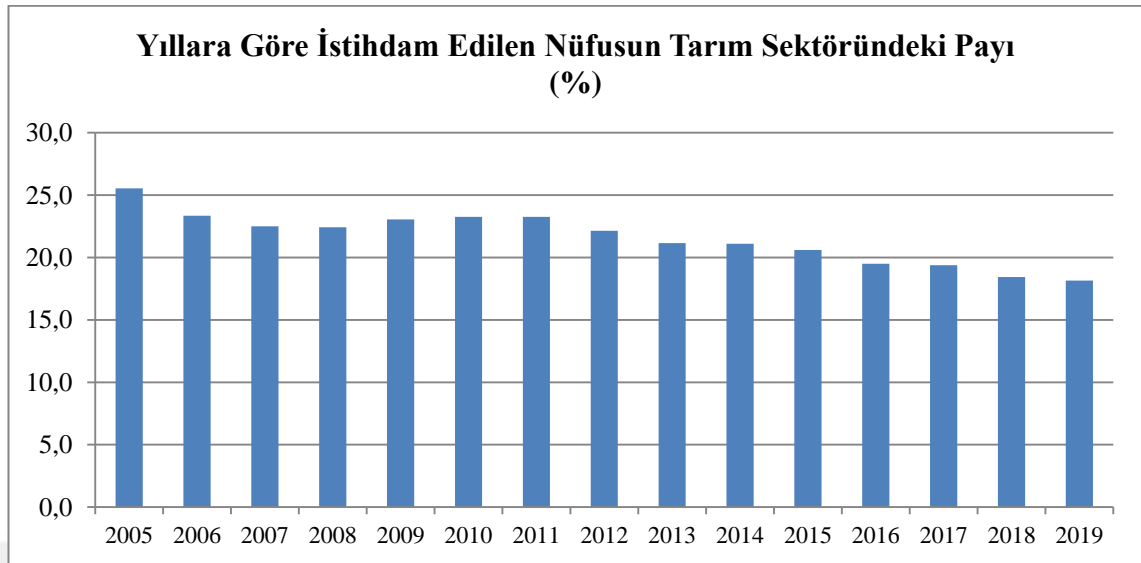


Şekil 1.1. Türkiye’de ve Dünyada Yıllara Göre Kırsal Nüfus Yüzdeleri⁷

İstihdam

TÜİK tarafından elde edilen veriler ışığında tarım sektörünün toplam istihdam içindeki payı 2005’de %25, 2016’da %20’nin altına düşmüştür, istihdam payı TÜİK tarafından belirlenmiş olan istatiklere göre 1980’lerde %58, 2000’lerde %35 ve 2019’da yaklaşık %18’e gerilemiştir. Toplam istihdamdaki tarım sektörünün payı yıllar içinde azalmıştır. (Şekil 1.2.)

⁷Kaynak: TÜİK tarafından hazırlanmış verilerden yazar tarafından üretilmiştir. (<https://tuikweb.tuik.gov.tr/> Erişim:20.11.2020)

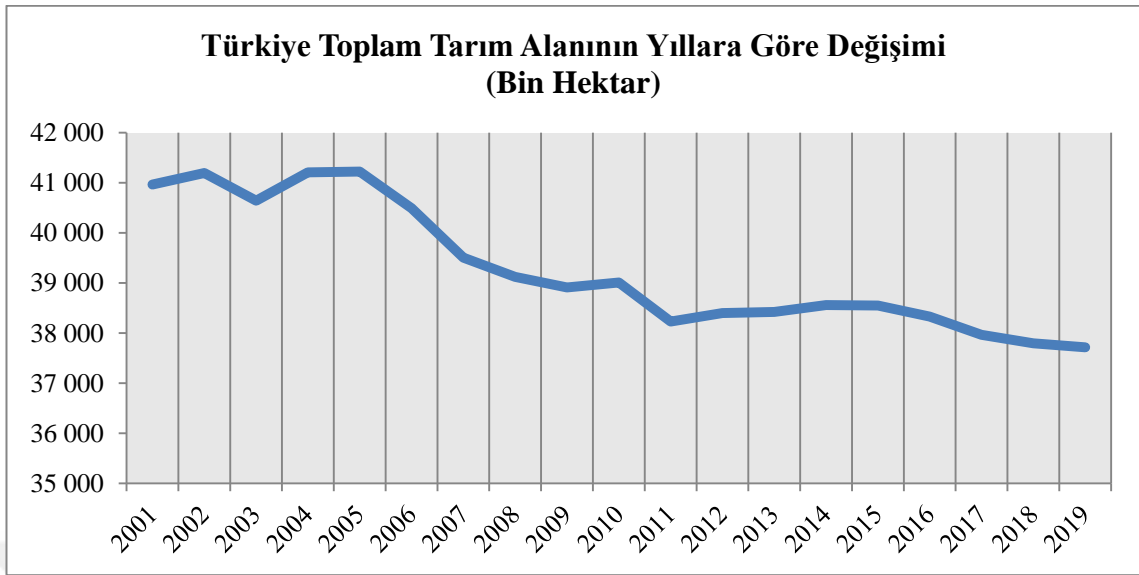


Şekil 1.2. Türkiye’de Yıllara Göre İstihdam Edilen Nüfusun Tarım Sektöründeki Payı⁸

Tarım Alanı

TÜİK tarafından hazırlanan bilgilere göre 2001 verilerine göre ülkemizin toplam tarım alanı 40,9 milyon hektardır. En yüksek değere 2003 yılında ulaşılmış olup 41.2 milyon hektardır. Yıllık bazda azalış devam ederek 2019 yılında 37,7 milyon hektardır. Nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme tarım arazileri üzerinde baskı oluşturarak arazinin kendi amacı dışında kullanılmasına neden olmaktadır. Türkiye’de 2001-2019 yılları arasında yaklaşık 3.5 milyon ha tarım arazisi amacı dışında kullanıma açılmıştır. (Şekil 1.3.)

⁸ Kaynak: TÜİK tarafından hazırlanmış verilerden yazar tarafından üretilmiştir. (<https://tuikweb.tuik.gov.tr/> Erişim:20.11.2020)



Şekil 1.3. Türkiye’de Toplam Tarım Alanının Yıllara Göre Değişimi⁹

En önemli sorunlardan biri de tarım alanlarının giderek azalmasıdır. Bu durumun sebepleri arasında tarım arazilerinin tarım dışı kullanımının yanında, erozyon da vardır. Tarım arazilerinin miras ve satış yoluyla parçalanması küçük işletmelerin sayılarının artmasına neden olmuştur. Tarımsal istatistik verilerin eksikliği, tarımsal eğitim ve yayım hizmetlerinin yetersizliği de başlıca sorunlar arasında yer almaktadır. Bazı ürünlerin, destekleme politikaları sonucunda ekim alanlarının artması üretim fazlası oluşturmuştur. Aynı zamanda üretimin yönlendirilmesi, pazarlanması, fiyat oluşumu, üreticilere hizmet götürülmesine yönelik üretici düzeyindeki örgütlenme de eksik kalmıştır[15].

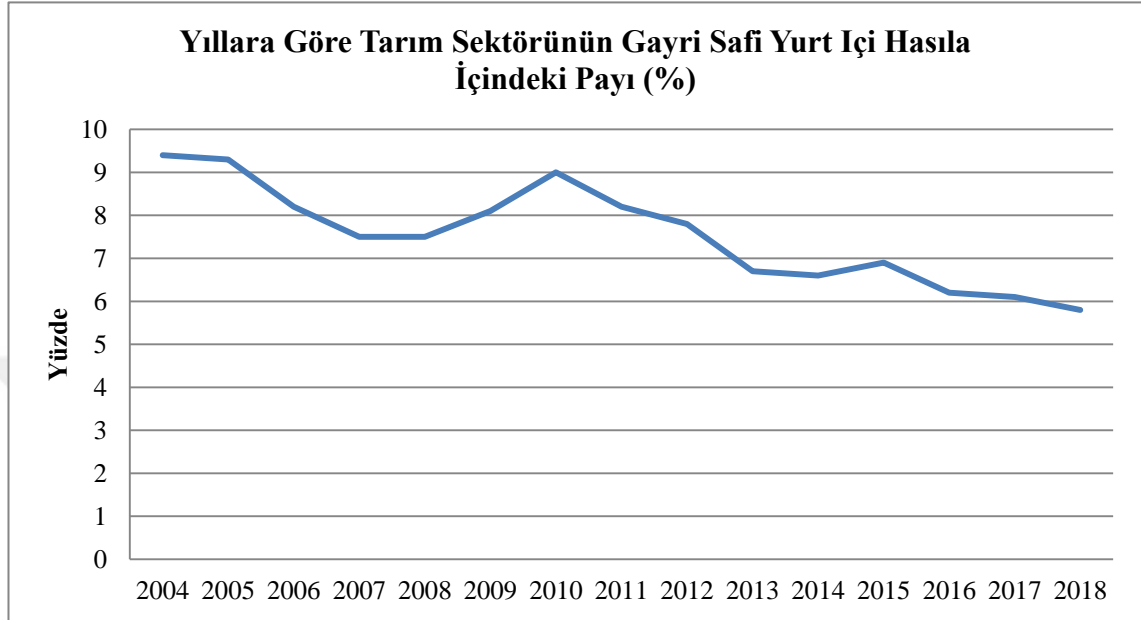
Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH)

Ekonomik anlamı paralelinde hâsıla, bir üretim faaliyeti sonunda yaratılan ürün ya da ürünlerin fiziki değerlerinin toplam parasal tutarı olarak ifade edilmektedir¹⁰. Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH) ise bir ülke sınırları içerisinde ve belli bir zaman içinde, üretilen tüm nihai mal ve hizmetlerin para birimi cinsinden değeri olarak tanımlanmaktadır. Tarım sektörü içinse, tarımsal üretim faaliyetleri sonrasında üretilen ürünlerin fiziksel değerlerinin toplam parasal miktarı olarak ifade edilebilir. Tarımsal iktisadi kalkınma sektörünün etkileri ve ekonomiye katkısı, Türkiye İstatistik Kurumu

⁹ Kaynak: TÜİK tarafından hazırlanmış verilerden yazar tarafından üretilmiştir. (<https://tuikweb.tuik.gov.tr/> Erişim:20.11.2020)

¹⁰ TDK Sözlük, <https://sozluk.gov.tr/>, Erişim Tarihi:16.11.2020

(TÜİK) ile belirlenen tarımsal GSYİH üretim yöntemine göre hesaplanmış ve tarımsal GSYİH'nın toplam ekonomideki payı, büyüklüğün katkısını ortaya koymaktadır. (Şekil 1.4.)



Şekil 1.4. Türkiye’de Tarım Sektörünün Yıllara Göre GSYİH içindeki Payı¹¹

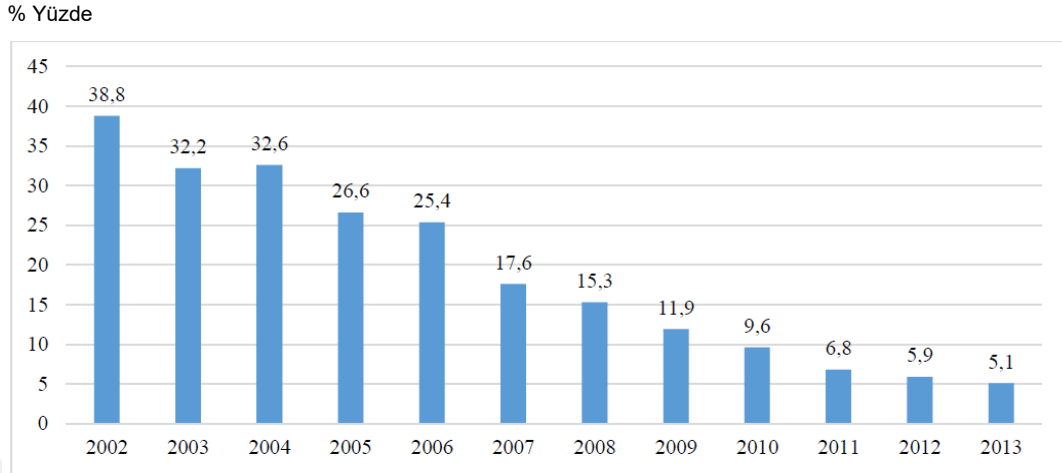
TÜİK tarafından hazırlanan veriler doğrultusunda, tarımsal üretimin GSYH içerisindeki payının yıllar bazlı süreklilik arz eden şekilde gerileme eğiliminde olduğu hususları anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, geleneksel üretim tekniklerinin kullanıldığı tarım sektöründe gelir artış oranının diğer sektörlerden daha yavaş olmasıdır.

Yoksulluk

Kırsal alanın bir diğer önemli gösterge yoksulluktur. TÜİK farklı yöntemlerle yoksulluk ölçümleri yapmaktadır. Bu yöntemlerden bir tanesi de harcamaya dayalı yoksulluk analizidir. Ülkemizde satın alma gücü paritesine (PPP) göre, kişi başı geliri 4,3 Amerikan Dolarının altında olan kişi oranına göre yapılan yoksulluk hesaplarında kırsal yoksulluk 2002-2013 döneminde azalmaktadır.(Şekil 1.5.) Bu sonucun tarımsal katma değer artışı ve kırsal altyapının geliştirilmesiyle ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Ancak, kırdan kente göç ve gelir transferleri de kırsalda yoksulluğu azaltan faktörler olarak karşımıza çıkabilmektedir.

¹¹ Kaynak: TÜİK tarafından hazırlanmış verilerden yazar tarafından üretilmiştir. (<https://tuikweb.tuik.gov.tr/> Erişim:20.11.2020)

Kırsalda Yaşayan Nüfusun Yoksulluk Oranı



Şekil 1.5. Türkiye’de Yıllara Göre Kırsalın Yoksulluk Oranı¹²

Türkiye’de tarımın girdi maliyetlerinin çok yüksek olması, çiftçilerin eğitiminin özellikle yeni teknolojiler konusunda yetersiz olması, tarımsal üretimde verim ve kalitenin düşük olması, sulanabilen arazi miktarının azlığı ve mevcut su kaynaklarının etkin kullanılmaması, tarım arazilerinin parçalı ve dağınık olması ve bu sebeple üretimde yeni teknolojilerin kullanımının zorlaşması gibi temel sorunları mevcuttur. Bunun yanında tarımsal işletmelerin pazara erişim sorunu ve örgütlenmede eksiklikleri söz konusudur [16].

1.3. Kırsal Kalkınma

Kırsal alanlarda yaşayanların yaşam kalitelerinin artırılmasını amaçlayan kırsal kalkınma kavramı, 1970’li yıllara kadar tarımsal kalkınma ile eşanlamlı olarak sektörel bir bakış açısıyla ele alınmış ve bu nedenle tarımsal üretimde artış üzerine odaklanmıştır. 1980’li yılların başlarında kırsal kalkınma, Dünya Bankası (DB) tarafından “kırsal yoksulun ekonomik ve sosyal yaşamını geliştirmek için dizayn edilen bir strateji” olarak tanımlanmıştır. 1980’li yıllardan itibaren kırsal kalkınma kavramının içeriği değişmiş ve kırsal kalkınmanın amacı kırsal halkın yaşam kalitesini arttırmak olarak belirlenmiştir.

¹² Kaynak: TÜİK tarafından hazırlanmış verilerden yazar tarafından üretilmiştir. (<https://tuikweb.tuik.gov.tr/> Erişim:20.11.2020)

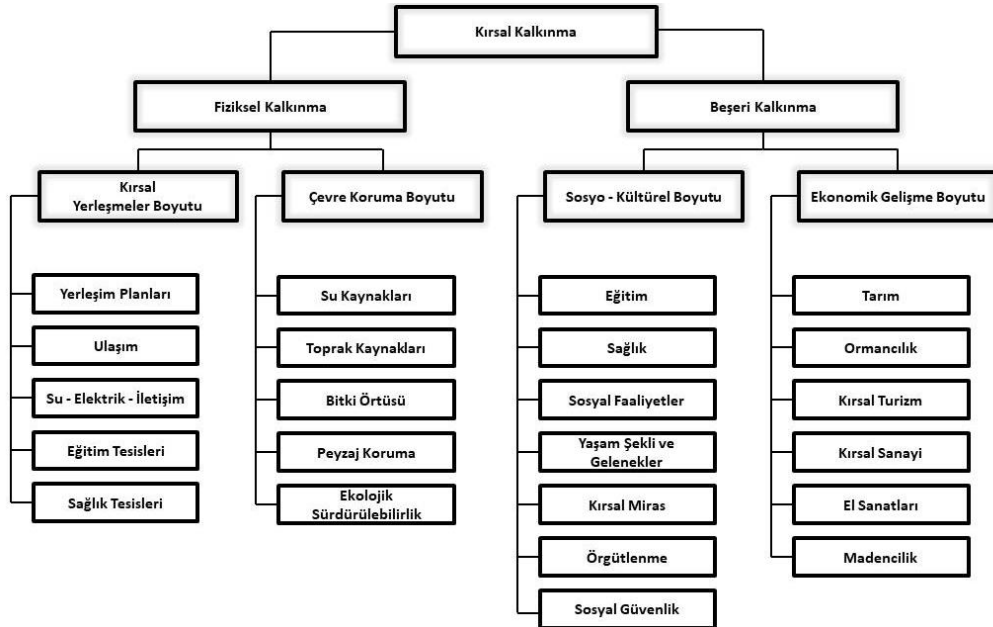
Kırsal kalkınma, kırsal alanlarda yaşayan insanlar açısından olduğu kadar kentsel alanlarda yaşayan insanlar açısından da önem taşımaktadır. Kırsal alanların geri kalması, kırsal halkın yaşam kalitesinde düşüklük olması, bu insanların kente göç etmelerine ve dengesiz bir kentleşmeye yol açmaktadır. Kırsal alanlar ekonomisi ağırlıklı olarak tarıma dayanan alanlar oldukları için kırsal ve kentsel nüfusa gıda sağlayan fonksiyona sahiptir. Kırsal alanların sorunlarının çözülmesi, hem buralarda yaşayan insanların yaşam kalitesini arttıracak hem de bu alanların sorunlarının kentsel alanlara taşmasını önleyecektir.

1980 sonrası ise, bu yıllarda Dünya Bankası (DB)'nin yanı sıra İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teskilatı (OECD), Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) ve Avrupa Birliği'nin (AB) yeni bir kırsal kalkınma politikası geliştirilmesinde rol oynadığı görülmektedir. Bu uluslararası politika belirleyici aktörlerin etkin olduğu küreselleşme çağında kırsal alanın değişimi konusunda birbiriyle ilişkili iki dinamik söz konusudur. Bunlardan ilki, tarım ticareti üzerine DTÖ tarım anlaşmasıyla devletlerin tarımdan geri çekilme konusu üzerinde uzlaşmaları şeklinde görülür. Gelişmiş ülkeler için bu yeniden yapılanma, kırsal toplumda tarımın önceki egemen pozisyonunun sorgulanmasına yol açmıştır. Kırsal değişime neden olan ikinci önemli dinamik ise; kırsal alanların tüketim rolünün ve potansiyelinin farkına varılmasıdır. Böylece kırsal alanlar sadece tarımsal üretim yapan yerler olarak değil insanlara çekici gelen doğal kaynaklara sahip dinlenme ve yaşama alanları olarak görülmeye başlanmıştır. Bu bakış açısının sonucu da kırsal çevrenin ve bu alanların sahip olduğu kültürel değerlerin korunması açısından bir hassasiyetin doğması olmuştur.

Kırsal bölgelerde başlıca ekonomik faaliyet konusu tarım olmasına ve kalkınmada tarımsal faaliyetlerin önemli bir yeri olmasına karşın, kırsal kalkınma kavramı tarım dışı alanları da kapsamaktadır. Bazı kırsal alanlarda altyapı olanakları veya bir takım hizmetlere erişim tek başına o bölgede yaşayanlar için en temel kıstas olabilmektedir. Ulaşım, iletişim, sağlık, eğitim gibi altyapı ve hizmet olanakları insanların günlük hayatlarını daha kolay sürdürebilmelerine yardımcı olurken, yaşam kalitelerini ve ekonomik koşullarını da etkilemektedir. Bu imkânların bölgeden bölgeye, bölge içinde veya yerel düzeyde değişiklik göstermesi kırsal alandaki yaşam standardının da farklılık göstermesine neden olmaktadır. Altyapı ve hizmetlere ulaşım kırsal kalkınma düzeyi açısından önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır. Kalkınma düzeyi ise; her toplumda

farklı ve karmaşık fiziksel, ekonomik ve sosyal değişkenleri içeren dinamik süreçlere bağlıdır. Bu bakış açısı “Entegre Kırsal Kalkınma Yaklaşımı” olarak adlandırılmaktadır[17].

“Entegre Kırsal Kalkınma Yaklaşımı” fiziki ve beşeri kırsal kalkınma bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu temel bileşenlerden fiziki kırsal kalkınma; kırsal yerleşmeler ve çevre koruma gibi mekânsal boyutları içerirken, beşeri kırsal kalkınma; sosyo-kültürel ve ekonomik boyutları içermektedir. Ayrıca her boyutun alt bileşenleri bulunmaktadır. (Şekil 1.6.).



Şekil 1.6. Entegre Kırsal Kalkınma Yaklaşımı [1]¹³

Kırsal kalkınma sürecinin, birleşeni olan beşeri kalkınmanın temel amacı; toplumun eğitim, sağlık ve gelir seviyesinin iyileştirilmesi ve söz konusu alanlarda bireylere sunulan tercihlerin genişletilmesini sağlamaktır. Beşeri kalkınmanın iki önemli dinamiğini içeren eğitim ve sağlık; bir taraftan beşeri sermaye düzeyini geliştirerek beşeri kalkınmaya ivme kazandırmakta, diğer taraftan da nitelikli, sağlıklı ve yetişmiş bireylerin ekonomide yer alması nedeniyle de verimlilik, üretim ve gelir artışı sağlayarak ekonomik kalkınmayı hızlandırmaktadır.

Kırsal kalkınmanın diğer birleşeni olan fiziksel kalkınmanın temel amacı; kırsal yerleşmelerin fizik anlamda düzenlenmesini ve çevresel boyutta korunmasını

¹³ Kaynak: Bakırcı, M., 2007, Türkiye’de Kırsal Kalkınma: Kavramlar, Politikalar, Uygulamalar, s.352, Nobel Yayınları, İstanbul. (Yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.)

kapsamaktadır. Yerleşimin planlanması, altyapı hizmetleri ve tesislerin oluşturulması ile üreticinin zaman ve mekân kazanımını arttırarak doğrudan tarımsal üretime etki edilecektir. Toprak ve su kaynakları çevre ve kırsal peyzaj çalışmaları ile bölge genelinde ekolojik dengenin korunması ve sürdürülebilir kullanılması hedeflenmektedir. Ayrıca bölgede yaşayanların yaşam standartları yükselterek kırsalın doğal çekiciliğini arttırmaktadır

Entegre Kırsal Kalkınma Yaklaşımı çerçevesinde kırsal kalkınma; kırsal alan olarak tanımlanan mekânlarda çevrenin korunması bağlamında sürdürülebilir bir bakış açısıyla bu mekânlarda yaşayan insanların sosyo-kültürel ve ekonomik yaşam kalitelerinin fiziksel altyapı ve hizmet ihtiyaçları da dikkate alınarak yükseltilmesi olarak tanımlanmaktadır[1].

Mekânsal olarak kırsal alan kavramı coğrafi bir alana da vurgu yapmaktadır. Bu kapsamda şehre uzaklığı, erişilebilirliği, coğrafi konum gibi özellikler de kırsal alana ilişkin mekânsal faktörler arasında yer almaktadır. Pazar merkezi veya merkezi yerler olarak tanımlanabilecek bölgelerin oluşturduğu ağ ve bu bölgelere olan uzaklık; üreticiler ile tüketiciler arasındaki mal ve hizmet alış verişini, uzmanlaşmayı, kaynakların en uygun kullanımını ve ekonomik gelişmeyi olumlu veya olumsuz etkileyebilmektedir.

Kırsal alanlardaki üretim ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi ve kaliteli bir seviyeye getirilmesinde önemli rolü olan fiziki koşullar ve altyapı konusu da kırsal kalkınma literatüründe öncelikli çalışma alanlarından birisidir. Ulaşım, telekomünikasyon, sağlık hizmetleri ve eğitim imkânları gibi altyapı unsurları kalkınmayı doğrudan etkilemektedir.

Kırsal alanlara ilişkin sorunların birbiriyle ilişkili, karmaşık ve çok boyutlu yapısından dolayı kırsal kalkınma çalışmalarında uygulanacak stratejilerin de buna uygun bir bakış açısıyla ele alınması önem taşımaktadır. Bütün kırsal bölgelerin sorunlarına cevap verecek tek bir strateji bulunmamaktadır. Birbirlerinden farklı niteliğe, fırsatlara ve sorunlara sahip bir kırsal bölge için geliştirilmiş strateji başka bir bölgeye uyum gösterecek anlamına gelmemektedir. Bu nedenle mekâna özgü koşulların doğru analiz edildiği ve bu analizlere dayalı modellerin geliştirildiği ülkelerde ve örneklerde başarı şansı yüksek olmakta, toplumsal ve kültürel gerçeklere uyum göstermeyen

yaklaşımlarla ise amaca ulaşmak mümkün olamamaktadır[1]. Dünyanın sürekli olarak üretim ve ekonomik değerler çerçevesinde değişim ve gelişim çabasını göz ardı etmek teknolojik gelişmelerden uzak kalmak kalkınmanın küresel değerini etkileyebilmektedir.

1.3.1. Kırsal Kalkınma Süreci Üzerine

1950'lere dayanan "kırsal kalkınma yaklaşımları", zaman içinde teknolojik ve sosyo-ekonomik faktörler ile ortaya çıkan değişikliklerin etkisi ile farklılaşmıştır. 1960'larda "modernizasyon", 1970'lerde "devlet müdahaleleri", 1980'lerde "serbest pazar" ve 1990'larda "katılım ve yetkilendirme" ile karakterize edilebilecek bu farklılaşma sırasında öne çıkan popüler fikirler ve terminolojiler de etkili olmuştur. 1980'lerde duyulmaya başlanan gıda güvenliği ve açlık analizlerinden, 1990'larda sürdürülebilir gelir ve zenginleşme eğilimi öne çıkmıştır. Bazen de kullanılan terminolojide, zaman içinde değişiklikler olduğu gözlenmektedir. 1980'lerde yoksulluğun hafifletilmesi, 1990'larda yoksulluğun azaltılması şeklinde kullanılırken, 2000'lere gelindiğinde kavram, yerini yoksulluğun ortadan kaldırılmasına bırakmıştır. Kırsal kalkınma yaklaşımlarında ortaya çıkan bu değişiklikler, uygulamalarda da belirginleşmiştir.

Kırsal kalkınma yaklaşımları, toplumların ihtiyaçları ve gelişen bilim, teknoloji paralelinde değişiklikler göstermiştir[18].

Zaman içerisinde kırsal kalkınma yaklaşımları, toplumların ihtiyaçları ve gelişen bilim, teknoloji paralelinde değişiklikler göstermiştir. 1950'lerden bu yana, kırsal kalkınma yaklaşımlarının temelini oluşturan çok sayıda teori, tema ve politikaları özetleyen bir "zaman çizelgesi" oluşturulmuştur (Tablo 1.2). On yıllık dönemler için hazırlanan bu çizelgede o dönem için etkili olan fikirlere ve terimlere yer verilmiştir. Bu fikirler ve terimler, belirli bir dönemde, kendinden önceki dönemin etkisi altında ortaya çıkıp, kendinden sonraki dönemleri de etkilediği için kesin tarih sınırları içerisine yerleştirilmesi mümkün olmamaktadır. Kırsal kalkınmanın tarihsel gelişiminin çerçevesini çizen, politikaları ve uygulamaları etkileyen bu fikir ve terimler, yaklaşık olarak onar yıllık dönemler içinde ortaya çıkmakta ve takip eden on yıllık dönemde güç kazanmaktadır. Ortaya ilk çıkışlarından itibaren 10-15 yıl sonra da kırsal kalkınma politikalarını geniş anlamda etkilemektedir. Bu fikir ve terimler, ulusal ve uluslararası kırsal kalkınma politikalarının oluşumunda ön plana çıkan anahtar sözcükleri kapsayan bir terminoloji oluşturmaktadır[19].

Kırsal kalkınma 1980’li yıllara kadar tarımda modernizasyon ve devlet müdahaleleri egemen olmuş, 1980’li yıllardan sonra küresel düzeydeki neo-liberal politikaların da etkisiyle sürdürülebilir kalkınma, ortaklık, işbirliği, katılımcılık, yerelleşme ve yönetişim gibi kavramlar kırsal kalkınma politikalarını şekillendiren kavramlar olmuştur.

1.3.2. Kırsal Kalkınmada Mevcut Yaklaşımlar

Avrupa kendi kırsal yöre ve yerleşim yerlerinin çevresel ve sosyal çeşitlilik özelliklerini, doğal ve kültürel mirasının muhafaza edilmesinde kırsal alanların önemini bilincinde olarak hareket etmektedir. AB kırsal kalkınma politikasının oluşturulmasında, kırsal kalkınma alanında kamu ve kamu dışı kesimleri bir araya getiren Cork I (1996) ve Cork II (2016) deklarasyonları dikkate alınmaktadır. 5-6 Eylül 2016 yılında İrlanda’nın Cork şehrinde yapılan Cork II Konferansı’nda yayınlanan “kırsal alanda daha iyi yaşam” başlıklı Deklarasyonda Avrupa Birliği’nde yenilikçi, entegre ve kapsayıcı kırsal ve tarımsal politika için 10 politika başlığı belirlenmiştir. [20].

- Kırsal refahı teşvik etmek,
- Kırsal alandaki üretim faaliyetleri için değer zincirlerinin güçlendirmek,
- Kırsal yaşamı ve canlılığı korumak ve desteklemek,
- Kırsal çevreyi korumak,
- Doğal kaynakları yönetmek,
- İklim eylemini (iklim değişikliğine adaptasyonu) cesaretlendirmek,
- Bilgi ve inovasyonu artırmak,
- Kırsal alanda yönetişimi geliştirmek,
- Politikaların oluşturulması ve yürütülmesinde basitleştirmeyi sağlamak,
- Politikaların uygulamasında performansı ve hesap verebilirliği geliştirmek.

AB düzeyinde kırsal kalkınma destekleme uygulamalarında kamu ve kamu dışı kesimleri ortaklık temelinde bir araya getiren işbirliği ve işbölümüne dayalı politika araçları revaçtadır. Bu çabaların en yaygın kabul gören çıktısı, Dünya Bankası örneğinde de görülen toplum temelli kalkınma yaklaşımı olup, AB’deki karşılığı Leader uygulamasıdır. AB, dört dönem itibarıyla (Leader, Leader I, Leader II ve Leader +

(2007-2013) kırsal kalkınma alanında uyguladığı Leader yaklaşımından elde edilen olumlu sonuçlar ve çıkarılan dersler sonucunda, 2014-2020 dönemi Leader yaklaşımının temel ilke ve yaklaşımlarını içeren ve küçük kentsel yerleşimleri de içerecek şekilde “toplum temelli yerel kalkınma” (community-led local development - CLLD) yaklaşımını hayata geçirmiştir. Bu yeni yaklaşım aynı zamanda farklı fonlar arasında (örneğin Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu, Kırsal Kalkınma İçin Avrupa Tarım Fonu ve Avrupa Sosyal Fonu) ve kentsel merkezler ile kırsal alanlar arasında geliştirilecek işbirliğine de imkân vermektedir[21].

AB kırsal kalkınma politikasının temel tedbirlerinden birini oluşturan Leader/CLLD, tabandan tavana yaklaşımı, alan bazlı kalkınma stratejilerini, yerel ortaklığı, entegre ve çok sektörlü eylemleri, ağ oluşturmayı, yenilikçiliği ve işbirliğini esas alan yedi temel özelliğe sahiptir[21].

Avrupa Kırsal Manifestosu önemli bir uluslararası belgedir. 4-6 Kasım 2015 tarihlerinde Avusturya Scharding’de toplanan ve Türkiye’nin de içinde bulunduğu 40 Avrupa ülkesinden 240 delegenin katılımı ile Avrupa Kırsal Parlamentosunda kabul edilmiş 30 maddelik bildiri, kırsalda yaşayan toplulukların ihtiyaçları, talepleri ve taahhütleri doğrultusunda ortaya çıkan kırsal kalkınma bildirisidir.

30 maddelik bildirin içinde yer alan önemli anahtar kelimeler;

Kırsal Alanların Çeşitliliği, Ortak Değerler, Yaşam Kalitesi, Kırsal Koşullarla İlgili Kaygılar, Harekete Geçme Gerekliliği, Haklar, Vizyon ve Ortaklık, Kırsal Alanların Durumunun Gözden Geçirilmesi, Genç Nüfusun Kırsala Kazanımı, Yoksulluk ve Dışlanma, LEADER ve CLLD (Topluluk Tarafından Yürütülen Yerel Gelişme), Kırsal Hizmetler ve Altyapı, Bilgi Teknolojileri, Küçük ve Aile Çiftçiliği, İklim Değişikliği ve Doğal Kaynaklar, Kırsal Kalkınmada Liderlik ve İşbirliği, Sivil Toplum Ağları, Sivil Toplum ve Hükümetler Arası Ortaklık, Destekleyici İklim Politikaları, Eğitim Hizmetlerinin Güçlendirilmesi ve Uluslararası Değişim.

Bu Manifesto çerçevesinde kırsal kalkınma konusunda Avrupa’nın geleceği için belirlenen vizyon cümlesi “çeşitlenmiş kırsal ekonomiler ve yüksek kaliteli çevre ve kültürel mirasın etkin yönetimi suretiyle desteklenen canlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir kırsal topluluklar” olarak belirlenmiştir[22].

Birleşmiş Milletler tarafından resmi olarak 2012 yılı “uluslararası kooperatifler yılı”, 2014 yılı “uluslararası aile çiftçiliği yılı” ve 2017 yılı “kalkınma için sürdürülebilir turizm uluslararası yılı” olarak ilan edilmiştir.

Tarım arazilerinin yönetişimi için gelişen teknoloji ile yeni üretim modelleri ve yüksek yatırım gerektiren modern tarım uygulamaları geliştirilmektedir. Üretim maliyetlerinin düşürülerek düşük gelirli tüketicilerin de gıda talebinin karşılanabilmesi için tarım sektörünün endüstrileşmesini ve teknolojiyi daha yoğun kullanmayı gerektirmektedir. Endüstrinin birçok alanında teknolojik çözümler yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda İnternet ağının yaygınlaşması ve teknolojik gelişmeler sanayi sektöründe “Nesnelerin İnterneti” (İnternet of Things) adı verilen, yeni teknolojilerin kullanımını için alan açmıştır. Bu tür sistemlerin tarımda da kullanılması modern tarım uygulamalarına fırsat tanımakta ve birçok yeni çözümler sunmaktadır. Tarımda verimlilik ve üretimin artırılmasında bu teknolojiden yararlanılması özellikle izleme ve kontrol sistemleri ile akıllı tarım uygulamalarına geçiş sürecinde önemli yer tutar.

Avrupa’da yürütülen, Ortak Tarım Politikası (CAP) çiftçilere yeşil ve sürdürülebilir tarımı teşvik etmektedir. Tarımsal parselin coğrafi konumu ve büyüklüğü, tarımsal uygulama, kadastroya benzer bir CBS envanteri olan Arazi Parsel Tanımlama Sistemi (LPIS), sübvansiyonların uygunluğunu doğrulamak ve seçilen çevresel kurallar ve kırsal kalkınma programları ile ilgili parsellerin izlenmesi için bir kontrol mekanizması olarak oluşturulmuştur[23].Avrupa Birliği (AB) Üye Devletlerinin ortak yönergeleri izleyen kendi LPIS'leri vardır. LPIS bilgilerinin, toprak parçalanma ve karbondioksit emisyonlarının etkisi gibi tarımsal faaliyetlerin çeşitli yönlerini incelemek için kullanılmaktadır.

Tarımsal bilgi ağının oluşumu için öncelikle tarımsal verilerin toplanması gerekmektedir, ağda kullanılacak olan verilerin hızlı ve güvenilir biçimde elde edilmesi için de teknolojik gelişmelerden ve yeni yaklaşımlardan faydalanılması küreselleşen dünya sisteminde bir zorunluluk haline gelmiştir

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte artan gıda ihtiyacını karşılamak için, tarımsal üretimi artırmanın yolları aranırken, tarımda ürün kalitesi ikinci planda kalmıştır. Mevcut ihtiyaçların giderilmesi adına yapılan uygulamaların doğaya ve insan sağlığına önemli bir tehdit oluşturduğu anlaşılmıştır. Tarımın karşı karşıya kaldığı bu tehditleri bertaraf

etmek amacıyla yeni tarım teknikleri arayışı bir başka zorunluluk haline gelmiştir. Hem iç piyasada hem de dış piyasada tüketicilerin güvenli gıda talepleri her geçen gün artış göstermektedir.

Dünyanın her yerinde ve özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde tüketici bilincinin giderek artmasıyla tüketicilerin, çevreye dost, insan sağlığına duyarlı güvenilir gıda talepleri, zamanla tarımsal arzı yönlendiren en önemli etken haline almıştır. Tüketicilerin bu talepleri uluslararası tarımsal ticareti etkileyerek satın alınacak ürünlere karşı güveni arttıracak teknik tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmıştır. Diğer yandan tüketiciler, kendilerine sunulan gıdanın güvenilir olması yanında çevre, insan ve hayvan sağlığına zarar vermeden üretilmesini ve bununda kendilerine sunulacak verilerle ispat edilmesini istemektedirler.

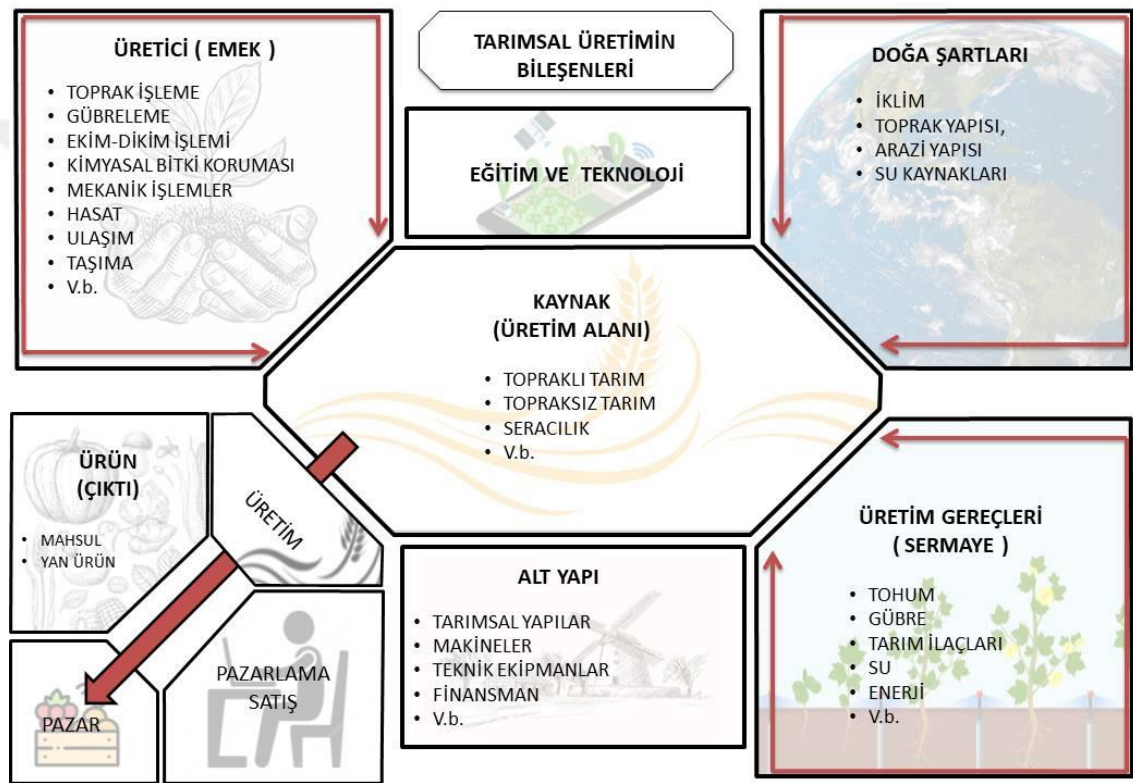
Çiftçi gelirlerini yükseltmek, kırsal nüfusu yerinde tutmak, tüketicileri doğru bilgilendirmek, tarımsal üretimin çeşitliliğini teşvik etmek ve prestijli ürünlerin gelişmesini ve korunmasını sağlamak, tüketiciye daha kaliteli ürün sunmak amaçları ile AB’de 1992 yılında yasal düzenlemeler yapılmıştır[24].Yine Dünya Ticaret Örgütü bünyesinde de yöresel ürünlerin dünya ticaretinde değer kazanması için ortak çalışmalar, yasal prosedürler ve taklitlerine karşı koruyucu önlemler almak amacı ile sürekli yeni düzenlemeler yapılmaktadır. Avrupa Kırsal Tarımsal Fonu(EAFRD) aracılığı ile çiftçilere destek sağlanmaktadır. AB’nin özel ürünlerin sertifikalandırılması, organik tarım, coğrafi işaret ve menşe isimlerinin korunması ile ilgili kalite programına katılan çiftçiler EAFRD ile desteklenmektedir[25].

1.4. Tarımsal Üretim ve Sürdürülebilir Tarım

Üretim kavramı, insanların kaynakları ihtiyacı karşılayacak biçime dönüştürmeleri, fayda veren mal yaratmaları ya da malın faydasını arttırmak olarak tanımlanabilmektedir. Üreticiler toprak, emek ve hammadde gibi iktisadi kaynakları kullanarak bunları faydalı hale getirmekte, ihtiyacı giderecek mallar üretmekte ya da ürünlerin faydasını arttırmaktadırlar.

TDK tarafından tarımın tanımı “Bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi, kalite ve verimlerinin yükseltilmesi, uygun koşullarda korunması, işlenip değerlendirilmesi ve pazarlanması” olarak yapılmıştır.

Tarımsal üretim; Doğal şartlar (toprak, su ve biyolojik kaynaklar v.b.) ile birlikte tarımsal girdiler kullanılarak doğrudan bitkisel, hayvansal, su ürünleri, mikroorganizma ve enerji gibi ürün elde etmek olarak anlaşılmaktadır. Bir başka tanımlamaya göre, insan ve toprak arasındaki mülkiyet ilişkisi olmak üzere, birincil üretimden nihai pazarlamaya kadar geçen süreç içerisinde gerçekleştirilen tüm tarımsal faaliyetlere yön veren faktörlerin değişik biçimlerde bileşenleri ile ortaya çıkan üretim ortamı olarak açıklanmıştır[26](Şekil1.7).



Şekil 1.7. Tarımsal Üretim Bileşenleri¹⁵

Tarımsal üretimin, evrensel ve kurumsal olmak üzere iki boyutu vardır. Bunlar, tarımın bütün dünyada çevre koşullarına olan bağlılığını tanımlayan evrensel boyutu ve üretim güçleri ile üretim ilişkilerinin oluşturduğu üretim tarzına bağlı olan kurumsal boyutu olarak sıralanır. Evrensel boyut, üreticinin müdahale şansının kısıtlı olduğu boyuttur. Kurumsal boyut ise, ölçek ve üretim tarzı ile şekillenir.

¹⁵ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tarımsal üretim içinde bulunduğu farklı değişkenlerin ve belirsiz durumlardan dolayı kesin bir sonuca ulaşma noktasında kaygılar taşır, bu değişkenlerin bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Tarımsal üretimde verim/zaman ilişkisi
- Tarımsal ürünün, yetiştirme süreci, depolanma süresi, tüketim süresi.
- Tarımsal ürünün, yetiştirileceği bölgenin iklimi, toprak yapısı ve arazi yapısı.
- Üreticinin, emek ve sermaye doğrultusunda girdi- çıktı ilişkisi.
- Üreticinin, eğitim durumu ve eğitimi.
- Üreticinin, teknolojik bilgisi ve teknolojiye erişebilirliği.

Türkiye’de, tarımsal üretimin önemli parçası olan üretici doğrudan piyasaya girememekte, ürettiği tarımsal ürünlerini aracılara teslim etmektedir. Tarımsal ürünlerin üreticiden, tüketiciye ulaşana kadar izlediği yol aracı zincirini oluşturmaktadır. Tarımsal ürünler üreticiden, aracıya, toptancıya, tekrar aracıya, ardından hal esnafı ve pazar esnafının elinden geçmekte ve son olarak tüketiciye ulaşmaktadır. Tarımsal ürünler her aşamada el değiştirerek aracılardan aldıkları komisyon doğrultusunda biraz daha pahalılaşmakta ve nihai tüketici ürünü olması gereken fiyatın üzerinde satın almaktadır. Bu sürecin en büyük sorunlarından birisi üreticinin emeğinin karşılığını alamamasıdır[27].

Tarımsal üretim ve gıda sanayi alanına küresel sermayenin girişi önemli değişimler yaratmıştır. Gıda üretiminde teknolojik gelişmelerin etkisiyle üretim girdileri artırılarak ve gıda malları çeşitlendirilerek gıda pazarında bir genişleme sağlanmıştır. Melez tohumların kullanılmaya başlanmasıyla geleneksel tohumlar ortadan kalkmış ve tohum alanında bir tekel oluşturulmuştur. Bu melez tohumların kullanılmasıyla üretim sürecinde ciddi boyutlarda bir farklılaşma yaşanmış; ürünlerin olgunlaşma süresi değişmiş, bu tohumlara has ilaç ve gübre kullanılması da ürünlerde hazırlık ve bakım aşamalarında uygulanması gereken yöntemleri de zorunluluk haline getirmiştir. Bu gelişmeler üretim ilişkilerini ve beraberinde üretim sürecini nicel ve nitel olarak farklılaştırmış; üretim süreci sermayenin kontrol alanına girmiştir[28]

Kendi geçimleri için üretim yapan köylüler küreselleşme ile ihracat için üretim yapmaya başlamaktadır. Böylece köylüler-üreticiler-çiftçiler pazara bağımlı hale getirilerek, dışa bağımlı olan az gelişmiş ülkeler gelişmiş ülkelerin direktifleri dışına

çıkamaz hale gelmektedir. Gelişmiş ülkeler kendi üreticilerini/ kendi tarımlarını büyük sübvansiyonlarla ve ithalat kontrolleri ile korurken azgelişmiş ülkelerdeki korunmayan köylüler bu eşitsiz durumla rekabet etmek zorunda kalmaktadır[29].

1.4.1. Sürdürülebilir Tarım ve İlkeleri

Sürdürülebilirlik bir kavramdır. Bu kavramın tarımı nitelemesiyle meydana gelen anlamın işlevsel özellik kazanması bir takım uygulamaların benimsenmesiyle ancak mümkün olmaktadır. Diğer bir ifade ile bir tarımsal uygulamanın sürdürülebilir olduğuna karar verilebilmesi ancak uygulamanın bir takım işlevleri yerine getiriyor olmasına bağlıdır.

Sürdürülebilir tarım, çoğu kişi için, doğal kaynakların muhafaza edilmesini sağlayacak, çevreyi süresiz olarak koruyacak, toplumun güven ve sağlığını artıracak ve tarımda çalışan kişiler için karlı ve herkes için yeterli gıda üretimini sağlayacak tarım anlamına gelmektedir. Kavram ayrıca, sosyal adalet ve hayvan refahını koruma gibi amaçları da içermektedir. Bu şekilde tanımlanan sürdürülebilir tarım, geleneksel ve modern tarım uygulamalarına, yani yüksek derecede uzmanlaşmış, ağır şekilde sentetik ve diğer tarım dışı girdilere bağımlı olan tarım uygulamalarına alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Burada öncelikle kabul edilmesi gereken kurallar; tarımsal üretim için dünyada gerekli olan kaynakların sınırsız olmadığı ve doğal dengeyi bozarak istenilen ölçüde ve sürekli bir gelişmenin sağlanamayacağıdır.[30]

Sürdürülebilir tarım kavramı tarımsal üretimde; çevresel, sosyal ve ekonomik faktörleri dengelemeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Sürdürülebilirliğin amaçları, tarımsal üretimde verimliliği korumak, aynı zamanda çevreye verilen zararı azaltmak, kısa ve uzun dönemde ekonomiyi canlı tutmak, tarım sektöründe faaliyet gösteren kişilerin yaşam kalitesini yükseltmek ve bu amaca yönelik uygulamaları geliştirmektir[30].

Sürdürülebilir tarım, çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir [31];

- 1) Çevresel Sürdürülebilirlik
 - a) Toprak ve Su Yönetimi
 - b) Biyolojik Çeşitlilik, Doğal Yaşam ve Ekosistem

- c) Atık Yönetimi
 - d) Enerji
 - e) Tarımsal Girdiler
 - f) İklim Değişikliği
- 2) Sosyal Sürdürülebilirlik
- a) Çalışan Hakları ve Çalışma Ortamı
 - b) Eğitim
 - c) Toplum ile İlişkiler
- 3) Ekonomik Sürdürülebilirlik
- a) Yönetim Sistemi, Kayıtlar Düzeni ve Şeffaflık
 - b) Finansal İstikrar
 - c) Ürün Seçimi ve Verimliliği

Sürdürülebilir tarım, doğal sistemlerin bütünlüğünü koruyacak ve doğal kaynakların sürekli yenilenebilmelerini sağlayacaktır. Ekonomik açıdan ise hem bireysel maliyetlerin hem de çevre ve doğal kaynak tabanı üzerindeki baskıların azalmasını sağlayarak sosyal maliyetlerin düşmesine yol açacak karlı uygulamalar sunmaktır. Daha iyi bir çevre ve herkese yeterli ve kaliteli gıda sağlayarak toplumun yaşam kalitesini yükseltmektir. Sürdürülebilir tarım, toprakla birlikte varlığını devam ettiren bütün unsurların uzun dönemde iyi yaşamalarının gerekliliğini göz önünde tutarak, toprağı bu şekilde kullanmaktadır. Toprakta mevcut ekosistem bozulmamakta ve toprağın verimliliği uzun süre sağlanabilmektedir[31].

1.5. Tarım Üretimi ve Küreselleşme İlişkisi

Küreselleşme üzerine tam ve net bir tanım vermek kolay olmasa da mal, hizmet ve sermayenin artan hareketliliği sonucunda sınır ötesi karşılıklı ekonomik bütünleşme ve ulusal ekonomilerin dünya piyasalarına dahil olma sürecinde dünyanın farklı bölgelerinde yaşayan toplum ve devletler arasındaki iletişimin ve etkileşimin artması ve karşılıklı bağımlı hale gelmesi olarak ifade edilebilir [32].

Küreselleşme kavramına ilişkin diğer bir tanımda şu şekildedir; küreselleşme modernlik kavramıyla geniş çapta eş anlamlıdır. Yeniçağda ‘dünya çapında toplumsal ilişkilerin yoğunluğu’ daha önceki tarihsel dönemlerin hepsinde olduğundan çok daha fazladır. Küreselleşmeyi anlamak için modernliği güdüleyen güçleri incelemek gerekmektedir. İç

içe geçmiş sanayileşme, kapitalizm, militarizm ve devletçilik süreçlerinin nitelikleri gereği nasıl küreselleşen bir güce sahip olduklarını anlamak gerekmektedir[33].

Küreselleşme, ürünlerin, fikirlerin, kültürlerin ve dünya görüşlerinin alış verişinden doğan bir uluslararası bütünleşme sürecidir. Dünyanın birleşik hale gelmesi, tekdüze dinamikler ile oluşan bir süreç değildir. Küreselleşme, ekonomik olduğu kadar siyasal, teknolojik ve kültürel boyutlu bir süreçtir.

Uluslararası Para Fonu (IMF) 2000’li yıllarda küreselleşmenin temel yönlerini;

- 1) Ticari ilişkiler ve işlemlerin artması
- 2) Nakit ve yatırımların daha rahat hareket edebilmesi,
- 3) İnsanların uluslararası hareket ve göç imkânlarının kolaylaşması
- 4) Bilginin paylaşılması, olmak üzere 4 maddede tanımlamıştır[34].

Küreselleşme yeni bir olgu gibi görünse de insanlar arası iletişimin getirdiği bir sonuç olarak düşünülebilir ve toplumlar arası ilişkilerin başlangıcına dayanmaktadır,

Küreselleşme sürecinin ortaya çıkmasında çok sayıda faktörün etkisi olmuştur. Bu faktörleri ana başlıklarıyla üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar, teknolojinin etkisi, ideolojik faktörler ve ekonomik faktörlerdir[35].

Gelişen teknoloji ve kullanılan yeni tekniklerle kitle üretimi yapan fabrikalar ortaya çıkmış ve üretim maliyetlerinde düşüş yaşanmıştır. Düşük maliyetlerle üretilen ürünlerin tüketiciye ulaştırılabileceği yeni pazar arayışları olmuştur. Ulaştırma ve haberleşmedeki gelişmelerle daha kolay ulaşılan yeni pazarlar ülkeler arasında rekabete yol açmıştır.

Küreselleşme olgusu, tüm sektörler gibi tarım sektörünü de etkisi altına almıştır. Çeşitli uluslararası kuruluşların uyguladıkları politikalarla hayata geçirilmeye çalışılan serbest piyasa ilkesi, farklı ülkelerin ortak bir pazarda karşı karşıya gelmesine sebep olmaktadır. Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması (GATT)’nın en önemli amaçlarından olan serbest bir piyasa sistemi ile uluslararası ticaretin geliştirilmesi, öncelikle tarım sektörünü kapsamamaktaydı. GATT Uruguay Turunun tamamlanması

ile tarım sektörü ve tarım ürünleri ticareti 1994 yılından itibaren serbestleşme sürecine girmiştir[36].

Gelişmiş ülkelerin, tarımsal ürün ticaretini serbestleştirme isteği altında fazla üretim sorunu yatmaktadır. İkinci Dünya Savaşı sonrasında yaşanan teknolojik gelişmeler, tarımda makine ve kimyasal girdi kullanımında artış, biyoteknolojik gelişmeler, tarımsal işletme büyüklüklerinde artış, sektöre yönelik yoğun desteklemeler ve korumacı politikalar tarım sektörünün hızla gelişmesini sağlamıştır. Verimlilik ve buna bağlı olarak üretim artışları ortaya çıkmış ve gelişmiş ülkelerin ellerinde biriken tarımsal ürün fazlası, yeni pazarlara açılma ihtiyacı doğurmuştur.



BÖLÜM 2

AKILLI TARIM VE BİRLEŞENLERİ

Akıllı tarımın tanımı, doğru zamanda ve doğru yerde doğru yollarla yeni teknolojiler kullanarak, çevreye verilen zararı minimuma indirerek sürdürülebilir üretim yapmayı sağlayan, verim ve kazancı arttırmayı amaçlayan, bilgi, teknoloji ve üretime dayalı bir tarım yönetim sistemi olarak ifade edilmektedir.

Akıllı tarımın nihai amacı maliyetleri düşürürken, artan nüfus gereksinimlerini karşılayabilecek, çiftçilerin karşılaştığı zorlukları minimuma indirecek bir entegrasyon sistemi oluşturmaktır.

Akıllı tarım bileşenleri kullanılarak tarımsal üretimde yer alan aktörlere temel olarak bilgisayar teknolojilerine dayanan bilgi yenileşimleri sağlayarak üretimde verimlilik ve rekabet gücünün artırılması, sürdürülebilir ekonomik büyüme, sınırlı toprak ve su kaynaklarının etkin kullanılması, gıda güvencesi, iklim değişikliği, kırsal yoksulluk, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, gıda gereksiniminin karşılanması gibi pek çok ekonomik, sosyal ve çevresel konulara yeni bir bakış açısıyla katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Gelecekte bilgi ve iletişim teknolojilerinin tarımsal üretimde kilit rol oynaması beklenmektedir. Bu beklenti doğrultusunda blok zincir, nesnelerin interneti, yapay zeka ve coğrafi bilgi sistemi ile ilgili yöntemler ve teknikler ile bunların uygulanış biçimleri önemli yer tutmaktadır.

2.1. Tedarik Zinciri ve Yönetimi

Tedarik zinciri, bir ürünün ya da hammaddenin tedarikçiden başlayarak son kullanıcı ya da tüketiciye kadar olan bütün araçları (üretici, tedarikçiler, depolar, dağıtım

merkezleri, perakendeciler ve nihai tüketici) birbirine bağlayan bir zincir olarak tanımlanmaktadır.

Başka bir tanımda ise; Tedarik zinciri, hammaddenin tedarik edilmesi, tedarik edilen hammaddenin yarı mamul ve mamullere dönüştürülmesi, üretilen mamullerin müşterilere dağıtılması aşamalarını gerçekleştiren süreçler ve yöntemlerden oluşan, müşteriye fayda sağlamak üzere kurulmuş bütünlük bir hattır[37].

Tedarik zinciri kavramı, mal ve hizmetlerin tedarik edilmesinden başlayan, üretimine ve üretimden tüketiciye kadar olan sürecin zaman, şeffaflık ve güven ile faaliyetlerinin bütünüdür[38]. Kısacası ürünlerin tedarik edilmesinden son müşteriye teslim edilinceye kadar geçen sürede, birlikte çalışan çeşitli kuruluşlardan (üreticiler, tedarikçiler, perakendeciler, dağıtıcılar) oluşan bir hizmet ağıdır[39].

Mal ve hizmetler, bu ağın başlangıç noktasından son müşterilere taşınırken tedarik zincirinde farklı adımlardan geçmektedir[39]. Tedarikçiler, üretici, dağıtım merkezleri ve müşteriler, tedarik zincirinin gerçekleştiği adımların paydaşlarını oluştururlar. Tedarik zinciri hattı boyunca; ürün, malzeme, bilgi ve para akışı oluşur[38].

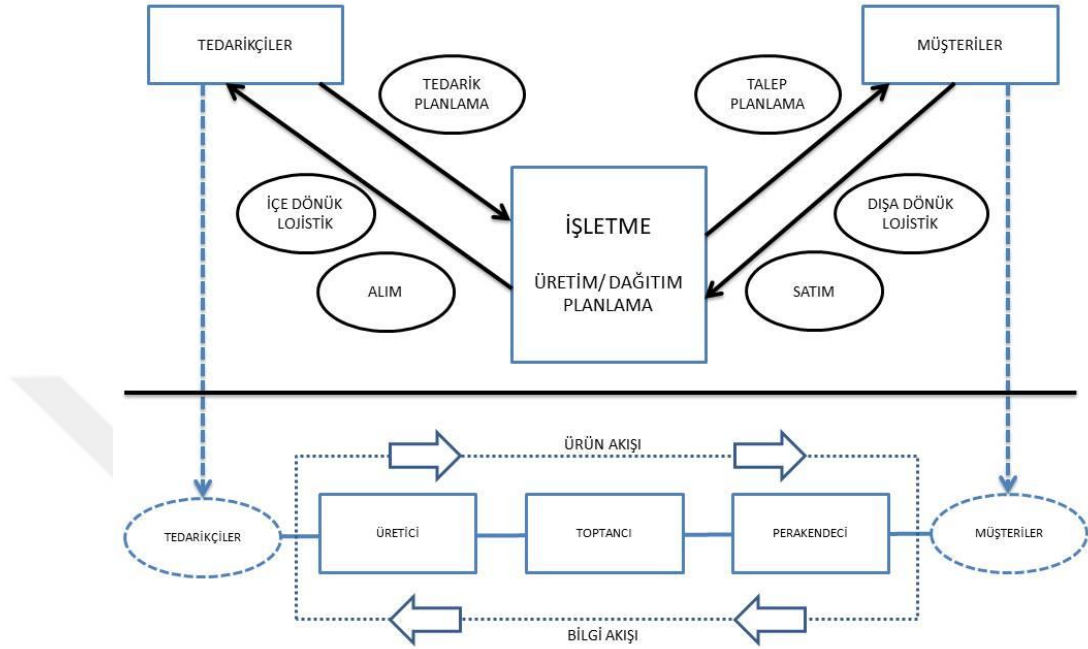
Tedarik Zincir Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi ürünlerin hem müşteri hizmet seviyesi gereksinimlerini karşılayıp ve hem de sistem genelindeki maliyetleri minimize etme amacıyla doğru miktarda, yerde ve zamanda olacak şekilde üretim ve dağıtımının yapılması için perakendecilerin, toptancıların, üreticilerin ve tedarikçilerin entegre edilmesi için bir dizi yaklaşım olarak tanımlanır.

Başka bir tanımda ise; tedarik zinciri içinde yer alan bireysel firmaların ve tedarik zincirinin tamamının uzun dönemli performansını artırmak amacıyla, firmalardaki geleneksel iş fonksiyonlarının ve yöntemlerinin tedarik zinciri boyunca sistematik ve stratejik koordinasyonudur[37].

Tedarik zincirinin yönetiminin literatürde değişik tanımlamaları mevcuttur. Bu tanımlar içinde en kapsamlısı, malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar (olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım dahil) yönetimini kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi

faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir, şeklinde tanımlamaktadır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Klasik Tedarik Zinciri Yönetimi¹⁶

Tedarik zinciri yönetimiyle geleneksel lojistik kavramı arasında bir fark vardır. Lojistik, tek bir organizasyonun içinde meydana gelen faaliyetleri işaret ederken; tedarik zincirleri ise birlikte çalışan ve bir ürünü pazara teslim etmek için onların faaliyetlerini koordine eden şirketlerin ağına dayanmaktadır. Ayrıca geleneksel lojistik; tedarik, dağıtım, bakım ve stok yönetimi gibi faaliyetlerin uyarılarına odaklanırken; tedarik zinciri yönetimi ise geleneksel lojistiğin hepsini kapsadığı gibi buna ilave; pazarlama, yeni ürün gelişimi, finans ve müşteri hizmetini de kapsar[40].

Tedarik zincirinde yer alan tüm tarımsal üretim paydaşları stratejik ve sistematik yönetiminin parçası olarak, tohumun temininden nihai müşteriye ulaştırılincaya kadar tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve müşteriler arasında para, malzeme ve bilginin yönetimini gerçekleştirmektedir.

Nihai ürünün üretiminden tüketiciye ulaştırılmasına kadar gelişen sürecin, tedarik zinciri yönetimi ile bütün tarımsal üretim paydaşlarına sağladığı avantajlar aşağıda verilmektedir;

¹⁶ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

- Ürün ve bilgi akışı
- Döngü süresinde azalma
- Zincir boyunca artan verimlilik
- Zincir boyunca maliyetlerin düşmesi
- Artan tahmin doğruluğu
- Stokların azaltılması
- Üreticinin talep doğrultusunda üretime katkı sağlaması
- Güven ve iş birliği
- Kapasite gerçekleştirme oranının artması

Tedarik zinciri yönetim standardı olarak geliştirilmiş olan referans modeline göre; *planlama, kaynak bulma, üretme, teslim ve geri dönüşler* olmak üzere beş temel süreçten oluşmaktadır.

Tarımsal üretimde faaliyet gösteren bir işletme tedarik zincirini yönetmek ve bu beş süreci başarıyla uygulamak zorundadır. Özellikle küçük ölçekli ve geleneksel türde yönetimin hakim olduğu tarım işletmelerinde bu süreçlerin tamamını yönetmek gereklidir. Tedarik zincirinin başarısı, tarımsal üretim paydaşları arasında doğru bilginin hızlı biçimde gerekli yere iletilmesi, kaynakların etkin olarak kullanılması ve zincirin halkalarını oluşturan tüm işletmelerin maliyet analizi ile etkin bir maliyet yönetimi gerçekleştirmeleriyle kıyaslanabilir.

Tedarik zinciri tarımsal üretimle başlar, tarımsal hammaddeyi tohumu tedarik edip üreticiye satışını sağlar ve üretici tarafından yetiştirilen ürünleri satın alıp dağıtım noktalarına taşınmasıyla devam eder, ürünlerin tüketici tarafından satın alınıp tüketilmesi ile son bulur. Zincirin her aşamasında farklı kaynaklar kullanılmaktadır ve zinciri sürdürülebilir kılmak için enerjiden suya, ambalaj ürünlerinden yakıta her unsurun kullanılması gerekmektedir.

2.2. Dijital Dönüşüm ve Tarım 4.0

Dijital dönüşüm kavramı, nesnelerin interneti, yapay zekâ, büyük veri, öğrenen makine vb. gibi dijital teknolojiler ile robotik sistemlerin imalat sanayine entegre edilmesi ve

tüm üretim aşamalarının dijitalleştirilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Dijital dönüşüm sadece imalat sanayini etkilemekle kalmayıp, sağlıktan eğitime, tarımdan finansa ekonominin bütün sektörlerini ve sosyal hayatı etkileyerek yeni bir “dijital ekonomi” kavramı yaratmaktadır[41].

Dijital dönüşüm daha önceki dönemlerde görülen fiziki ve sanayi odaklı üretimin aksine, daha çok bilgi paylaşımına ve iş birliğine dayanan, teknoloji merkezli yüksek katma değer üretmeyi hedefleyen bir yapıya sahiptir. Bilgi ve İletişim Teknolojilerine (BİT) dayalı gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan dijital dönüşüm, “Endüstri 4.0” dönemi olarak nitelendirilen 4. sanayi devrimine hazırlık aşamasıdır. Bu noktada endüstri 4.0 kavramı kısaca, yapay zekâ, üç boyutlu yazıcılar, bulut bilişim ve robotik teknoloji alanlarında meydana gelen ilerlemelere bağlı olarak ekonomik bir değere sahip bütün nesnelerin Bilgi ve İletişim Teknolojileri vasıtasıyla birbirleri arasında iletişim kurmasına dayalı akıllı bir üretim dönemi olarak tanımlanmaktadır[42].

Geçmişten günümüze sanayi devrimler dört grupta incelenebilir:

- 1) Sanayi Devrimi Su ve buhar gücü Makine 1700’lü yılların sonları
- 2) Sanayi Devrimi Elektrik Seri Üretim 1900’lü yılların başları,
- 3) Sanayi Devrimi Bilgisayar Otomasyon 1970’lerin başı
- 4) Sanayi Devrimi Siber Fiziksel Sistemler , Günümüz ve Yakın Gelecek

(Endüstri 4.0)

Endüstri 4.0, Dördüncü Endüstri Devrimi’ni temsil eder ve karmaşık fiziksel makine ve cihazların, iş ve toplumsal sonuçların iyileştirilmesi için tahmin, kontrol ve planlama yapmak için kullanılan sensör ve yazılımlarla entegrasyonu olarak tanımlanabilir[43]. Endüstri 4.0’ın beş ana özelliği dijitalleştirme, optimizasyon ve kişiye özel üretim, otomasyon ve adaptasyon, İnsan-Makine Etkileşimi, katma değerli hizmetler ve otomatik veri değişimi ve iletişimi olan işletmelerdir. Bu özellikler yalnızca İnternet teknolojileri ve gelişmiş algoritmalar ile yakından ilişkili değildir, aynı zamanda Endüstri 4.0’ın endüstriyel bir değer katma ve bilgi yönetimi süreci olduğunu göstermektedir[43]. Mobil ve bulut bilişim, büyük veriler ve Nesnelerin İnterneti, akıllı

fabrikaların, ürünlerin ve hizmetlerin kurulmasına izin veren Endüstri 4.0'a yönelik kilit teknolojilerdir. Endüstri 4.0 kapsamındaki gelişmeleri yönlendiren önemli teknolojik girişimlerle birlikte geleceğe yön verecek, otomatik ve dinamik üretim ağlarına yol açacaktır.

Bu kapsamda tanımlanan teknolojik gelişmeler;

İnternet, Nesnelerin İnterneti, Blok Zincir, Büyük Veri, Edge ve Bulut Bilişim, Robotik, İnsan-Makine Etkileşimi, Yapay Zeka ve Açık Kaynaklı Yazılımlardır.

Endüstriyel sistemlerin otomasyonu, Endüstri 4.0'daki birbirine bağlı siber-fiziksel sistemler (CPS) endüstriyel altyapı ve üretim süreçlerinin özerk ve dinamik bir sisteme dönüşmesine izin verilmesini sağlamaktadır[44]. Bu yüksek entegre otomasyonu ağdaki varlıklar birbirleriyle özerk bir şekilde çalışmak ve ortak hedefe ulaşmak için akıllı cihazlar gibi iletişim kurmayı ve karar vermeyi sağlamaktadır [45].

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin küresel ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için sürdürülebilir tarımda kilit rol oynaması beklenmektedir [46].

Tarım 4.0 beraberinde çeşitli kavramlar getirmiştir. Terminolojik olarak ele alındığında literatürde akıllı, dijital ve hassas tarım gibi ifadeler kullanılmaktadır. Çeviri sonrası bu terimler kavramsal olarak birbirlerine karıştırılabilmektedir. 1990'lı yıllardan itibaren tarımda kullanılan bilişim teknolojileriyle farklı terimlerle tarif edilmeye, adlandırılmaya çalışılmıştır. İlk zamanlar uzmanlar arasında "Precision Agriculture" hassas tarım ifadesi kullanılmakta, sonraları ise "Smart Agriculture" akıllı tarım ve "Digital Agriculture" dijital tarım terimleri kabul görmektedir.

Akıllı tarım bir felsefe olarak ele alındığında, doğanın heterojenliğini yöneterek bilgiye dayalı tarımsal üretimdir. Doğru miktarda girdinin doğru zamanda doğru yere, doğru yöntemle uygulanmasıdır. Bu akıllı tarım felsefesi, tarım teknolojileri ile desteklenmektedir, geleneksel tarımın geleceği olarak görülen "akıllı tarım" kavramının sağlayacağı ekonomik avantajları ve çevre kirliliğini azaltma üzerindeki rolü çok önemlidir.

Günümüzde tarımda akıllı telefonlar, tabletler, tarla içi sensörler, uydu ve dronlar gibi dijital teknolojilerinin kullanımları yaygındır. Toprak şartlarının uzaktan ölçülmesi,

suyun daha akıllı yönetilmesi, hayvancılık ve mahsul izleme gibi bir dizi tarım çözümü sunulmaktadır. Bu durum, çiftçilerin daha verimli bir şekilde planlama yapmalarını ve daha verimli olmalarını sağlamaktadır. Elde edilen mahsul verimleri, hayvan performansı, proses girdilerinin optimizasyonu, işçiliğin azalması vb. karlılığı artırır. Dijitalleşme çiftçiler için çalışma koşullarının iyileştirilmesine ve tarımın çevresel etkilerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Küreselleşen Dünya ve gelişen teknolojik dönüşüm, Tarım 4.0' ın kırsal kalkınmada kilit rol oynayacağını göstermektedir.

2.3.Blok zincir

Literatürde ortak oluşturulmuş bir tanım ile karşılaşılamamakta ve tanımlar da çeşitli farklılıklar oluşmuş olsa da genel bir ifadeyle blok zinciri özünde merkezi olmayan ve güvenli yöntemlerle birlikte tutulan güvenilir bir veri tabanının teknik bir planı olarak tanımlamak mümkündür [47].

Bu teknoloji, ağındaki verilerin silinmesine, kaybolmasına ya da değiştirilmesine imkan vermeyen merkezi olmayan bir veri depolama sistemidir. Diğer bir ifadeyle dağıtık bir otoriteye ya da aracıya bağlı olmadan doğrulama işlemlerini yapabilen ve güvenli bir şekilde işlemleri kaydeden bir teknolojidir.

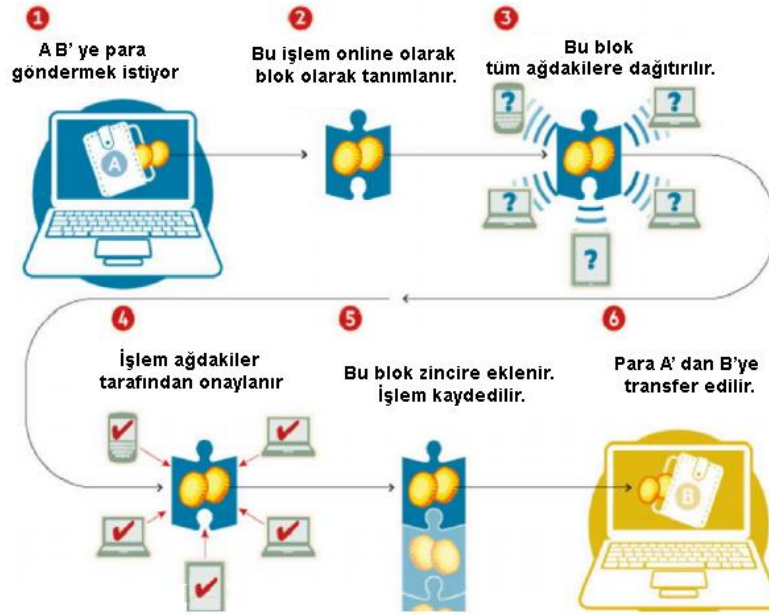
Blok zincir, dağıtık yapıdaki doğrulama yöntemi ve güvenli bir şekilde veri depolayabilme imkanıyla, araç ve gayrimenkul gibi değerli varlıkların kaydından, diploma ve tapu gibi önemli belgelerin dijital olarak tutulmasına, değerli finansal belgelerin yönetilmesine, kadar birçok farklı alanda uygulanabilen bir teknolojidir. Küresel ve dijital bir açık hesap defteri şeklinde tanımlanan blok zincir teknolojisi, dijital kimlik sistemleri üzerinde daha önce görülmemiş bir kontrol mekanizması sağlamaktadır [48].

Blok zinciri kriptografi teorisine dayalı olarak üretilen bir veri bloğundan oluşur[49]. Ayrıca sistem güvenilir bir üçüncü tarafa ihtiyaç duymadan kullanıcılar arasında işlem yapılabilecek yapıyı sunmaktadır. Kullanıcılar, tüm işlem geçmişini görebilir. Burada bütün bu geçmişin eksiksiz bir şekilde olması da her işlemin geçerliliğini sağlar ve bütün işlemler izlenebilir hale gelir. Bu sayede sistemdeki kullanıcılara geriye dönük

bütün işlemler için şeffaflık sağlanmış olur. Ayrıca geçerli kayıtların herhangi bir koruma yöntemi kullanılmadan değiştirilmesi engellenmiş olur. Tüm bunların sonucunda da taraflar arasındaki işlemlerin daha düşük maliyetlerle gerçekleştirilmesi sağlanmış olmaktadır. [50].

Kökleri 1990'lı yıllara kadar uzanan blok zincir teknolojisinin değeri, Bitcoin ortaya çıkana kadar pek anlaşılamadı. Bitcoin uygulamasının bir kriptopara çözümü olmasından dolayı blok zincir kavramı öncelikli olarak finansal teknolojiler alanında yorumlanıp değerlendirilmiş olsa da, bunun ötesinde pek çok farklı uygulama alanına sahiptir.[51]

Blok zincir teknolojisinin genel çalışma prensibi (Şekil 2.2.) bir uygulama ile gösterilmiştir. A ve B bireyleri aralarında para transfer işlemi yapmak istediklerinde (Adım 1) işlem ait blok oluşturulur. Bu işlemleri doğrulanmış blok olarak online olarak tanımlanır(Adım 2). Oluşturulan bu blok tüm ağdaki kullanıcılara dağıtılarak kayıt defterindeki bütün uç noktalara yayılır ve her uç nokta başlangıçtan itibaren tüm kayıtların kopyasını tutar (Adım 3). A ile B arasındaki işlemin gerçekleştiğini diğer uç noktalar doğrular (Adım 4). Burada bütün kullanıcılar birbirleriyle iletişim kurarak sistemde herhangi bir bozukluk olup olmadığını teyit ederler. Onaylanan blok ise bir önceki bloğun kriptografik özeti alınarak ikinci bir blok yapısı oluşturulur (Adım 5). Böylelikle her bir blok yapısı bir önceki yapının özetiyle ilişkili olacak şekilde tüm zincir yapısına sahip olur. Son olarak A ve B arasında işlem gerçekleşmiş olur (Adım 6)[48].



Şekil 2.2. Blok Zincir Çalışma Prensi¹⁷

Blok zincir teknolojisi öncelikli olarak dijital para ve finansal varlıklar üzerinden uygulama alanı bulmuş olsa da her geçen gün teknolojinin araştırma alanları ve uygulama dinamikleri genişlemektedir[52]. Blok zincirin uygulama alanlarının bu genişleme ile bankacılık, borsa, akıllı sözleşmeler, tıp, eğitim, ağ teknolojisi, nesnelerin interneti, havayolu taşımacılığı ve tedarik zinciri ve v.b. uygulamalarda görülmektedir [53]. Blok zincir teknolojisini tedarik zinciri süreçlerine uygulayarak ve tedarik zincirin performansını arttırmak amaçlanmaktadır.

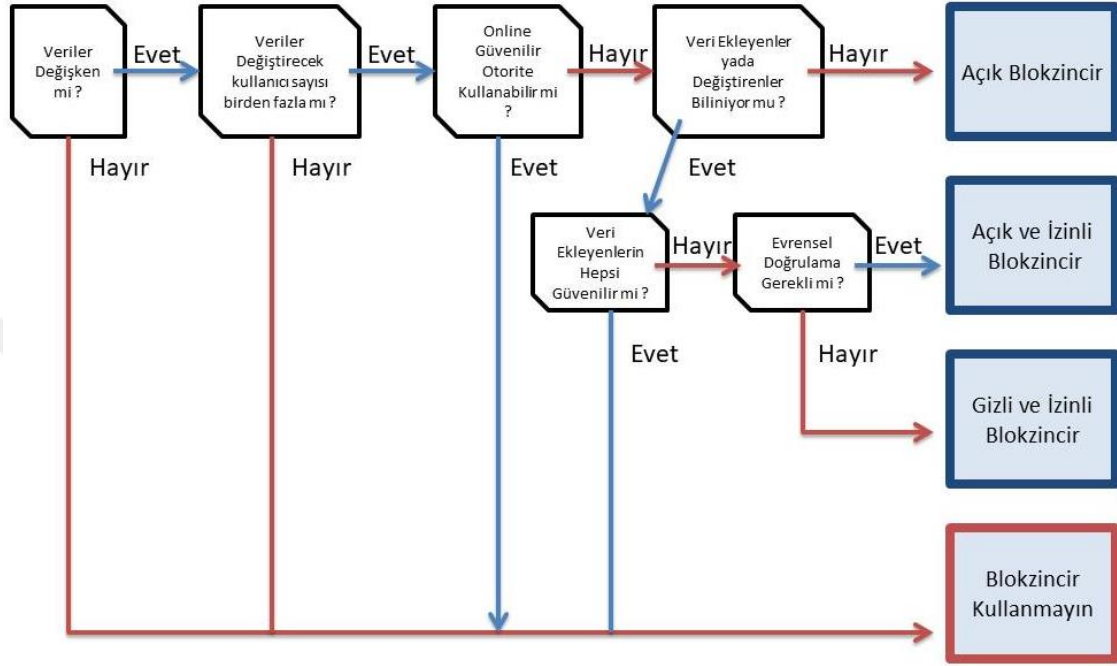
Blok zincir tabanlı proje ve uygulamaları geliştirmek için kullanılabilir birçok platform ortaya çıkmıştır. Bu platformlar, açık kaynaklı olup olmadıkları, fiyatlandırma yapısı, destekledikleri program dilleri ve yapılarına (açık, hibrid, özel) göre farklılık göstermektedir.

Blok zincir uygulamasında kullanılacak sistemin ihtiyaca yönelik olarak belirlenmesi için oluşturulmuş olan şema (Şekil. 2.3.) verilmiştir. Blok zincir oluşturulmadan önce gereksinimlere uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.[54]

Değerlendirme ise, kullanılacak olan verilerin değişkenlik durumuna, verileri sisteme yükleyen kullanıcıların sayısına, kullanılacak uygulamanın online olarak web üzerinden

¹⁷ Gupta, M., Blockchain for dummies. Hoboken. 2017, John Wiley & Sons, Inc

güvenilirliğinin değerlendirilmesi ve kullanıcıların(verileri yükleyenler, güncelleyenler ve onaylayanlar) kimlik bilgilerinin değerlendirilerek sistem için en uygun olacak platformun belirlenmesini sağlamaktadır.



Şekil 2.3. Blok Zincirde Kullanılacak Platformu Belirleme Şeması¹⁸

Bu ölçütler doğrultusunda uygulamada kullanılacak olan blok zincirin platformu oluşturulabilir. Bu bilgiyi yer vermemdeki amaç blok zincirin tek bir platform üzerinden yürütülmediğini göstermektir.

2.3.1. Blok Zincir Ağ çeşitleri

Blok zincir gizlilik ve güvenlik açısından değerlendirildiğinde 4 farklı ağ sistemi ortaya çıkmaktadır. Bunlar; Açık, Özel, Yarı Özel ve Konsorsiyum Blok zincir ağlarıdır(Şekil 2.4.).

¹⁸Kaynak: <https://eprint.iacr.org/2017/375.pdf>



Şekil 2.4. Blok zincir Ağ Çeşitleri¹⁹

Blok zincir’de ağ tipleri öncelikli olarak sisteme kişisel isteğe göre dahil olabilme veya olamama ayrımıyla belirlenmektedir. Ağa katılmak için belirli otoritelerce izin gerektiği durum Özel (Private) Blok zincir ağı, herhangi bir iznin gerekmediği durum ise Açık (Public) Blok zincir ağı olarak adlandırılır. Ağ tiplerindeki ikinci ayırım noktası ise ağdaki işlemlere erişebilme yetkisi olarak görülmektedir. Herkesin dahil olabildiği bir Blok zincir ağında işlem yapma yetkisi tüm katılımcılarda var ise bu Açık ağ, belirli izinlere tabi ise Konsorsiyum ağ olarak gösterilmiştir. Ağa katılmanın izin gerektirdiği türde, tüm katılımcıların işlem yapabildiği ağ Yarı Özel, işlem yapamadığı ağ ise Özel ağ olarak tanımlanır.[55]

Açık (Public) Blok zincir

Bütünüyle izin gerektirmeyen (Double Permissionless) olarak da bilinen açık Blok zincir ağ türünde yapılan her işlem ağdaki tüm katılımcılar tarafından görülebilir ve tüm katılımcılar yeni blok oluşturulabilir. Sistemde tek bir otorite yoktur ve herkes ağa katılabilir. Kayıtların tutulduğu deftere (ledger) tüm katılımcıların erişimi vardır ve dolayısıyla defterin kullanıcı sayısı kadar özdeş kopyası bulunmaktadır. Açık Blok zincir ağlarında tüm katılımcılar mutabakat sürecine dahil olur ve mutabakatlar genellikle PoW (Proof of Work) veya PoS (Proof of Stake) mekanizmaları ile sağlanır. Bitcoin, halka açık Blok zincir ağ tipinin karakteristik bir örneğidir. Açık Blok zincir ağlarında işlemler herkes tarafından görülebilse de çoğu zaman şifrelenmiş durumda olduğu için kişisel verilere erişim kolayca sağlanmamaktadır. Ağdaki katılımcılar dilerlerse profillerini anonim şekilde kullanarak gerçek isimlerini gizleyebilmektedir.[55]

¹⁹ **Kaynak** : Fintechtime, Blockchain Dosyası, Sayı 8, Kış, 2018, s. 49.

Konsorsiyum (Consortium) Blok zincir

Kısmen izin gerektiren (Permissionless) konsorsiyum ağlarda isteyen herkes ağa dahil olabilmekte ancak mutabakat sürecine izin alarak katılabilmektedir. Konsorsiyum Blok zincir ağlarında tüm katılımcılar verilere erişebilmektedir. Bu nedenle işlemlerin herkes tarafından izlenebileceği ancak onaylamanın sadece belirli kişiler tarafından yapılabileceği durumlarda tercih edilmektedir. Örneğin bu tip Blok zincir ağları kayıtların sadece Muhasebe veya Mali kurumlarca onaylanmasının istendiği durumlarda kullanılabilir. Hyperledger projesi bu ağ türüne örnektir.[55]

Yarı Özel (Semi-Private) Blok zincir

Yarı Özel veya kısmen izin gerektiren (Permissioned) Blok zincir ağlarında katılımcılar sisteme dahil olabilmek için izne tabidir, ancak mutabakat sürecine doğrudan katılabilir. Blok zincir platformlarından Ripple²⁰ yarı özel ağ yapısına sahiptir. Ripple'da bankaların dahil olduğu bir havale sisteminde ağa katılım sağlamak için izin gereklidir.

Bu izni alıp sisteme dahil olan tüm bankalar mutabakat sürecine de dahil olmuş olurlar.[55]

Özel (Private) Blok zincir

Özel Blok zincir ağları bütünüyle izin gerektiren (Double Permissioned) sistemler olarak da bilinmektedir. Bu türde katılımcılar sisteme ve mutabakat sürecine ancak izin alarak dahil olabilmektedir. Verilere erişim sağlanması istenen kişilerin yetkilendirilmesi ve veriler üzerinde düzenleme yapabilme hakkı tamamen tek bir otorite kontrolündedir. Esasen Blok zincir'in ortaya çıkış fikri olan, merkezi yönetimler olmadan mutabakat sağlama düşüncesine tamamen zıt olan bu ağ tipi müşteri mahremiyetinin çok önemli olduğu uluslararası finans ve regülatör kurumları tarafından tercih edilmektedir.[55]

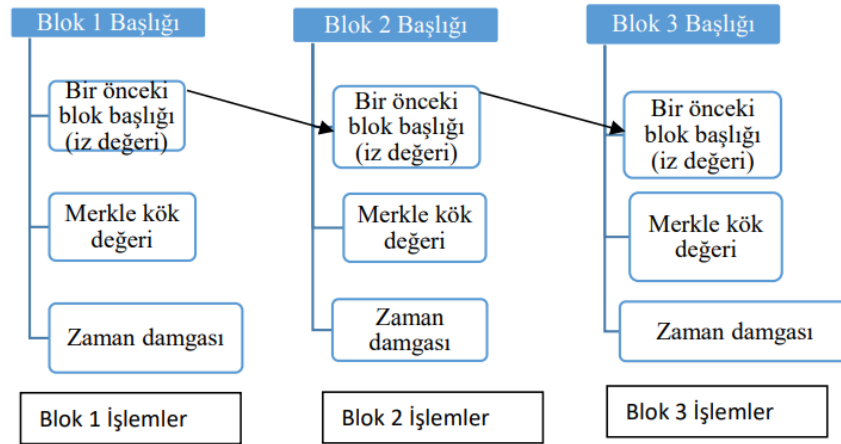
2.3.2. Blok zincir çalışma mekanizması

Blok zincir, üretilen bir veriyi belirlenen kurallar çerçevesinde kaydeden, bu kayıtları pek çok farklı noktaya paylaşabilen ve bu süreçte verilerin güvenilirliğini koruyan bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Verilerin değiştirilemezliği, güvenliği,

²⁰ Ripple, internet aracılığıyla para göndermek için kullanılan bir iletişim protokolüdür.

onaylanabilirliği, dayanıklılığı ve şeffaflığı bu teknolojinin öne çıkma nedenleri arasında gösterilmektedir[56]. Bu uygulamada verilerin saklandığı yapılar, blok olarak adlandırılmaktadır. Tamamlanan bloklar birbiri ardına bir zincir halkası gibi eklenir ve blok zincirler oluşturulur. Her blok, zaman damgası olarak oluşturulduğu ana dair tarih ve saat bilgilerine sahip olur. Böylece, her biri kendi imzasına sahip, belirli bir zamanda kaydı oluşturulan veri blokları sıra ile arka arkaya dizilmiş bloklardan meydana gelen bir zincir oluşturulur[57].

Bloklardaki içeriğin değiştirilememesi için kriptografik özetleme ve zaman bilgisi kullanılmaktadır. Bloklar, kendi içerisinde üretilmiş veriler ve başlıktan oluşur. Blok başlığı bir önceki bloğa ait iz değeri (hash), blok içerisindeki verilere ait iz değeri ve zaman bilgisini içermektedir. Bu durumda, bir yerde olabilecek değişiklik, otomatik olarak diğerlerini de etkileyecektir. Blok içerisindeki verilerin değişmesi için hem hedeflenen blok hem de ondan sonra gelen tüm blokların değişmesi gerekmektedir. Bu değişikliğin gerçekleşme ihtimali bulunsa da pratik olarak mümkün olmayacağı ifade edilmektedir[58]. Blokzincirin bu özelliği belgelerin delil değerinin korunmasında kullanılabilir temel paradigma olarak görünmektedir(Şekil 2.5.)[59].



Şekil 2.5. Blok Zincir Üzerinde Blok Yapısının Şematik Gösterimi²¹

Bir blok içerisindeki tüm işlemler ikişerli gruplar halinde özetlenirler. Ortaya çıkan özetler ise yine kendi aralarında ikişerli gruplar halinde özetlenirler. Bu işlem tek bir özet elde edene kadar devam ettirilir. İşlemlerin ikişerli özetlenmelerinden oluşan ağaç

²¹ Kaynak:Lemieux, V.L., Blockchain technology for recordkeeping: Help or hype. Unpublished report, 2016.

yapısına Merkle Ağacı, sonuçta ulaşılan tek özete ise Merkle Kökü denir. Bir bloğa ait herhangi bir işlemde değişiklik yaptığınızda, hem Merkle kökü değişecek hem de bloğun özeti değişmiş olacağından, o bloktan sonraki tüm bloklar doğrulanamaz hale gelecektir. Bu yapı hiç bir işlemin geriye doğru değiştirilememesini sağlamaktadır[60].

Blok zincir sisteminin ilk bloğunun adı "genesis block" olarak isimlendirilmiştir ve tüm blokların atasıdır, herhangi bloktan geriye doğru bakmaya başlanırsa, en sonunda ilk blok olan Genesis bloğuna ulaşılmaktadır[60].

Dağıtılmış Defter Teknolojisi²²(DLT), Blok zincir teknolojisinin yapısı dağıtık veri tabanı şeklindedir ve bu veri tabanı düğümler içerisinde dağıtık bir biçimde yer alır. Bu sistem içerisindeki düğümler bütün veri tabanına erişilebilir ancak burada tek bir düğümün blok zinciri içerisinde depolanan verilerini kontrol edemez. Zincirdeki her bir yeni kayıt ya da işlem herhangi bir aracıya gerek duymadan yapı içerisindeki bütün düğümler tarafından doğrulanır. Blok zincirin mimari yapısı katılımcıların her bir işlem gerçekleştirmesinde eşler arası çoğaltma şeklinde oluşturulan bir defteri paylaşmasına imkan sağlamaktadır[61].

Blok zincir teknolojisinin altında beş temel ilke bulunmaktadır;

1. **Merkezi olmayan (Dağıtık) veri tabanı;** Bir blok zincirdeki taraflardan her biri tüm veri tabanına ve tüm işlem geçmişine erişebilir. Veri ya da enformasyon tek bir tarafın kontrolünde değildir. Taraflardan her biri aracı olmaksızın doğrudan doğruya kendi işlem ortaklarının kayıtlarını doğrulayabilmektedir.
2. **Denkler arası aktarım;** İletişim, merkezi bir blok aracılığıyla değil doğrudan doğruya taraflar arasında gerçekleşir. Her bir blok, enformasyonu depolar ve diğer tüm bloklara iletir.
3. **Şeffaflık;** Her işlem ve onun değeri sisteme erişim sağlayan herkes tarafından görülebilmekte. Kullanıcılar anonim kalmayı ya da kimliklerini başkalarına kanıtlamayı tercih edebilirler. İşlemler blok zincir adresleri arasında gerçekleşmektedir.

²² Dağıtılmış Defter Teknolojisi (DLT , Distributed Ledger Technology): Çoklu varlıklar veya konumlara yayılmış bir ağ içerisinde, eş zamanlı erişim, doğrulama ve kayıt güncellemesini değişmez bir şekilde sağlayan teknolojik altyapı ve protokolleri ifade eder.

4. **Kayıtların geri çevrilmezliği;** İşlem veri tabanına girip hesaplar güncellendikten sonra kayıtlar değiştirilemez, nedeni ise kendisinden önceki işlem kayıtlarının her biriyle bağlantılandırılmış olmasıdır.
5. **Hesaplamalı mantık;** ana hesap defteri dijital doğası, blok zinciri işlemlerinin hesaplama mantığına bağlanabilir ve özü itibariyle programlanabilir olması anlamına gelir. Böylece kullanıcılar otomatik olarak bloklar arasındaki işlemleri tetikleyen algoritmaları ve kuralları oluşturabilmektedir.

2.3.3 Akıllı Sözleşmeler

Blok zincir üzerinden sözleşme kurallarını yerine getiren güvenilir, merkezi denetim olmadan, klasik sözleşmelerin yerine bilgisayarla yönetilen bir işlem protokolüdür.

Akıllı sözleşmeler, birçok sürecin ve işlemlerin yerine getirilmesi adına uzlaşma protokollerinden faydalanan ve blok zinciri yapısında bulunan bir programın parçalarından oluşan sistemdir. Akıllı sözleşmenin özellikleri [62];

- Akıllı sözleşmeler, blok zincir ağındaki makine ile okunabilen yazılım kodlu parçalar ve süreçlerdir,
- Olay merkezli programlardır,
- Bir kez oluşunca tekrar edilmesine gerek olmadan otomatik çalışan sistemdir,
- Merkezi bir otoriteye bağlı olmayan dağıtık yapıdadır.

Akıllı sözleşme, belirli koşullar altında taraflar arasında dijital para birimlerinin veya varlıkların transferini doğrudan kontrol eden bir işlem protokolüdür. Akıllı bir sözleşme, sadece bir sözleşmeyle ilgili kuralları ve cezaları geleneksel bir sözleşmedeki gibi tanımlamaz, bunun yanında bu yükümlülükleri otomatik olarak da uygulayabilmektedir.

Akıllı sözleşmeler, anlaşma şartlarının yerine getirildiği zaman kendiliğinden yürütülecek olan ve merkezi olmayan yapısından ötürü kendi kendini uygulayan, aracısız ve müdahaleye karşı korumalı olan blok zinciri uzlaşma mimarisine dayanan dijital programlar olarak tanımlanabilir[63]. Geleneksel sözleşme şartlarına ve koşullarına ek olarak akıllı sözleşmeler dış kaynaklardan veri toplanması ve sözleşmede belirtilen şartlara göre işlenmesi gibi işlemlerin yanı sıra bu prosedürün sonuçlarına dayalı somut çözümler benimseme becerisine de sahiptir[64].

Kurumsal yönetim çerçevesinde blok zincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, fiziki müdahalenin azaltılması, şeffaflığın artırılması ve işlemlerin maliyetinin kontrol edilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır[65].

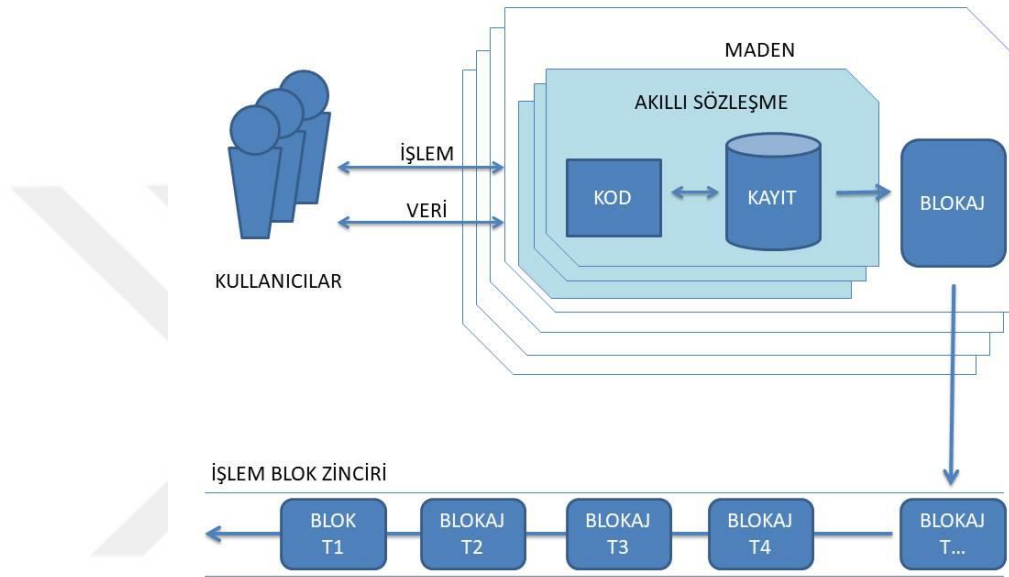
Akıllı Sözleşmeler;

- İçinde mantıksal akışların önceden yazılmış olduğu bir bilgisayar kod bloğu,
- Dağıtık, merkezi olmayan bir platform üzerinde saklanıp çoğaltılabilen(Blok zincir Ağları),
- Bir bilgisayar ağı tarafından çalıştırılan/işletilen (Blok zincir ağının dağıtıldığı bilgisayar ağı),
- Güvenilirliği bir bilgisayar ağı (Blok zincir ağı) tarafından doğrulanan,
- Üzerinde bulunduğu yapı veya platformda güncellemelere yol açabilen (kripto para ödemeleri/transferleri, yeni akıllı sözleşmelerin yaratılması) ufak programlardır şeklinde tanımlanabilir.[60]

Akıllı Sözleşmeler, ilişkili tarafların kapsam üzerinde anlaşmalarından sonra hazırlanıp, kriptografik olarak imzalanıp, blok zincir ağına yüklenerek, blok zincir ağı üzerinde olan diğer bileşenlerle etkileşim kurabilirler (kendisi diğer bileşenlere ya da diğer bileşenler sözleşmeye bilgi içeren mesajlar gönderebilir). Bu etkileşim bir işlemin başlatılması olabileceği gibi bir bilginin gönderilmesi/teslim alınması şeklinde olabilmektedir. Sözleşme hazırlanırken belirlenmiş durumlar oluştuğunda (bu konuda bir mesaj alınması gibi), akıllı sözleşmeler otomatik olarak içerisinde tanımlanmış olan anlaşma koşullarının çalıştırılmasını sağlamaktadır.[60]

Blok zinciri, teknolojinin güvenliği ve değişmezliği nedeniyle akıllı sözleşmeleri saklamak için idealdir. Akıllı sözleşme verileri paylaşılan bir defterde şifrelenerek bloklarda depolanan bilgilerin kaybolmasını engellemektedir. Blok zinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelere dahil edilmesinin bir diğer avantajı esnekliktir. Geliştiriciler bir blok zinciri içinde hemen hemen her tür veriyi depolayabilir ve akıllı sözleşme dağıtım sırasında aralarından seçim yapabileceğiniz çok çeşitli işlem seçeneklerine sahiptir. Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, yapılacak işlerin ve diğer işlemlerin daha güvenli, verimli ve uygun maliyetli olmasına yardımcı olmaktadır.[60]

Akıllı sözleşmelerin, blok zincir ağında depolanan birer kod parçaları olarak blok zincir madenine kod olarak eklenir ve kayıt altına alınır. Sisteme dahil olan bütün kullanıcılar akıllı sözleşmelerdeki gerekli koşulları kabul etmiş olurlar. Kullanıcıların madene ekledikleri veri ve işlem talepleri akıllı sözleşme tarafından uygunluğu otomatik olarak incelenir ve işlem blok zinciri üzerine kayıt altına alınarak, sözleşmede daha önceden belirlenen işlemlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Blok zincir üzerindeki akıllı sözleşmelerin şematik gösterimi²³

Kullanıcılar, blok zincir üzerindeki akıllı sözleşme sayesinde yaptıkları işlemin takibini, şeffaflığını ve güvenilirliğini garanti altına almış olacaklardır.

2.4.Nesnelerin İnterneti (Internet Of Things – IOT)

Blok zincir teknolojisinin, tedarik zinciri ve tarımsal üretim süreçlerini değerlendirme ve yönetimi için, nesnelerin interneti teknolojisi tabanlı donanım ve yazılımlar ile verileri daha hızlı elde edebilmek, üretkenliği artırmak, kaynakların etkin kullanımını sağlamak, ürün geri dönüşlerini azaltmak ve üretim maliyetlerini azaltmak gibi birçok konuda çözümler sunarak bilişim teknolojileri ile entegre bir yapı içerisinde kullanılması hedeflenmektedir.

Yerleşik sensörler kullanılarak veri toplayabilen ve değiştirebilen internet bağlantılı cihazlardan oluşan bir ağı tanımlamak için kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti ile ilgili

²³ Kaynak: Tian, F. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. in 2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM). 2016. IEEE.

yapılmış olan tanımlar ise; Fiziksel ve sanal nesnelerin bulunduğu dinamik, küresel alt ağ yapısına nesnelerin interneti denir. Her bir nesne internete bağlı veya gömülmüş bir ağa bağlı olarak da tanımlanabilir. Herhangi bir zamanda, herhangi bir yerden her türlü nesnenin bağlantı kurabilmesidir. Bilişim teknolojilerini kullanarak bir yerleşim yeriyle ilgili güvenlik, sağlık, ulaşım gibi hizmetlerin daha verimli kullanılmasına imkân sağlayan sistemdir. [66]. Bu kavram; fiziksel cihazların veya araçların (bağlı cihazlar veya akıllı cihazlar olarak da bilinir), akıllı binaların, elektronik, yazılım ve sensörler aracılığıyla birbirine bağlayan, verilerin kontrol edilmesine, veri toplanmasına ve değiştirilmesine olanak sağlayan birleşik bir ağ sistemini bir araya getirir.

Üç adet katmandan oluşmaktadır algılama, iletim ve uygulama katmanı olmak üzere;

1) Algılama Katmanı: Nesnelerin algılandığı ve bu nesnelere verilerin toplandığı katmandır. Bluetooth²⁴, Wifi²⁵, RFID(Radio Frequency Identification)²⁶, Zigbee²⁷, NFC (Near Field Communication)²⁸ gibi protokoller bu katmanda veri toplamak amaçlı kullanılır.

2) İletim katmanı, kablosuz sensör ağı (WSN) ve RFID teknolojilerine sahip cihazlar ile Wi-Fi, Bluetooth, GPRS gibi geleneksel kablosuz iletişim protokollerinin yanında, bu amaç için tasarlanmış protokoller kullanılmaktadır. Bu protokoller sayesinde düğümler tarafından elde edilen veriler doğrudan veya dolaylı olarak başka bir düğüm üzerinden ana istasyona aktarılabilir. Düşük güç düğümlerinin iletişim gücü ve mesafesi sınırlıdır[67].

Algılama katmanının, veri toplama ve bilgi sağlama amacıyla kullanılan temel öge sensörlerdir.

Bu cihazlar sabit veya hareketli kullanım amacıyla tasarlanabilmektedir[68]. Ayrıca RFID etiketleri, düşük güç tüketimine sahip sensörler ve kablosuz sensör düğümleri gibi donanımlar ortamdaki veri toplanması amacıyla kullanılırlar. Tipik bir kablosuz sensör

²⁴ Düşük güç tüketimi ve kısa menzilli alanlar için kullanılan kablosuz bir iletişim teknolojisidir.

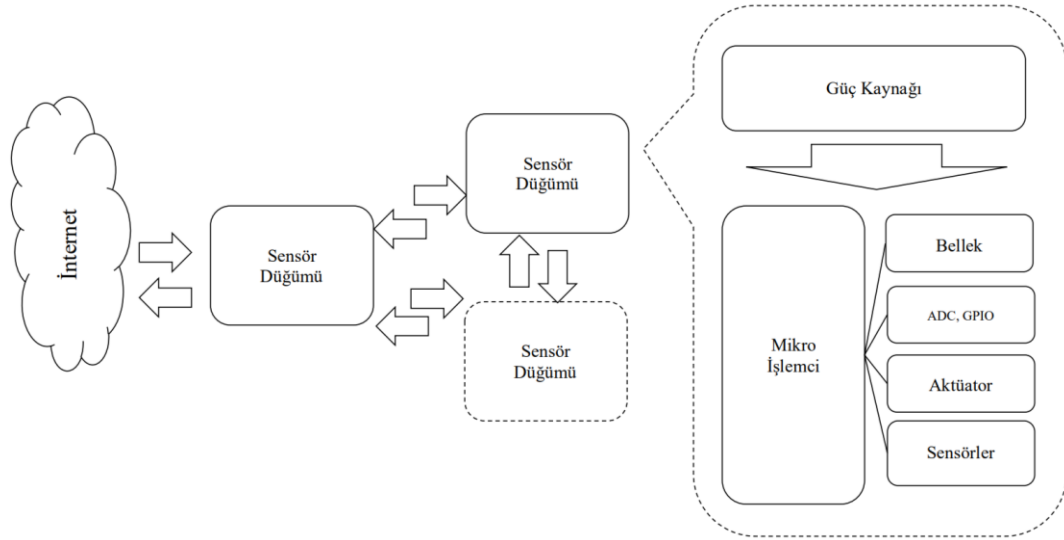
²⁵ İki yönlü iletişim için yaygın olarak kullanılan kablosuz iletişim teknolojisidir.

²⁶ Radyo frekanslarını kullanarak veri toplamak ve veri almak için kullanılan kimlik çiplerinden oluşan bir AIDC(Automatic Identification and Data Collection) yöntemidir.

²⁷ Standart sarmal ağlar (Mesh Network dizilişi) ile uygulama profilleri kullanılarak kurulan kısa mesafe kablosuz ağ standardı olarak tanımlanır.

²⁸ Az mesafede yüksek frekanslı kablosuz cihazlar arasında veri iletimini sağlayan iletişim teknolojisidir.

düğümü, bir mikroişlemci, en az bir sensör modülü ve verilerin iletilmesi için düşük güç tüketimine sahip bir radyo vericisinden oluşur (Şekil 2.7.).[69]



Şekil 2.7. Tipik bir kablosuz sensör düğümü²⁹

3) Uygulama Katmanı: Veri sonuçlarının gözlemlendiği ve gözlemlenen sonuçlara göre gerekli işlemlerin yapıldığı katmandır[70].

Uygulama veya yazılım katmanı olarak adlandırılabilir bu katman web tabanlı mobil uygulamalar başta olmak üzere, mikroişlemci (MCU) yazılımlarını, sunucu ve bulut bilişim yönetim yazılımları ile makineler arası iletişim protokolü (M2M) yazılımlarını kapsamaktadır[68].

Nesnelerin İnterneti uygulamalarında donanımsal olarak heterojen bir yapı söz konusudur. Çok sayıda ve farklı yapıdaki cihazın sisteme eş zamanlı bağlantı yapması, veri tiplerinin değişkenliği bir sorun oluşturmaktadır. Heterojen sistemler arasındaki makinadan bilgisayara olan iletişimi destekleyen çerçeve yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır[71].

Nesnelerin İnterneti uygulamaları ile elde edilecek verilerin depolanması ve işlenmesi önemli bir sorundur. Milyarlarca cihazın sürekli olarak ürettiği verinin işlenmesi ve bu amaçla geliştirilen yeni algoritmalar tarımsal alanda da yeni uygulamaların geliştirilmesine ve bakış açısının değişmesine neden olacaktır. Modern tarım

²⁹ Kaynak: Çaylı, A., Internet of Things and Agricultural Applications. 2019

senaryolarında, kaydedilen veriler, doğrudan ölçülemeyen olgular hakkında bilgi elde etmek amacıyla yapay zekâ algoritmaları, makine öğrenme teknolojileri ve modellere dayalı karar verme sistemleri altında otomatik olarak işlenir, düzeltilir, kullanılır ve birleştirilir. Bu sistemler son kullanıcıya en uygun taktiği önerebilir ya da tam otomatik algılama ve kontrol çözümleri sunan işletici cihazlar için uygun kontrol sinyallerini üretebilir[72].

Nesnelerin interneti ile yapılan uygulama örnekleri[73];

- Akıllı şehirler
- Akıllı ölçüm sistemleri
- Sosyal ağlar
- Enerji yönetimi
- Akıllı ulaşım
- Araç kontrol ve yönetimi
- Trafik yönetimi ve kontrolü
- Yeni taşıma senaryoları oluşturulması
- Su takibi ve güvenliği
- Modern tarım
- Modern hayvancılık
- Acil durum çalışmaları
- Güvenlik sistemleri

Nesnelerin interneti oldukça büyük bir alanda hizmet verebilmektedir. Gelişen teknoloji ve kullanıcıların talep ve potansiyelleri doğrultusunda kullanıma uygun olabilecektir.

2.5.Yapay Zeka (AI)

Yapay zekanın tanımını yapmadan önce algoritma ve zeka üzerine yapılan tanımlardan yapay zeka olgusunun mantık çerçevesinin anlaşılabilmesi amaçlanmaktadır.

TDK algoritmayı “İyi tanımlanmış kuralların ve işlemlerin adım adım uygulanmasıyla bir sorunun giderilmesi veya sonuca en hızlı biçimde ulaşılması işlemi” olarak tanımlamaktadır.

Algoritmalar, karmaşık sorunları çözme yetimizi sistematik olarak incelememizi sağlayan yapılardır. Algoritmalar bu karmaşık sorunları analiz yöntemiyle kolaylıkla gerçekleştirilebilir ve küçük birimlere ayırır. Art arda gelen bu birimler sırayla gerçekleştirildiklerinde sorun da çözülmüş olur.

TDK zekayı “İnsanın düşünme, akıl yürütme, objektif gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamı” olarak tanımlamaktadır.

Zeka, içinde yaşadığımız dünyadaki karmaşık sorunların çözümlerini doğru ve verimli bir şekilde üretebilme yetisi olarak da tanımlanmaktadır.

Yapay Zeka, eldeki sorunun tanımı biliniyor, fakat çözümün yöntemi (algoritması) bilinmezken, doğru ve verimli bir çözüm yöntemini çıkarımsayan, öğrenen, ya da keşfeden, insan eliyle üretilmiş sistemlerin tümüne verilen isimdir.

Yapay zekâ, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışan olarak da tanımlanmaktadır. Programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Yapay zekâ, neden sonuç ilişkisini oluşturma(çıkartım), veri üzerinden genelleme yapma(öğrenme), daha önce belirlenmemiş şeyleri üretme (algılama ve görme) ve karar verme gibi insan zekâsına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlar olarak da tanımlanmaktadır.

Yapay zeka, kendisini “akıllı ajanlar” çalışması, çevresini algılayan ve bazı hedeflerde başarı şansını en üst düzeye çıkaran eylemler yapan herhangi bir cihaz olarak da tanımlanmaktadır.

Yapay zeka uygulamaları farklı planlama, arama, optimizasyon, öğrenme, bilgi keşfi ve bilgi yönetimi stratejileri uygulayarak bilinçli kararlar vermek için özerk bir şekilde çalışır. Ancak, Yapay zeka merkezi olmayan işlevselliği ile karmaşık ve zorlu bir işdir.

Yapay zeka uygulamalarında kullanılan yapay zeka yöntemleri beş gruba ayrılmaktadır[74].

- 1. Sınıflandırma:** Geçmiş verilerin hangi sınıf içerisinde yer aldığı belirtildiği durumda, yeni verinin hangi sınıf içerisinde yer alacağını bulma işlemidir.

2. **Kümeleme:** Geçmiş verilerin hangi sınıf içerisinde yer aldığı belirtilmediği veya bilinmediği durumda, verilerin benzerliklerine göre kümelere ayrıştırılması işlemidir.
3. **Regresyon (Eğri Uydurma):** Geçmiş verilerin süreklilik gösteren sayısal değerlerden oluştuğu durumlarda, bu değerlerden bir eğri modeli üretme işlemidir.
4. **Özellik Belirleme:** Geçmiş verilerin çok fazla olması durumunda, bu verilerin sınıfını belirleyen özellikler belirlenir. Bu belirleme işlemi sırasında mevcut özelliklerden bir alt küme oluşturabileceği gibi bunların birleşiminden yeni özellikler de oluşturulabilir.
5. **İlişki Çıkarımı:** Bir veri ile bir başka verinin birlikte yer alma durumunun analiz edilerek en çok birlikte olan verilerin belirlenmesidir.

Yapay zeka tekniklerinin başlıcaları; **1) Bulanık mantık, 2) Yapay sinir ağları, 3) Genetik algoritma, 4) Uzman sistemler 5) Karınca algoritmalarından** oluşmaktadır.

1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, genelde insan düşüncesine benzer işlemlerin meydana gelmesini sağlamakla, gerçek hayatta sıklıkla meydana gelen belirsiz ve kesin olmayan verileri modellemede kullanılan ve bulanık küme teorisine dayanan matematiksel bir disiplindir.

İnsan mantığında olduğu gibi uzun-kısa, sıcak-soğuk, hızlı-yavaş, siyah-beyaz yerine, uzun-ortadan uzunorta-ortadan kısa, sıcak-ılık-az soğuk- soğuk-çok soğuk vb. ara değerlere göre çalışmaktadır. Bulanık küme, kesin geçişleri elimine ederek belirsizlik kavramının tanımını yeniden vermekte ve evrendeki tüm bireylere üyelik dereceleri belirlemektedir. Böylece bireyler, bulanık küme içerisinde üyelik dereceleri tarafından

gösterilen daha büyük ve daha küçük değerlere ait olabilmektedirler. Bu üyelik dereceleri [0-1] arasında gerçek değerler ile ifade edilmektedir[75, 76].

2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, genelleme özelliği sayesinde, geçmişteki olaylardan veya örneklerden aynı insanlar gibi öğrenebilmeyi ve elde ettiği tecrübeleri sayesinde ileriki süreçlerde hiç karşılaşmadığı yeni örnekler üzerinde kararlar alabilmektedir. Yapay sinir ağının, girdiler, ağırlıklar, aktarma fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş temel elemanı bulunmaktadır. Yapı dışarıdan aldığı bilgileri bir toplama fonksiyonunda toplar ve aktivasyon fonksiyonundan geçirerek çıktıyı oluşturup ağırlık bağlantıları üzerinden diğer hücrelere göndermektedir[77]. Yapay sinir ağları sayısal veriler ile hesaplama yapma; bilgileri saklama, sisteme sunulan örnekleri kullanarak problemi öğrenebilme ve bu sayede daha önce karşısına çıkmayan durumlara çözüm üretebilme özelliklerine sahiptir. Bu nedenle yapay sinir ağları, günlük hayatta finansal konulardan, mühendislik ve tıp bilimine, üretim uygulamalarına kadar birçok alanda uygulanabilmektedir[75].

3. Genetik Algoritma

Anne ve baba bireylerden doğan yeni bireylerin iyi genlere sahip olarak şartlara uyum sağlayıp yaşamlarını sürdürmesi, kötü genlere sahip olan bireylerin ise varlıklarını devam ettirememesine dayanır. Genetik algoritmalarda uygunluk işlevi, yeni çözümler üretmek için çaprazlama ve değiştirme gibi operatörler kullanılarak kendi kendine öğrenme ve karar verme sistemlerinin düzenlenmesini hedef alan bir tekniktir[76].

Genetik algoritmanın çalışma prensibi; belirlenmiş sorunların olası çözümlerini kromozom benzeri veri yapıları şeklinde kodlar. Bu kodlar diziler haline getirilir ve kromozom olarak çağrılır. Kodlanmış dizi içerisinde bulunan her elemana birey denilmektedir. Bireylerin her biri problem uzayında belirli bir alanı işaret etmektedir. Genetik algoritmaların en güçlü yönleri çok karmaşık olan durumlara uyarlanabilmesi, çok amaçlı optimizasyon metotlarıyla kullanılabilmesi ve kısa zaman içerisinde iyi sonuç üretebilmesidir[75].

4. Uzman Sistemler

Uzman sistemler genel olarak zor oldukları kabul edilen ve uzman bilgisine gerek duyulan önemli sorunları, uzman bilgisini taklit ederek çözüme kavuşturan programlardır. Fakat birden çok programdan oluştuklarından sistem olarak

adlandırılmaktadır. Çözüm yöntemlerinin en basitini, sırası önceden belirlenmiş eylem dizileri olan algoritmalar oluşturur. Algoritma ne kadar karışık olursa olsun basamaklarını takip etmek mutlaka doğru sonuç üretecektir[75].

5. Karınca Algoritmaları

Karıncaların yiyecek arayışı, sürü işbirliğine dayanmaktadır. Yiyecek arayan her karınca hedefine doğru giderken ve yuvaya dönerken yol üzerinde geriden gelen karıncalara yol gösteren feromon denilen bir sıvı salgılamaktadır. Feromon maddesi zamanla buharlaşma özelliği göstermektedir. Kolonideki bir karıncanın bulduğu yiyecek kaynağı diğer bir karıncanın bulduğu yiyecek kaynağından uzakta ise bu karıncanın ilerlediği yoldaki feromon miktarı diğer karıncanın feromon miktarına göre daha az olmaktadır. Bu durum kolonideki karıncaların yakın mesafedeki yiyecek kaynağına yoğunlaşmasını sağlamaktadır. Bu davranış şekli modellenerek karınca kolonisi algoritmaları geliştirilmiştir ve yöntem birçok problemin çözümünde uygulanmaktadır[78].

Tarımsal üretimin gelişme dönemi boyunca mekanizasyon, otomasyon, kontrol ve bilişimden sonra bilgi teknolojilerinde görülen hızlı gelişim sonucu günümüzde akıllı makineler ve makineleri kontrol eden üretim sistemleri geleneksel üretim yöntemlerinin yerini almaya başlamıştır. Bilgi teknolojileri, bilginin elde edilmesi, işlenmesi, depolanması, aktarılması ve kullanılması süreçlerinin yönetimi için geliştirilen donanım, algoritma ve yazılımlardan oluşmaktadır. Tarımda mevcut bilgi ve tecrübelerin, bilgi teknolojilerinin sunduğu makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay zeka, modelleme ve simülasyon uygulamaları ile birlikte değerlendirilmesi sonucu gerçek zamanlı ve otomatik çalışan uzman sistemler, otonom traktör veya tarım makinaları ve tarımsal robotik uygulamaların geliştirilmesini sağlamıştır[79].

Tarım üretiminin otomatikleştirilmesi Yapay Zeka ile artık mümkündür. Üretimden, tedarik sistemlerinin kontrolüne, pazarlama mekanizmasına kadar yapay zeka tabanlı sistemler geliştirilmiştir. Kısacası, bütün aşamaları kapsayacak şekilde insansız tarım yapmak mümkündür. Ancak insanın kullanılmadığı bir üretim, tedarik zinciri ve pazarlama modeli düşünülemez.

Bulanık mantık, yapay sinir ağıları, genetik algoritma, uzman sistemler ve karınca algoritmaları ile yapılan tarımsal çalışmalar;

- Tarımda taahhüt işlerini planlama,
- Sulama yönetimi,
- Hastalık tanıma ve sınıflandırma,
- Toprak azot içeriği tahmini,
- Yabancı ot tespiti,
- Yeşillik tanımlama,
- Tarım makinalarında durum tespiti,
- Arazi tahsisi yapılması,
- Arazi kullanım optimizasyonu,
- Toprak mekanik direnç tahmini,
- Otomatik arazi sınıflandırılması,
- Hastalık tespiti Ürün kurutma işlemi,
- Üretimde enerji tüketimi,
- Hastalık sınıflandırılması,
- Üretim yönetimi,
- Tarımsal atık işlenmesi,
- Sulama yönetimi,
- Su kaynaklarının tespiti Tarımsal potansiyelin belirlenmesi,
- Üretimde karar destek sistemi,
- Sera sistemleri

AI ve blok zincir teknolojilerine entegre ederek, güvenli, güvenilir, paylaşılan bir veri platformu, günlükler, bilgi ve kararların aynı görünümüne erişim sağlayan merkezi olmayan AI uygulamaları ve algoritmaları geliştirilebilir. Bu platform aynı zamanda öğrenme ve karar verme sürecinden önce, sırasında ve sonrasında AI algoritmaları tarafından alınan tüm kayıtların güvenilir bir izini barındırmak için de kullanılabilir[80] .

2.5.1. Merkezi olmayan Yapay Zeka Uygulamaları

Merkezi olmayan yapay zeka uygulamaları, otonom, optimizasyon, planlama, bilginin keşfedilmesi ve yönetimi, algılama, öğrenme, arama ve akıl yürütme gibi uygulamaları kullanarak bilinçli karar alma noktasında karmaşık ve yapıcı bir görev üstlenmektedir.

1) Otonom

Yapay zekâ uygulamalarının en önemli hedeflerinden biri, çoklu akıllı ajanların bileşen ortamlarını algılamaları, iç durumlarını korumaları ve buna göre belirtilen görevleri yerine getirmeleri vasıtasıyla tamamen veya kısmen otonom işlemlere olanak sağlamasıdır [81]. Bu sistemlerin otonom olarak çalışabilmeleri için, kaynakları, araçları, veri işleme sistemleri, veri saklama sistemleri ve uygulama ara yüzleri gibi tüm dikey alanlarda³⁰, modern bilişim sistemlerinin büyük orandaki heterojenlikle başa çıkabilmesi gerekmektedir. Tüm bu dikey alanlarda multiajan sistemlerinin³¹ mümkün olması ile birlikte, yalnızca heterojenlikle başa çıkmakla kalınmamış, aynı zamanda tüm sistemde katmanlar arası ve katmanlar içi işlerliğin sağlanmasına da katkıda bulunmuştur[82]. Blok zincir mimarisi, operasyonların merkezi olarak yönetilmediği ve yapılan her işlemin kaydedildiği kalıcı ayak izi araçlarını ve sistemlerini kullanarak hiçbir şekilde merkezi olarak yönetilmeyen tam otonom sistemlerin geliştirilmesinde önemli bir rol üstlenebilmektedir.

2) Optimizasyon

Mümkün olan tüm çözümlerin içinden bir dizi en iyi sonucu bulmak, yapay zekâ tabanlı uygulamaların ve sistemlerin başlıca özelliklerindedir [83]. Modern yapay zekâ uygulamaları ve sistemleri, yaygın ve ulaşılabilir sistemler (örneğin; uç bilişim sistemleri), coğrafik olarak sınırlı sistemler (örneğin; kişisel alan ağları, yerel ağlar vb.) ve merkezi, çok büyük ölçekte paralel ve dağıtımli bilişim sistemleri (örneğin; bulut bilişim sistemleri) gibi çeşitli alanlarda çalıştırılabilirler [84]. Bu stratejiler, yaygın ortamlarda konuyla en ilişkili ve en iyi veri kaynağını seçme, veri ve uygulama işleme için en iyi aday ucu veya bulut sunucusunu seçme ve büyük ölçekli dağıtımli işlem ortamlarında kaynak-verimli veri yönetimine olanak sağlamada en iyi çözümleri bulma işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Mevcut optimizasyon stratejileri, sistem bazındaki ve

³⁰ Dikey alan/Pazar: Tek bir endüstriye mal üreten tedarikçilerden oluşan pazar türü.

³¹ Multiajan sistemleri(Multi-agent system): Birden çok birbiriyle etkileşim kurabilecek etmeni içeren ortamlarda problemi çözmek için oluşturulan sistemlerdir.

uygulama bazındaki optimizasyon hedefleri düşünülerek merkezi bir kontrol çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Bu durum, ikincil ve konu ile ilişkisi olmayan verilerin işlenmesine ve sistem veya uygulamanın performansında düşüklüğe sebep olmaktadır. Blok zincir kullanılarak merkezi olmayan optimizasyon stratejilerinin uygulanması, araştırma ve geliştirme alanında yeni fırsatlara kapı açacaktır. Merkezi olmayan optimizasyon, sistem performansının artmasını ve konuyla en ilişkili verilerin işlenmesine olanak tanıyacaktır. Merkezi olmayan optimizasyon ayrıca farklı optimizasyon amaçlarına yönelik birden çok stratejinin uygulama ve sistemlerde eş zamanlı olarak çalıştırılmasında yararlı olmaktadır [85].

3) Planlama

Yapay zekâ uygulamaları ve sistemleri, yeni ortamlardaki karmaşık problemleri çözmek ve diğer uygulama ve sistemlerle iş birliği yapmak için planlama stratejileri uygular. Planlama stratejileri, önceden belirlenmiş amaçlara ulaşmak için, mevcut girdiyi alıp farklı mantık ve kural tabanlı algoritmalar uygulayarak operasyonel verimi ve yapay zekâ uygulama ve sistemlerinin dayanıklılığını artırır[86]. Mevcut durumda, merkezi planlama karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu nedenle, sürekli izleme ve performans geçmişine sahip daha güçlü stratejiler önerebilmek için, blok zincir tabanlı merkezi olmayan yapay zekâ planlama stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Blok zincir aynı zamanda hedefin önemli olduğu kritik sistemlerde ve stratejik uygulamalarda kritik ve değişmez kararlar alabilmek için de faydalı bir teknolojidir.

4) Bilginin Keşfedilmesi ve Yönetimi

Modern yapay zekâ uygulamaları büyük miktarlardaki veri akışını yönetmekte ve merkezi büyük veri işleme sistemleri için desteğe ihtiyaç duymaktadır. Bilgi keşfi ve yönetiminin merkezi olarak yapılması, uygulama ve sistem bazında zekâ konfigürasyonuna fayda sağlamaktadır. Ancak, uygulamalar, belirli sistem, alet, uygulama veya kullanıcı gruplarına göre kişiselleştirilmiş bilgi desenlerine olanak sağlamaktadır[87]. Bilgi keşfetme sürecinin merkezi olmayan yapıya çevrilmesi ve merkezi olmayan bilgi yönetimi, sistemdeki tüm paydaşların ihtiyaçları göz önüne alınarak kişiselleştirilmiş bilgi desenleri sağlanmasını ön görmektedir. Bunlara ek olarak, blok zincir teknolojileri yapay zekâ uygulamaları ve sistemlerindeki farklı paydaşlar arasında güvenli ve izlenebilir bilgi transferine de olanak sağlamaktadır.

5) Algılama

Yapay zekâ uygulamalarındaki ve sistemlerindeki akıllı ajanlar ve botlar merkezi algılama stratejileri kullanarak sürekli olarak yakın ortamlarından veri toplar, veriyi seçer, yorumlar ve düzenler. Ancak bu durum, monolitik veri toplama ile sonuçlanır [88]. Merkezi olmayan algılama stratejileri verinin farklı açılardan toplanmasını sağlar. Blok zincir tabanlı merkezi olmayan uygulamalar, algılama yörüngelerini izlemeye, toplanan verinin güvenli şekilde transferine ve sabit veri depolamasına olanak tanır. Merkezi olmayan algılama stratejileri oldukça faydalıdır çünkü uygulama ve sistemler başarılı ve yüksek kalitede algılama için sürekli olarak veri akışlarını depolamaya ihtiyaç duymamaktadır. Blok zincirin kalıcı yapısı göz önüne alındığında, bir blok zincirde sadece başarılı algılamaların ayak izleri depolanarak sistemin sadeliği sağlanmaktadır.

6) Öğrenme

Öğrenme algoritmaları, yapay zekâ uygulamalarında, bilgi keşfi ve otomasyon işlemlerini sürdürebilmek için oldukça önemlidir. Öğrenme algoritmaları, gözetimli, gözetimsiz, yarı gözetimli, grup öğrenmesi, güçlendirme, transfer ve derin öğrenme modelleri açısından çeşitlilik gösterir. Bu öğrenme modelleri, sınıflandırma, kümeleme, regresyon analizi ve sık desen madenciliği gibi farklı makine öğrenmesi problemlerini çözmektedir. Geleneksel öğrenme modelleri, küresel zekâyâ ulaşabilmek için merkezi altyapılar kullanılarak eğitilir ve dağıtılırlar. Merkezi olmayan öğrenme modelleri, modern yapay zekâ sistemlerindeki tüm dikey alanlardaki tam koordineli yerel zekâyı destekleyen yüksek oranda dağıtılmış ve otonom öğrenme sistemlerinin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır[89]. Blok zincir teknolojisi bunlara ek olarak, verinin kaynağı ve zamansal özelliklerini de elde tutarak, öğrenme modellerinin sabit ve yüksek oranda güvenli olarak sürümlenmesini sağlamaktadır. Ancak, akıllı sözleşmelerin kalıcı doğası düşünüldüğünde, öğrenme modellerinin blok zincirde dağıtılmadan önce iyi şekilde eğitilmesi (programlanması) ve test edilmesi gerekmektedir.

7) Arama

Yapay zekâ uygulamalarının geniş ve aralıklı arama uzaylarında (örneğin; büyük veri setleri veya çok değişkenli yüksek boyutlu veri akışları) çalışması gerekir. Bu nedenle,

verimli arama stratejileri yapay zekâ uygulamalarında oldukça önemlidir. Arama stratejileri tamlık, karmaşıklık (örneğin; zaman ve uzay) ve optimallik gibi farklı etkenler düşünülerek tasarlanmaktadır. Bu stratejiler genellikle ağaçlar ve grafikler gibi algoritmaların bir başlangıç durumundan kademeli olarak yol alarak istenen değişkeni bulduğu ve tüm arama uzayında bir uçtan bir uca arama yaptığı doğrusal olmayan veri yapıları üzerinde çalışırlar. Normal şartlarda arama stratejileri, operasyonel verimi maksimize etmek için büyük ölçekli merkezi ve dağıtılmış alt yapılar kullanılarak uygulanmaktadır [90]. Ancak, merkezi olmayan altyapılar kullanılarak uygulanması konusunda ise dikkatli bir araştırma yapılması gerekir. Temel arama stratejilerini yaymak yerine, blok zincir ve merkezi olmayan alt yapıların kullanılması ön görülmüştür. Böylece gelecekte benzer operasyonlara optimal arama çözümleri sağlayabilecek uçtan uca arama yolları ve başarılı arama izlerini güvenli şekilde ve kalıcı olarak depolayacak bir sistem sağlanmış olacaktır.

8) Akıl Yürütme

Mantıksal programlama, kararlara ulaşmak için, tümevarım veya tümdengelim dayalı mantık kuralları geliştirilmesine olanak veren yapay zekâ uygulamalarının en önemli parçalarından biridir. Yapay zekâ uygulamalarında merkezi akıl yürütme, tüm uygulama bileşenlerinde genelleştirilmiş ve tek tip bir davranışa yol açar [91]. Bu durumla başa çıkabilmek için, kişiselleştirilmiş mantık yürütme stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlayacak blok zincir tabanlı dağıtılmış akıl yürütme stratejileri ön görülmüştür. Böylece, algılama, öğrenme ve modelin yayılımı açısından daha faydalı sonuçlar elde edilebilir. Bunlara ek olarak, blok zincirde akıllı sözleşme tabanlı merkezi olmayan mantık yürütme ile mantık yürütme süreci kalıcı kılınarak gelecekteki benzer mantık yürütme uygulamalarına fayda sağlanabilmektedir.

Yapay Zeka ve Blok Zincirin Birlikte Kullanımının Özellikleri

Yapay Zeka'nın, makine öğrenme algoritmaları yürütmek ve merkezi olmayan depolama sistemlerinde depolanan verileri izlemek için birçok blok zinciri platformunun kullanılabilirliğinden faydalanabileceğini düşünülmektedir. Bu veriler genellikle IOT cihazları, sürü robotları, akıllı şehirler, binalar ve araçlar gibi çeşitli kaynakları içeren akıllı bağlı ürünlerden oluşur. Bulutun özellikleri ve hizmetleri, zincir

dışı makine öğrenimi analitiği ve akıllı karar verme ve veri görselleştirme için de kullanılabilir.

Yapay zeka ve blok zincirden birlikte yararlanmanın önemli özellikleri;

- **Gelişmiş Veri Güvenliği;** Blok zincir, hassas ve kişisel verileri disksiz bir ortamda depolayarak bilgiler oldukça güvenli bir şekilde korur. Blok zincir veri tabanları, dijital olarak imzalanmış verileri tutar, bu da yalnızca " ilgili özel anahtarların " güvende tutulması gerektiği anlamına gelir [83]. Bu, AI algoritmalarının güvenli veriler üzerinde çalışmasına ve böylece daha güvenilir ve inandırıcı karar sonuçları sağlamasına olanak tanımaktadır.
- **Robotik Kararlara Güven;** Yapay zeka araçları tarafından alınan herhangi bir karar, tüketicilerin veya kullanıcıların anlaması ve güvenmesi zor olduğunda işlevsiz hale gelir. Blok zincir, merkezi olmayan işlevselliği ile defterlerdeki işlemleri noktadan noktaya kaydedilmesi ile tanınır, bu sayede yapılan kararların kabul edilmesini ve güvenilmesini kolaylaştırarak, kişilerin dâhil olduğu denetim sürecinde kayıtların değiştirilerek üzerinde oynanmadığına olan güveni arttırmaktadır [83]. AI sisteminin karar verme sürecini bir blok zinciri üzerine kaydetmek şeffaflığı artıracak ve robotik kararları anlamak için kullanıcıların güvenini kazanacaktır. Bir üçüncü taraf denetçisine duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır [83].
- **Toplu Karar Verme;** Bir robotik sürü ekosisteminde, tüm ajanların sürü hedefine ulaşmak için koordinasyon içinde çalışması gerekir[92]. Merkezi olmayan ve dağıtılmış karar verme algoritmaları, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duyulmadan birçok robotik uygulamada benimsenmiştir. Robotlar oylama ile karar alır ve sonuçlar çoğunluk kuralları ile belirlenir. Her robot, oylarını, oylama sonuçlarının doğrulanması için kullanılacak tüm robotlar için blok zincirinin halka açık olduğu bir işlem biçiminde kullanabilir. Süreç, sürü kesin bir sonuca varana kadar tüm robotlar tarafından tekrarlanmaktadır.
- **Merkezi olmayan İstihbarat;** Ortak ağa erişimi olan farklı alt görevleri gerçekleştirmek için birden fazla aracı içeren akıllı yüksek düzey kararlar almak için eğitim verileri (Örneğin, denetimli öğrenme durumunda), farklı bireysel

siber güvenlik AI ajanları, temeldeki ağlar arasında tam olarak koordine edilmiş güvenliği sağlamak ve zamanlama sorunlarını çözmek için bir arada kullanılabilir[92].

- **Yüksek verimlilik;** Bireysel kullanıcılar, ticari şirketler ve devlet kuruluşları gibi çok sayıda paydaşın dahil olduğu çok kullanıcıli iş süreçleri, ticari işlemlerin çok taraflı yetkilendirilmesi nedeniyle doğası gereği etkisizdir. Yapay zeka ve blok zinciri teknolojilerinin entegrasyonu, farklı paydaşlar arasında veri / değer / varlık transferlerinin otomatik ve hızlı bir şekilde doğrulanması için akıllı merkezi olmayan otonom araçlara olanak sağlamaktadır [93].

Yapay zeka ve blok zincirin birçok eksikliği, her iki teknolojik ekosistemi birleştirerek etkili bir şekilde giderilebilir. Yapay zeka algoritmaları öğrenmek, çıkarım yapmak ve nihai kararlar vermek için verilere ve bilgilere dayanır. Makine öğrenimi algoritmaları, veriler bir veri havuzundan veya güvenilir bir platformdan toplandığında daha iyi çalışır. Blok zinciri, verilerin tüm madencilik düğümleri tarafından kriptografik³² olarak imzalanan, doğrulanan ve üzerinde anlaşılabilir bir şekilde depolanabileceği ve işlem görülebileceği dağıtılmış bir defter görevi görür. Blok zincir verileri yüksek bütünlük ve esneklikle saklanır ve değiştirilemez. Makine öğrenimi algoritmalarında karar vermek ve analiz yapmak için akıllı sözleşmeler kullanıldığında, bu kararların sonucu güvenilir ve tartışmasız olabilir. Yapay zeka ile yönetilen sistemlerdeki verilerin toplanması, depolanması ve kullanılması için gereken son derece hassas bilgilerin güvenli, değiştirilemez ve merkezi olmayan bir sistem olan blok zincir ile oluşturulur [41]. Bu oluşum, tarım, tıbbi, bankacılık ve finans, ticaret ve yasal veriler dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda veri ve bilgilerin güvenliğini sağlamak için kullanılır.

2.4.Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Coğrafi bilgi sistemlerinin kabiliyeti, yeryüzüne ait fiziki verileri haritalanması ile sınırlı değildir, IOT cihazları tarafından düzenli olarak üretilen ve güncellenen tarımsal verileri analiz etmek ve birçok önemli verinin birleşimini sağlayarak verilerin depolanmasını ve analizini yürütme kabiliyetine sahiptir. Bu kabiliyeti ile çevresel etki

³² Kripto: Saklı yazı.(TDK), kriptografik: Gizlilik taşıyan belge.

değerlendirmesi, veri analizi, doğal kaynakları yönetme ve karar vermede akıllı tarıma yardımcı olur.

Coğrafi bilgi sistemleri ile tarımsal üretimin bütün süreçleri gözetlenebilmektedir. Su kaynakları, toprak yapısı, tarım arazilerinin kullanım durumu, üretim sürecinin takibi ve durum değerlendirme simülasyonu v.b. üretim alanına ilişkin verilerin elde edilmesine ve kullanma yetisine sahiptir.

Coğrafi Bilgi Sistemi, farklı türdeki mekânsal verilerin elde edilmesi, saklanması, güncellenmesi, işlenmesi, analizi ve sunumu amacıyla donanım, yazılım ve personelin sistematik olarak bütünleşmesidir. Bu sayede birçok kullanıcı tarafından mekânsal veri analizleri yapılabilmektedir. Bu durum, işgücü, zaman, maliyet gibi konularda olumlu etkisinin yanında, uzun süreli yatırımlarda ve planlama stratejilerinde, karar mekanizmalarına avantaj sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri;

- Yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür.
- Genel harita bilgilerini görüntülemeye yarayan bilgi yönetimi sisteminin bir şeklidir.
- Coğrafi bilgileri bir bilgisayar ortamında depolayan ve analiz eden bir araçtır.
- Konumsal ve coğrafi koordinatları referans alan ve bu veriler ile çalışmayı tasarlayan bir bilgi sistemidir. Yeryüzü referanslı veriler toplayan, depolayan, kontrol eden, işleyen, analiz eden ve görüntüleyen bir sistemdir.
- Bilgi teknolojisine dayalı veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak; yoğun ve karmaşık olan konum bilgilerinin etkin bir şekilde denetlenebildiği yönetim tarzı veya coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistem ya da bunların bir bütünü olarak algılanmaktadır.[94]

Özetle CBS; konuma dayalı işlemlerle çok kaynaklı veri, sorgu ve istatistik, mekansal analiz ve görselleştirmeyi entegre etme avantajına sahiptir.

CBS'nin kaynağı olan coğrafi veriler, özellikleri itibariyle iki değişik şekilde ifade edilirler. Bunlar grafik ve grafik olmayan bilgiler şeklindedir. Grafik bilgiler coğrafi varlığın konumu, geometrisi, büyüklüğü ve biçimi hakkında bilgi verirken, grafik olmayan bilgiler aynı coğrafi varlığın sahip olduğu diğer yapısal özellikler hakkında bilgi verir. Grafik olmayan bilgiler kavramı, bazı kaynaklarda tanımsal bilgiler, metinsel bilgiler veya sözel bilgiler şeklinde de ifade edilmektedir[94].

CBS'nin başarısı, kullanılacak verilerin konunun uzmanları tarafından iyi analiz edilmiş olması ve doğruluk oranlarıyla doğrudan ilişkilidir. CBS, harita özellikleri arasındaki konumsal ilişkileri tanımlamaya olanak verir ve verileri coğrafi anlamda birbirleriyle ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları şeklinde bir düzen içerisinde saklar. Veritabanı kavramı CBS'nin en temel ögesidir. Ayrıca, CBS veritabanında depolanmış verileri kullanarak, harita üzerindeki ayrıntılara ilişkin yeni bilgiler de hesaplar[95].

2.4.1.Coğrafi Bilgi sistemlerinin birleşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin temel fonksiyonlarını yerine getirmek ve sistemin bütünleşik çalışması için beş temel bileşenden oluşmaktadır Bunlar;

Donanım (hardware); CBS'nin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde enönemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır.

Yazılım (software); diğer bir deyişle bilgisayarda koşabilen program, coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır.

Veri (data); CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafik veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo veriler gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir.

İnsanlar (people); CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman

teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir.

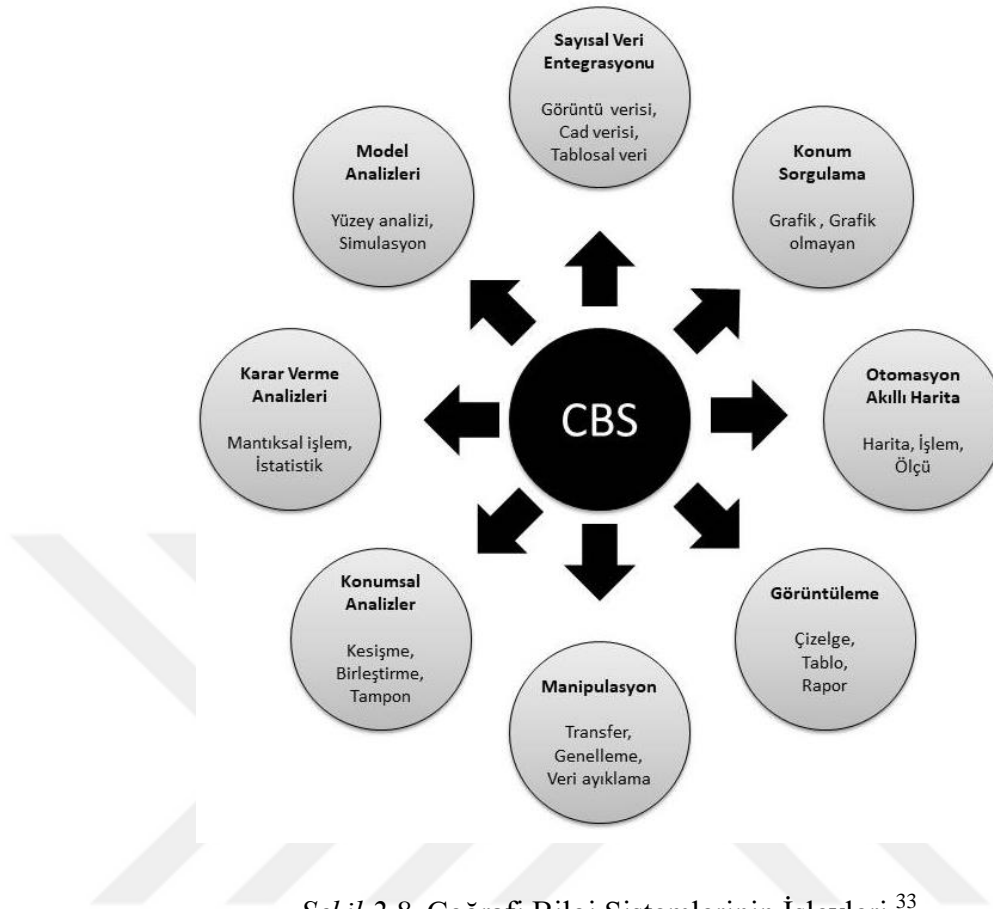
Yöntemler, başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metotların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, birçok meslek grubu tarafından kullanılan etkin bir konumsal analiz aracı olarak günümüzde geniş bir uygulama alanına sahiptir. CBS, özellikle tarım, orman, kentsel ve bölgesel planlama, kadastro, peyzaj, jeoloji, savunma, emniyet, turizm, arkeoloji, yerel yönetim, nüfus, eğitim, çevre, tıp vb. birçok meslek dalında kullanılmaktadır. Temelde harita bilgisine dayalı işlemlerde ya da konum bağlantılı yoğun hacimli verilerle uğraşmak, bunları analiz ederek ortaya çıkacak sonuçlara göre alınacak kararların doğru olarak verilebilmesi CBS fonksiyonlarının etkin kullanımıyla mümkün olabilmektedir[94].

2.4.2. Coğrafi bilgi Sistemlerinin İşlevleri ve Kullanım Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemleri en genel ifadeyle yeryüzünün ve yeryüzündeki doğal değişimlerin gözlemlenmesi, araştırılması ve öğrenilmesi amacıyla kullanılır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yeryüzü ile ilgili olarak milyonlarca veriyi elde etme ve kullanma yetisine sahiptir ve oldukça karmaşık yapılardır. Ayrıca bu kazanımları elde edebilmek için diğer teknolojik gelişmelere de ihtiyaç duyulmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri; elde edilen verilerin entegrasyonu, konum sorgulama, akıllı harita üzerinde işlem yürütme, verileri görüntüleme, verileri ayıklama, verilerin konumsal analizi, karar verme ve model analizleri olmak üzere farklı işlemlerin yürütülmesini sağlamaktadır. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin İşlevleri.³³

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanıldıkları alanlardan birisi tarım sektörüdür. Tarım sektöründe kullanılmaları hem mikroekonomik hem de makroekonomik kazanımlar sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde ekim-dikim, sulama, yönetim, hasat, ilaçlama ve benzeri birçok tarımsal faaliyet daha kontrollü bir biçimde yapılmaktadır[96].

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin güncel uygulama alanları aşağıda verilmiştir[97]:

Mühendislik Uygulamaları; Araç Takip Sistemleri, Elektrik, Su, Doğalgaz şebekeleri, Telekomünikasyon Ağı.

Tarım Uygulamaları; Bitki Örtüsü, Ekilebilir Arazi, Sulama Sistemleri, Tahıl Rekolte Tahmini, Toprak Haritaları.

Çevre Uygulamaları; Doğal Hayatı Koruma, Erozyon Risk Analizleri, İklim Bilim Çalışmaları, Sel Bölgeleri Risk Analizleri, Su Kaynakları ve Kirlilik Analizleri.

³³ Kaynak: Yomralıoğlu, T. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamaları (Beşinci Baskı), Akademik kitabevi, İstanbul, 40- 68, Yazar tarafından uyarlanmıştır.

Yerbilimleri Uygulamaları; Deprem Risk Analizleri, Jeolojik Haritalar, Maden, Petrol Alanlarının Tespit ve Envanteri.

Ormancılık Uygulamaları; Acil Orman Yangın Tespiti, Müdahale Sistemleri, Orman Bölgelerinin Korunması ve Sürdürülebilirlik Analizleri, Orman ve Ağaç Envanteri.

Arkeoloji; Arkeolojik Kazıların Haritalanması ve Kazı Envanteri, Arkeolojik Ölçümler, Tarihsel Sit Alanlarının Envanteri, Uydu ve Hava Fotoğraflarının işlenerek Arkeolojik Yer Tespit çalışmaları.

Kamu Uygulamaları; Adres Yönetim Sistemi, Aklık Harita ve İmar Planları, Arazi Kullanım Haritaları, CBS Tabanlı e-devlet Projeleri, Kent içi Ulaşım Planları, Kent Taşınmaz Envanteri, Şehir Bölge Planlama Çalışmaları, Tapu ve Kadastro Müdürlüklerinde Mülkiyet Envanteri, Toplum Sağlığı Analizleri ve Haritaları, Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemleri, Analizleri ve Haritalar.

Eğitim Sistemi; Eğitim merkezlerinin kapasiteleri ve bölgesel olarak dağılımları, İnceleme-araştırma, Okur-yazar oranı, Öğretmen ve öğrenci sayısı planlama

Bayındırlık Sistemi; Afet yönetimi, deprem sonları, bina hasar tespit çalışmaları, Binaların cinslerine göre dağılımları, Bölgesel kalkınma dağılımı alanlarında.

Sağlık Sistemi; Ambulans hizmetleri alanında, Bölgesel hastalık incelemeleri, Hastane ve birimlerinin sınırları, Personel yönetimi, Sağlık birimlerinin dağılımı, Sağlık tarama çalışmaları, Sağlık-coğrafya ilişkisi.

Turizm Sistemi; Arkeoloji çalışmaları, Turizm amaçlı uygulama imar planları, Turizm bölgeleri alanları ve merkezleri, Turizm tesisleri, kapasiteleri, alanında.

Ticaret ve Sanayi Sistemi; Organize Sanayi Bölgeleri, Pazarlama, sigorta, bankacılık, risk yönetimi, abonelikler, adres yönetimleri alanında, Sanayi alanları Serbest bölgeler.

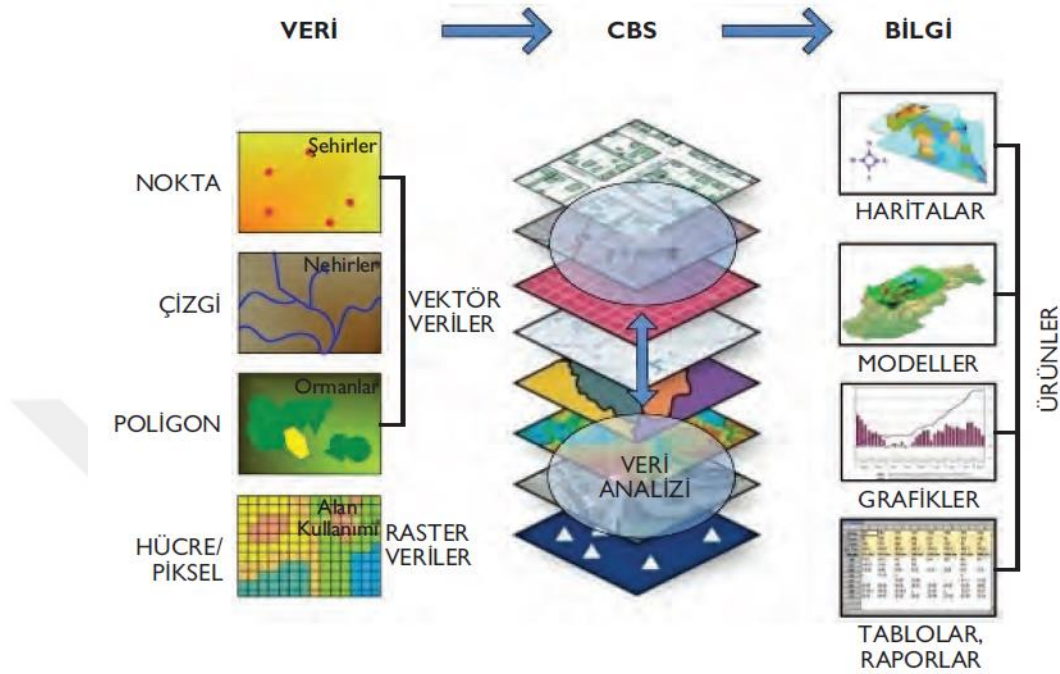
Savunma ve Güvenlik Sistemi; Araç takip, Askeri tesisler, Emniyet suç analizleri, Sivil savunma, Suç haritaları, Tatbikat ve atış alanları, Trafik sistemleri, Yasak bölgeler, Acil durum.

Coğrafi Bilgi Sistemleri günlük hayatın birçok alanında kullanılmaktadır ve insanların yaşamlarını kolaylaştırmaktadır[97].

2.4.3. CBS’de Verinin Elde Edilme ve Kullanım Yöntemi

Coğrafi bilgi sistemlerinde verilerin ve bilgilerin toplanması için arazi çalışması, uzaktan algılama yöntemleri, küresel konumlandırma sistemi (GPS), kopyalama ve

çevirim yöntemleri (tarama ve sayısallaştırma), istatistik yöntemler ve diğer metinsel verilerden faydalanılır. (Şekil 2.9.)[98]



Şekil 2.9. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bölümleri [99]

CBS üzerinde, vektörel tabanlı coğrafi veriler, raster yapıdaki veriler, karışık ve metinsel olmak üzere farklı türlerde verilerin ve bilgilerin elde edilme yöntemleri bulunmaktadır. (Şekil 2.9.)

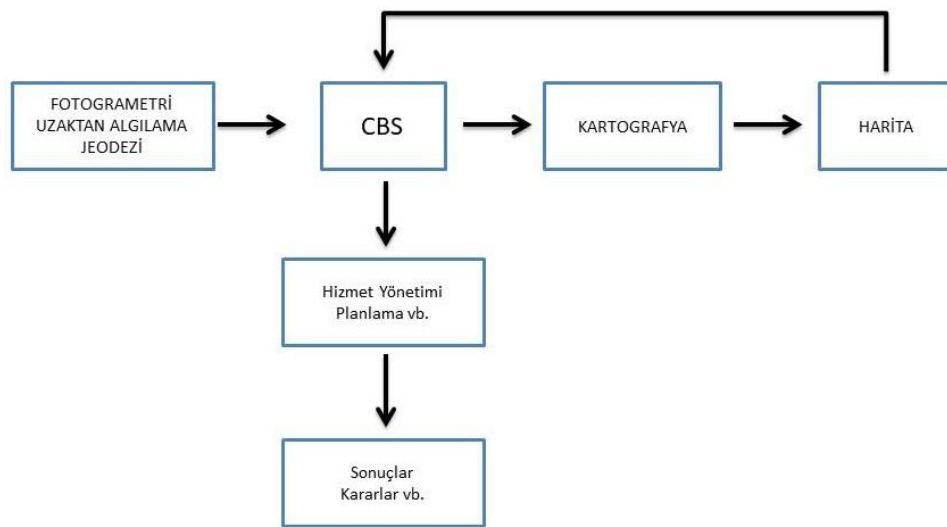
Kavram veya komutlarda, kullanılmak üzere yorum ve işlem için elverişli biçimde elde edilen veriler kullanılacak olan CBS' ye uygun hale getirilerek, analitik yöntem, veri-bilgi sorgulama, amaca bağlı haritalama, mesafe, alan, eğim, dağılım ve değişim hesapları ve modelleme gibi analizleri hazırlanmak için kullanılmaktadır.

Karar vericiler için CBS; grafik görüntüler, sayısal değerler ve metinsel dokümanlar ile veri ve bilgi analizi sunarak yeryüzüne ait çok çeşitli verilere ulaşmaya imkân vermektedir. (Şekil 2.9.) Elde edilen verileri depolama, konumsal olarak birleştirme ve analiz etmeye imkan sağlayarak karar vericiler için hızlı ve doğru karar vermeye yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.10. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Veri Kaynakları [99]

Hazır olarak temin edilebilen mevcut verilerin yanı sıra, mevcut olmayan ve ulaşılabilen bazı veriler arazide yapılacak ölçümler ve uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilecek sayısal görüntüler vasıtasıyla da elde edilebilmektedir. Ayrıca arazide GPS, lazer tarayıcılar, yersel fotogrametri ekipmanlarıyla gerçekleştirilen ölçümler, hava fotoğrafları ve sayısal CBS verisi üreten diğer araçlar mekânsal veri temin etmenin önemli yollarıdır. Kullanılacak veri kaynaklarını doğrudan raster veya vektör olarak temin etmek mümkün olmaktadır(Şekil 2.10.).



Şekil 2.11. Veri kaynaklarının elde edilmesi ve kullanım şekli³⁴

³⁴ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde farklı veri elde etme yöntemleri bulunmaktadır. Birçok kaynakta bazı farklı yöntemlerden bahsetmekle birlikte en güncel ve diğer teknolojik sistemler ile uyumlu olarak kullanılan sistem uzaktan algılama teknolojisi olarak belirtilmektedir.

CBS'nin gücü sadece dijital haritalama ile sınırlı değildir, aynı zamanda diğer birçok önemli veri entegrasyonu katman şeklinde yaparak çevresel etki değerlendirmesi, veri analizi, doğal kaynakları yönetme ve karar vermede de yardımcı olur.

CBS, toplanan ve analiz edilen verileri harita üzerinde görselleştirerek yapılması düşünülen projenin amacı çerçevesinde önemli bir rol oynar. Buna ek olarak, sıralı sorgular ve bir grup veriden karar verme bilgilerinin üretilmesi için CBS kendine özgü fonksiyonlarını kullanarak analiz işlemini gerçekleştirmektedir.

2.4.4.İnsansız Hava Araçları (İHA)

İnsansız hava araçları (İHA) hava akımı ve tahrik kuvvetlerinden faydalanarak uçabilen, otonom uçuş kabiliyetine sahip, yük veya silah taşıyabilen, otomatik veya uzaktan komuta sistemi ile kontrol edilebilen pilotsuz hava aracı olarak ifade edilir[100].

İHA'lar insan müdahalesinin mümkün olmadığı, riskli, pahalı veya tehlikeli olabileceği birçok uygulamada, bireysel kullanıcılardan kamu kurumlarına kadar farklı kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır[101].

Tarım, çevresel ve ekonomik kaygılara karşılık olarak hızlı artan bilgi tabanlı bir endüstri olmaya başlamıştır. Gözlem verileri için gerekli ihtiyacın karşılanmasına yardım etmek için tarımsal yönetimde İHA'lar artarak rol oynamaktadırlar[102]. Uzaktan algılama sensörleri ile donatılmış İHA'lar düşük masraf ve yüksek performans sunmaktadırlar[103]. Günümüzde tüm olumsuz etkileri ortadan kaldırmaya yönelik olarak araştırmacılara sunduğu zamansal ve maddi tasarrufları sayesinde, insansız hava araçları ile yersel görüntüleme çalışmaları yürütülmeye başlanmıştır[104].

İHA'lar çok farklı özelliklerine bağlı olarak değişik sınıflandırmalar yapılmaktadır, kullanım alanı çok geniş olmakla birlikte genel anlamda sivil ve askeri amaçlı olarak iki ayrı kategoride incelenebilir. Sivil amaçlı uygulamaları şu şekilde özetlemek mümkündür[105].

Havadan haritalama çalışmaları, Tarımsal uygulamalar, Sahil koruma, Çevre koruma, Gümrük ve Vergilendirme, Enerji sektörü, Yangın tespiti ve ormancılık faaliyetleri, Balıkçılık, Madencilik ve Arkeoloji çalışmaları, Hava durumu tahmini, Trafik kontrol, Acil durumlar, yangınla mücadele, afet yönetimi, Boru hatlarının, su kaynaklarının izlenmesi, su seviyesi değişimlerinin tespiti, su kirliliği tespiti vb.

İHA uçuş yüksekliğini düşürerek diğer hava platformlarına göre yüksek çözünürlüklü görüntü sağlayan motorlu veya kanatlı tipte hava araçlarıdır[106].

2.4.5. Akıllı Tarımda Coğrafi Bilgi Sistemleri

Akıllı karar verme yeteneği ile karakterize olarak kullanılabilen IOT, kablosuz yerel ağlar (Bluetooth, Wi-Fi, RFID, WSN, Zigbee vb.) ve geniş alan ağı (3G, 4G, 5G) gibi bilgi ve iletişim teknolojileri birbirine bağlanarak CBS üzerinden üretim sürecinin sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir.

Akıllı tarım uygulamalarında İHA'ların kullanılması, İHA teknolojileri ve bu cihazlara takılacak kameraların hafiflemesi ve gelişmesi ile ivme kazanmıştır. Yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğü daha elverişli hale getiren İHA teknolojisi yüksek çözünürlük ihtiyacı gerektiren tarımsal uygulamalar için avantaj sağlamaktadır [107],[108].

İHA'lar ile tarımsal çalışmalarda son yıllarda çok büyük gelişmeler yaşanmış olup bugüne kadar çok farklı bitkiler ile çalışmalar yürütülmüştür. Mısır bitkisinde[109], bağ, turunçgil, kahve ağacı, mera alanlarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde İHA'lar ile çalışmalar yürütülmüştür[110-112]. Bilim insanları yaptıkları çalışmada, İHA kullanılarak multispektral kamera görüntüleri ile bitki türlerini saptamaya çalışmışlardır[111, 113-115].

Multispektral görüntüleme ile bitki canlılığı kontrol edilebilmekte bitkinin içinde bulunduğu stres durumu saptanabilmektedir. Bu tür çalışmalarda, İHA'lar üzerine monte edilen multispektral kameralar ile kırmızı, yeşil, yakın infrared ve kırmızı kenarı bantlarından alınan veriler, farklı algoritmalar kullanılarak elde edilen bitki indislerine çevrilmekte ve bu indisler vasıtası ile bitki sağlığı ve stresi kolayca saptanabilmektedir. Uzaktan algılama çalışmalarında en yaygın kullanılan bitki indisleri NDVI³⁵'dir. Bitki fenolojik gelişimi incelenirken kullanılan bitki indislerinin başında NDVI gelmektedir.

³⁵ NDVI: Normalized difference vegetation index. Normalize edilmiş bitki örtüsü farkı indeksi

En yaygın kullanımı, bitki su stresi, bitki sağlık durumu, bitki metabolik işlemlerinin tahmininde ve biokütle ile bitki veriminin belirlenmesidir. Bilim insanları çalışmalarında yaptıkları çalışmalarda NDVI gibi birçok bitki indeksinin farklı kombinasyonlarını kullanarak bitki aktivitelerini izlemişlerdir.

Bilim insanları tarımsal üretimin kalitesini takip etmek için multispektral kamera ile bitkisel gelişimini, hastalık ve sağlık durumlarını incelemek üzere İHA'lerden yararlanmış. NDVI indeksleri ile toprak tekstürü ve bitki kaplı alanda toprak su içeriğinin saptanmasına yönelik çalışmalar yürütmüşler, multispektral kamera kullanılarak tarımsal üretim yönetiminde destek mekanizması kurarak, NDVI üzerinden nispi su statüsünü saptamaya çalışmışlardır. Bu çalışmalar ışığında, İHA'ların tarım uygulamalarında kullanılabilirliği üzerine, bitki statüsünün haritalanmasında İHA ile yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilerek başarılı sonuçlara ulaşıldığı belirtilmiştir[116].

Ayrıca arazi üzerine yerleştirilen GPS ile toprak tipi, toprak kimyası, ürün çeşidi, ilaç miktarı, sulama bilgileri gibi veriler elde edilebilmektedir. Ürünler için uygun yetiştirme alanlarının belirlenmesi, ürün piyasaları ile ilişkilerin belirlenmesi, işletme tipine ve ürün çeşidine göre belirlenen faktörler ile model oluşturma gibi birçok işlem yapılabilmektedir[117].

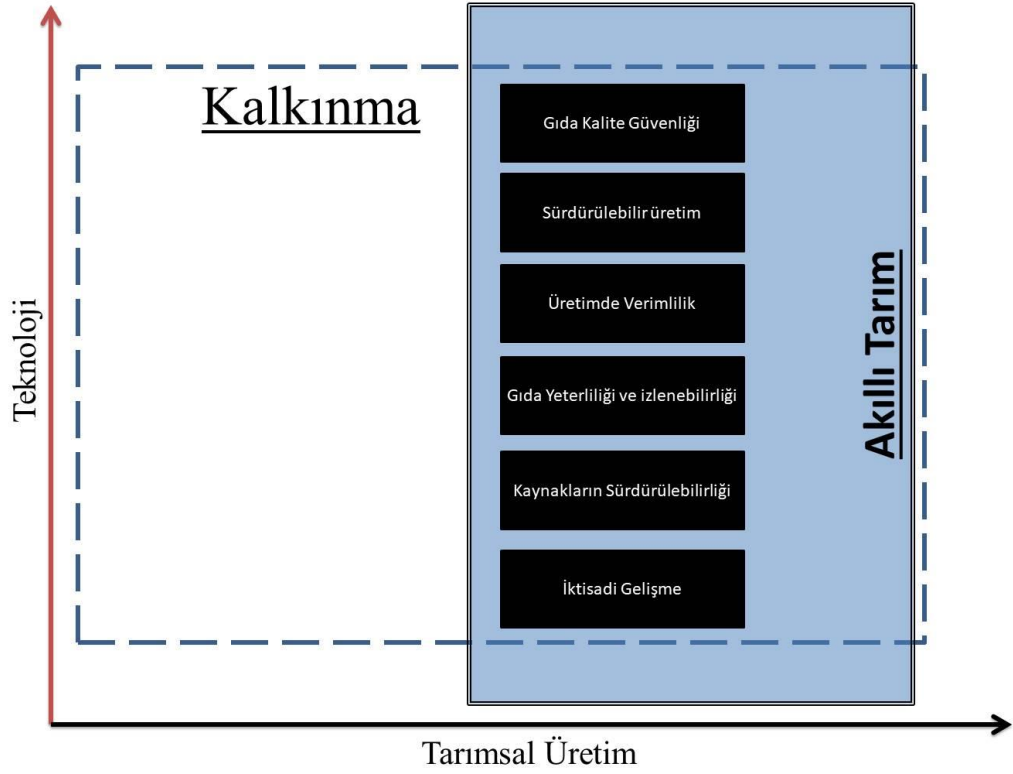
Akıllı tarımın bileşenleri olan CBS, GPS, ürünleri uzaktan algılama ve gelişimlerin izleme teknolojileri ile su stresi tespiti, hastalık ve haşere tespiti, olgunluk ve verim tahmini, yabancı ot florası tespiti, su kaynaklarının kontrolünü yapma yeteneğine sahip olması ve arazi araştırması arazi seviyesi özelliklerini haritalamak ve tohumlama haritasında kullanılacak arazi seviyesi endeksini oluşturma yetisiyle yetiye sahip olması nedeniyle potansiyel üretim alanlarının belirlenmesinde ve bu alanlar ile ilgili karar verme yönünde yapılan çalışmalarda önemli rol oynamaktadır.

BÖLÜM 3

AKILLI TARIM MODELİ VE TEDARİK ZİNCİRİ

Tarım, kırsal kalkınmanın, Akıllı tarım ise mevcut tarımsal kalkınmanın kaçınılmaz eğilimidir.

Bilgi ve iletişim teknolojisinin benimsendiği türetilmiş bilgiye dayalı tarımsal üretim, gıda kalite güvenliği, gıda yeterliliği ve izlenebilirliği, üretimde verimlilik, sürdürülebilir gelişme, çevreyi koruma üzerine olan tüketici istekleri, hem yurtiçi hem de ulusal pazarda çiftçinin gelir ve rekabet gücünün devam ettirilmesi ve Kırsal alanların kalkınmasına çözüm üretebilmek için zorunlu hale gelmektedir(Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Kalkınma İle Akıllı Tarım Arasındaki Şematik Kurgu³⁶

³⁶ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Dünyada tüketici bilincinin giderek artmasıyla tüketicilerin, çevreye dost, insan sağlığına duyarlı güvenilir gıda talepleri, zamanla tarımsal arzı yönlendiren en önemli etken haline almıştır. Tüketicilerin bu talepleri uluslararası tarımsal ticareti etkileyerek satın alınacak ürünlere karşı güveni arttıracak teknik tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmıştır. Tüketicinin alım gücünün artmasıyla beraber kaliteli tarımsal ürünlere, özellikle kimyasal girdinin kullanılmadığı ürünlere talebi de artmaktadır. Bu tarz tüketiciler için daha kaliteli ürünler elde etmek üzere üretim ortamında gelişmiş kontrol teknikleri uygulanmaktadır.

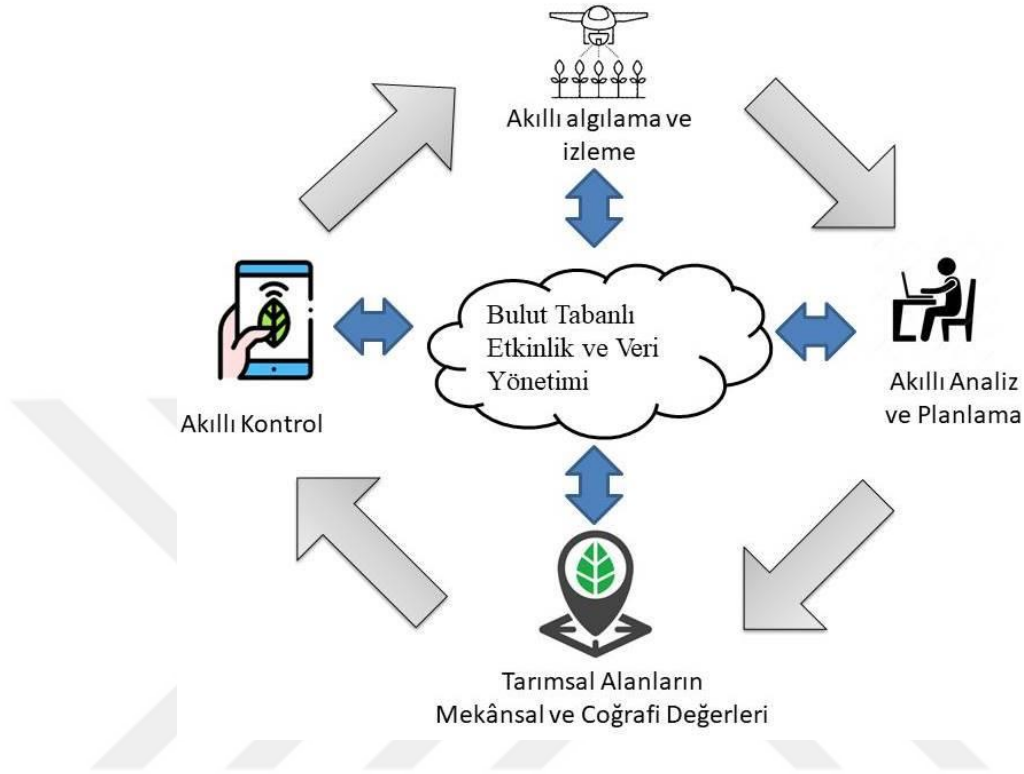
Tarımsal ürünün büyümesini optimize etmek için, öncelikle ürünün fizyolojik tepkilerinin ölçülmesi mevcut fizyolojik durumlarının belirlenmesi ve daha sonra çevresel etmenlerin kontrolünü sağlayarak optimizasyon yapılması oldukça etkili yöntemdir. Üreticiler sensörler yardımıyla ürün ile iletişim kurarak çevresel etmenleri optimum seviyede kontrol etmelidirler. Bu yaklaşım, çevresel faktörlerin girdi, bitkilerin tepkilerinin çıktı olarak tanımladığı sürdürülebilir bir yaklaşım olarak açıklanmaktadır.

Dünya, bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda bir devrim içerisinde olup, bu insan yaşamında önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bilgi, yaşamın yeni mücevheri haline gelmekte olup; araştırmanın, yeniliğin ve bilginin ana unsurlar olduğu bilgiye dayalı toplum ve ekonomilere doğru bir değişim söz konusudur. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin benimsenmesiyle oluşan bilgiye dayalı tarımsal üretim; gıda güvenliği ve yeterli gıda temini güvencesi, sürdürülebilir gelişme, çevre koruma üzerine olan tüketicilerin isteklerini karşılayabilme ve hem iç hem dış piyasada çiftçilerin rekabet gücünü ve gelirlerini korumak amacıyla gerekli hale gelmektedir. Bilgi yoğunluklu bir tarımsal üretime ulaşmak için Nesnelerin interneti, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Blok Zincir, İnsansız Hava Araçları ve Yapay Zeka gibi akıllı bileşenler ve üretici ile tüketici arasında bilgi paylaşımını kolaylaştıran yönetim sistemlerine odaklı akıllı uygulamalara yer verilmelidir.

Akıllı tarımsal üretim sürecinin yapısı;

- Tarımsal Alanların Mekânsal ve Coğrafi Verileri
- Akıllı Algılama ve İzleme
- Akıllı Analiz ve Planlama

- Akıllı Kontrol
- Kontrol Verisi



Şekil 3.2. Akıllı Tarımın Yapısı³⁷

Tarımsal verinin hızlı bir şekilde elde edilerek bilgiye dönüştürülmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri, Nesnelerin İnterneti, Blok Zincir, İnsansız Hava Araçları ve Yapay Zekadan oluşan akıllı elemanlar ile akıllı tarımın yapısı oluşturulacaktır. Tarımsal üretimin bilgi alt yapısını oluşturacak Tarımsal Alanların Mekansal ve Coğrafi Değerlerinin elde edilerek üretim modelinin temel kullanım verileri elde edilecektir. Elde edilen veriler ışığında ekim alanları hakkında bilgi altlığına göre tohumların dikim işlemleri gerçekleştirilecek sonra ekili ürünlerin sensörler, insansız hava araçları ve uzaktan algılama sistemleri ile gelişim süreci takip edilerek elde edilen veriler depolanarak gerekli analizler ile sürecin izlenimi yapılacaktır. Ürünün hasat işleminden tüketiciye ulaşımında izlenilen tedarik zincirinin blok zincir üzerinden takibi sağlanarak üretimin şeffaf bir şekilde sürdürülmesi değerlendirilecektir.(Şekil 3.2.)

Akıllı tarımda kullanılacak sistemde; Blok zincirde güven mekanizması kişilere ya da kurumlara dayanmayıp, dağıtık yapıdaki birden fazla düğüme ve altındaki matematiksel

³⁷ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

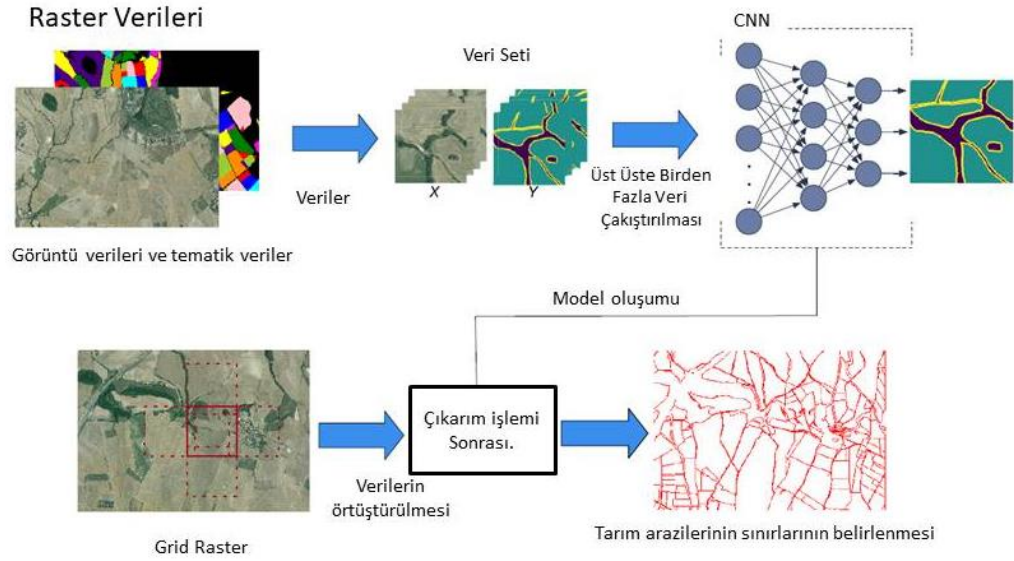
işlemlerin zorluğuna dayandığı için teknik olarak güven sağlamaktadır. Blok zincirin yapısına bağlı olarak, kurulacak sistemde kullanıcıların mahremiyetleri sağlanarak merkezi sistem ihtiyacını ortadan kaldıran, kendi yönetimini kendisi yapan bir sistem elde edilerek, sistem bir ya da birkaç otoriteden değil, pek çok sayıda küçük kullanıcı üzerinden oluşturulup, sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir[51].

3.1.Tarımsal Alanların Mekânsal ve Coğrafi Verileri

Dünya yüzeyinin yalnızca sınırlı bir kısmı sıcaklık, iklim, topoğrafya ve toprak kalitesi gibi çeşitli sınırlamalar nedeniyle tarımsal kullanım için uygundur ve hatta uygun alanların çoğu homojen değildir. Manzaraların ve bitki türlerinin çok yönlülüğünü yakınlştırırken, ölçülmesi zor olabilecek birçok yeni fark ortaya çıkmaya başlar. Dahası, mevcut tarım arazileri, arazi ve iklim şekilleri ve nüfus yoğunluğu gibi politik ve ekonomik faktörlerle daha da şekillenirken, hızlı kentleşme sürekli olarak ekilebilir arazilerin mevcut durumu için tehdit oluşturmaktadır.

Geçtiğimiz on yıllar boyunca, gıda üretimi için kullanılan toplam tarım arazisi bir düşüş yaşamıştır. 1991 yılında, tarımsal üretimi için toplam ekilebilir alan 19.5 milyon kilometrekare (dünya topraklarının% 39.47'si) iken ve 2013'te yaklaşık 18.6 milyon kilometrekareye (dünya topraklarının% 37.73'ü) düşmüştür. [10] . Bu nedenle, Tarımsal alanların mekansal ve coğrafi özellikleri hakkında doğru ve güncel bilgilerin sistem haline getirilerek, tarımsal üretim ve araştırmalar ile ilgili çeşitli faaliyetler için önemli veri girişini sağlamaktadır.

Yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntüleri, tarım arazilerine ait verilerin oluşması için güncel ve sistematik bilgiler sağlar. Geniş alanlardaki ortofotolardan oluşan tarımsal arsa sınırlarının heterojen bir manzaraya sahip otomatik olarak çizilmesi için derin öğrenme (DL) yaklaşımı, özellikle bir evrişimsel sinir ağı (CNN) modeli kullanılmalıdır. Bu bağlamda, LPIS verileriyle eğitilmiş CNN modelleri, tarımsal arazilerin ana hatlarını çizmede yoğun el işçiliğini azaltan yararlı ve güçlü bir araçtır (Şekil 3.3). Bu araç sayesinde tarım arazilerinin yapay zeka yoluyla hızlı bir şekilde sınıflandırılması yapılarak Bu bağlamda, CBS'ye benzer bir GIS envanteri olan Arazi Parsel Tanımlama Sistemi (LPIS, Land Parcel Identification System), taşınmazların doğruluğunu ve seçilen çevresel kurallar ve kırsal kalkınma programları ile ilgili parsellerin izlenmesi için bir kontrol mekanizması olarak oluşturulabilmektedir.



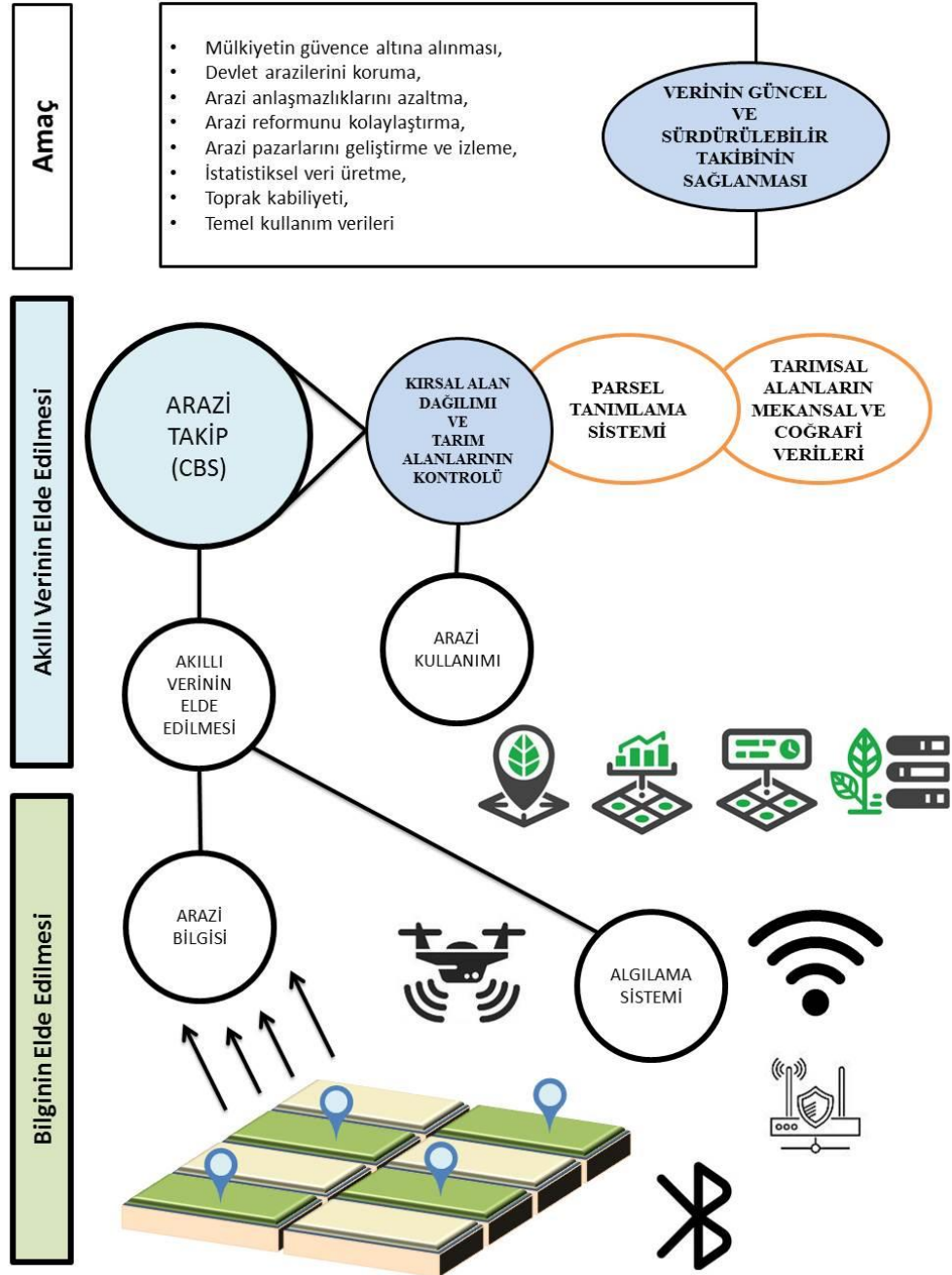
Şekil 3.3. Arazi parsel tanımlama sistemi

3.1.1. Tarım Arazilerine Yönelik Bilgi Altyapısının Oluşturulması

Bilgi altyapısının oluşturulmasındaki temel ihtiyaç, tüm verilere hızlı ve kolay bir şekilde ulaşabilmek, gerekli irdelemeyi yapabilmek ve verilerden bilgi üretebilmektir. Türkiye’de çeşitli amaçlarla farklı kurumlar tarafından yürütülen 1/5.000 ve 1/1.000 ölçekli planlar, sadece belli bir alana yönelik yapıldığı için, ülkemizin tamamını kapsayan büyük ölçekli toprak kaynaklarının kullanımını ve arazi varlığının güncel durumunu gösteren farklı ölçeklerde haritalar bulunmamaktadır.

Yer’e ait bilginin elde edilmesinin yanı sıra, doğru bilginin, doğru yere, zamanında, güncel ve bir bütün içerisinde sunulması da önemlidir. Bu durum, coğrafi bilgi sistemlerinde ihtiyaç duyulan kesintisiz veri akışını üretecek, kısa zamanda güncelleyebilecek ve büyük ölçekli çalışmalar için temel coğrafi verinin temelini sağlayacak Bilgi Sistemi’nin kurulmasına duyulan ihtiyacı göstermektedir. Zira bu sistemden temin edilecek veri aynı zamanda, ülkemizde kurulmakta olan Coğrafi Bilgi Sistemleri altyapısı için referans kabul edilen Avrupa Mekansal Veri Altyapısı (INSPIRE) kapsamında sayılan temel coğrafi veri katmanlarından birini oluşturmaktadır. Tarım bilgi sisteminin oluşturulması kapsamında ise, dağınık yapıda bulunan tarımla ilgili her türlü bilginin ve bilgi sistemlerinin bütünleşik bir yapı içerisinde yönetilmesi, kullanılması ve çiftçiye kadar olan geniş ağda paylaşımının sağlanması hedeflenmektedir. Bu çerçevede, tarımsal istatistik verilerine dair nitelik ve

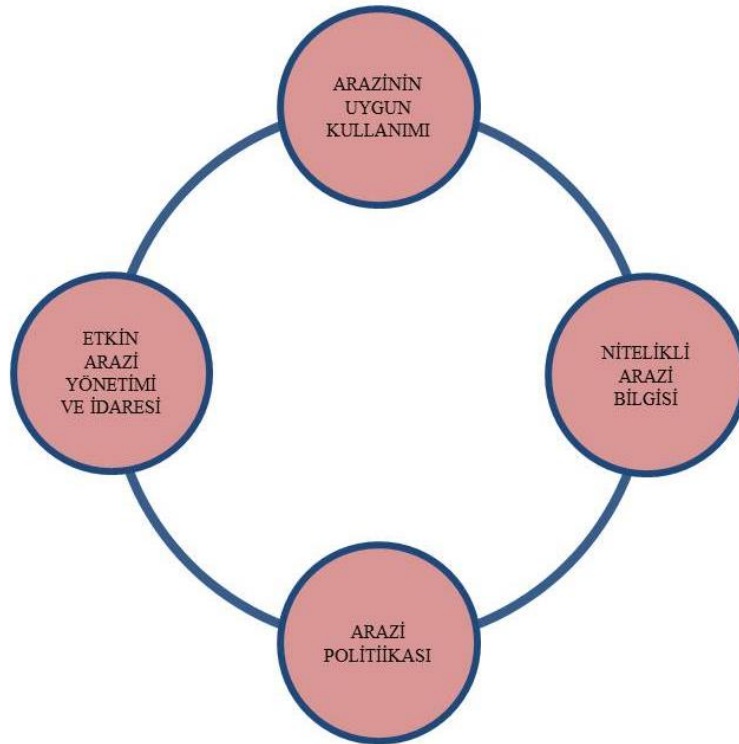
nicelik sorunlarının giderilmesi ve tarım politikalarının yürütülmesine ilişkin bilgi altyapısının geliştirilmesinin sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır [118].(Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Tarımsal Alanların Mekânsal ve Coğrafi Verilerinin Elde Edilmesi³⁸

³⁸ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tarım arazilerinin etkin yönetilmesi, politikaların geliştirilmesi ve sürdürülebilir bir planlamanın gerçekleştirilmesi için sadece kurumsal bir otomasyon kurmanın ötesinde, öncelikle nitelikli bilgiye sahip olunması gerekmektedir. Kurumsal ve sözel verileri birlikte işleyen, yöneten, geniş sorgulama, analiz ve haritalama yeteneklerine sahip olan bilgi teknolojilerini kullanarak tarım arazilerinin üretimde verimliliği artırılması hedeflenmektedir. (Şekil 3.5.) [118].



Şekil 3.5. Tarım Arazilerinin Etkin Yönetim Şeması³⁹

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı, arazi yüzeyinin farklı bir görünümü olup, ayrı bir şekilde dikkate alınmalıdır. Arazi örtüsünün belirlenmesi, etkin olan uydu görüntülerinin bulunmasından dolayı işlemi kolaylaştırmaktadır. Uzaktan Algılama verileri kullanıldığında geniş alanlardaki arazi örtüsü sıklıkla ve farklı ölçekte belirlenebilmektedir [118].

3.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Üzerinden Tarımsal Kalitenin Takibi

Arazi kullanımı uzaktan algılama teknikleri ve algoritmaları ile uydu ve uçak ve drone kameraları kullanılarak;

³⁹ Kaynak: Topçu, P., Tarım arazilerinin korunması ve etkin kullanılmasına yönelik politikalar: uzmanlık tezi. 2012: Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.

- Tarladaki ekin yoğunluğunu,
- Tarladaki ekin çeşidini,
- Ekin verimini,
- Ekinin Fenolojik ⁴⁰Evresini,

Farklı zamanlarda çekilen görüntüler ile tarımsal alanların değişim süreçleri ile ilgili veriler elde edilerek yukarıda belirtilen analiz çalışmalarında bu görüntülerden yararlanılmaktadır.

Güncel Uydu Görüntülerinin sisteme entegrasyonu ile; periyodik olarak sınıflandırma yapılarak NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) yansıma değerlerine göre bölge ve parsel bazında bitkilere ait fenolojik evre ve bitki gelişimi tespit edilebilmektedir.

Tarla içerisinde verimsiz olan ve az verim alınacak alan NDVI ile daha ekimin başında tahmin edip belirlenebilmektedir.

Oluşturulan NDVI haritasından tarladaki bitkilerin sağlıklı olup olmadıkları hakkında tahminler ve tespitler yapıp çiftçiye bilgi verilebilmektedir. Eğer üretim süresi içerisinde tespit edilmiş bir problemle karşılaşılması durumunda çiftçiye uyararak erken müdahale imkânı sunmaktadır.

3.1.3. Akıllı Tarımda İnsansız Hava Araçları

Akıllı tarımda uzaktan algılama ile uydu ve hava kaynaklı platformlara ilave olarak İnsansız Hava Araçları'na yer verilmektedir. İHA'nın tarımda kullanıldığı başlıklar; ürün gözlemi, bina ve ekipman gözetimi, haritalama, ilaçlama, vahşi hayvan hasarı, toprak erozyonu, ürün verimi, su stresi, değişken düzeyli gübreleme, akıllı veri ve araştırmalarıdır.

Tarım alanında kullanılan İHA'lar; su stresi tespiti, hastalık ve haşere tespiti, olgunluk ve verim tahmini, yabancı ot florası tespiti, su kaynaklarının kontrolü, işçilerin kontrollerini uzaktan algılama temelli gözetimin altyapısını oluşturan izleme teknikleri için yapılan uygulamalardır. Hava platformlarından veya uydudan alınan görüntülerle

⁴⁰ Fenoloji: Doğal olayların tekrar etme zamanlarını inceleyen bilim dalı.(Kaynak : Wikipedia)

hasat sezon içi ya da sonrasında bitki haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalar yürütülebilmektedir

Bu görüntüler alındıktan sonra kullanılan kameralardaki sensörler oldukça önemlidir. Gerçeğe en yakın görüntüyü sağlayan; göreceli(visual) sensörler, vejetasyonun 3D boyuta taşınmasını sağlayan lider sensörler, nesnelerin ısı farkının esasına göre ayırımı yapabilen termal ısı sensörleri ve kızılötesi dalgalar ile yansımaları ölçebilen multispektral ve hiperspektral sensörler kullanılmaktadır [119].

3.2. Akıllı Algılama ve İzleme

Nesnelerin İnterneti (IOT), verimsizlikleri azaltmak ve tüm pazarlarda performansı iyileştirmek için üretim, sağlık, iletişim ve enerjiden tarım endüstrisine kadar geniş bir sektör ve endüstri yelpazesini etkilemeye başlamıştır.[120-123].

Temel iletişim altyapısı ve hizmet yelpazesi dahil olmak üzere yerinden veya uzaktan veri toplama, bulut tabanlı akıllı bilgi analizi ve karar verme, kullanıcı arabirimi ve tarımsal otomasyon gibi IOT tarafından sunulan yetenekler sonucu IOT teknolojilerinin tarım sektörünün çeşitli uygulamalarında anahtar rol oynayacağını tahmin edilmektedir. Standart tarım yöntemleri göz önüne alındığında, çiftçilerin mahsul koşulları hakkında daha iyi fikir sahibi olmak için mahsulün üretimi boyunca sık sık tarım alanlarını ziyaret etmeleri gerekmektedir. Tarımsal üretim süresinin% 70'i gerçek tarla işi yapmak yerine mahsul durumlarını izlemek ve anlamak için harcandığından, akıllı tarım bu sürenin kısaltılmasına imkân sağlamaktadır.[124].

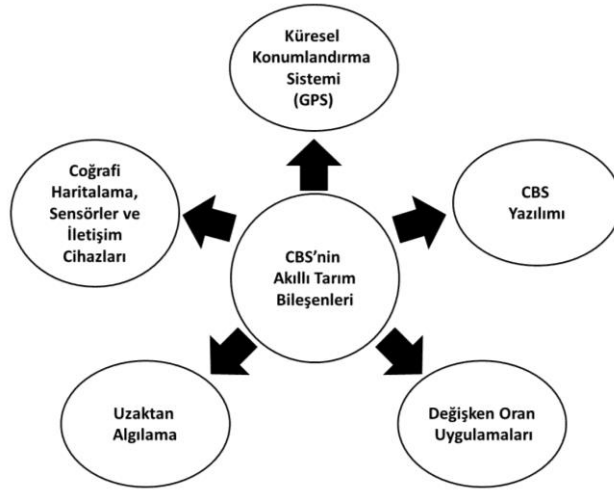
En son algılama ve iletişim teknolojileri, çiftçilerin sahada olup bitenleri sahada olmadan gözlemleyebilecekleri gerçek bir uzak “sahada göz” yeteneği sağlamaktadır. Kablosuz sensörler mahsullerin izlenmesini kolaylaştırarak sürekli olarak daha yüksek doğrulukla, olumsuz durumların erken aşamalarını tespit edebilmektedir. Çeşitli sensörler kullanarak oluşacak sorunları zamanında uyararak raporlama işlemini üstlenmektedir. Süreci akıllı hale getirerek hassas izleme yetenekleri sayesinde maliyetini uygun hale getirmektedir. Sensör teknolojisi, her sahada hassas veri toplanmasını desteklediği için mahsule ve sahaya özgü tarımsal üretime imkan sağlamaktadır.

Tarım uygulamalarında en son algılama ve IOT teknolojilerini uygulayarak, geleneksel tarım yöntemlerini temelden değiştirebilir. Şu anda, kablosuz sensörlerin ve IOT'nin akıllı tarımdaki kesintisiz entegrasyonu, tarımı daha önce düşünilemeyen seviyelere yükseltebilir. Akıllı tarım uygulamalarını takip ederek, IOT kuraklık tepkisi, verim optimizasyonu, arazi uygunluğu, sulama ve haşere kontrolü gibi birçok geleneksel tarım sorununun çözümlerini iyileştirmeye yardımcı olabilmektedir.

Dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar ve mühendisler, farklı yöntemler ve mimariler geliştirmektedirler. Çeşitli ürün ve tarla türlerini göz önünde bulundurarak, farklı aşamalarda mahsul durumuyla ilgili bilgileri izlemek ve kullanmak için çeşitli ekipmanlar önermektedirler. Teknoloji üreticileri, algılama yoluyla verileri üreticiye sunmak için bir dizi sensör, insansız hava araçları (İHA), robotlar, iletişim cihazları ve diğer akıllı makineler üretiyorlar. Buna ek olarak, çeşitli komisyonlar, gıda ve tarım kuruluşları ve hükümet organları, gıda ve çevre güvenliğini sürdürmek için bu teknolojilerin kullanımını gözlemlemek ve düzenlemek için politikalar ve yönergeler geliştirmektedir[125].

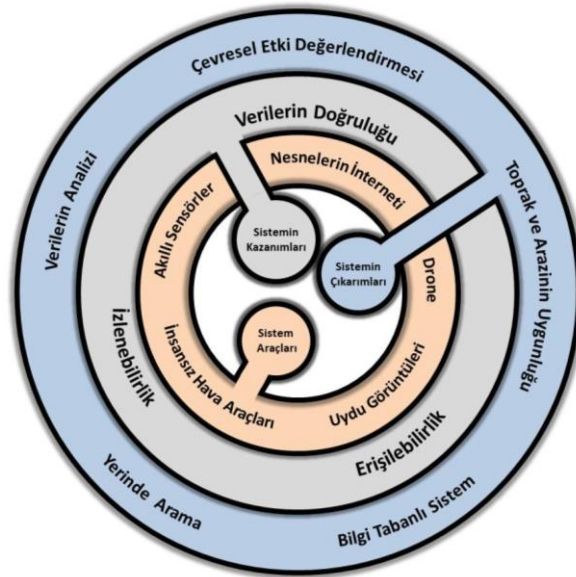
3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Tarımsal Uygulama

Bilgiye dayalı sistemler çeşitli kaynaklardan topladıkları verileri birleştirir ve kullanıcılara elde ettiği veriler üzerinden fikir vererek bilginin kullanımını sağlamaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri, kabiliyeti doğrultusunda elde ettiği bilgilerin kullanımını ile tarımsal üretimin planlanması ve yönetimi yönünden bilginin verimli bir şekilde kullanımına imkan yaratmaktadır. CBS üzerinden tarımsal üretim sürecine ait verilerin toplanması ve analizlerinin yapılması coğrafi konumlandırma sistemi (GPS), CBS yazılımı, uzaktan algılama, coğrafi haritalama, sensörler, iletişim cihazları ve değişken oran uygulamaları gibi bir dizi teknolojinin senkronizasyonu ile çalışan sistem ile sağlanabilmektedir (Şekil3.6.).



Şekil 3.6. CBS'nin Akıllı Tarım Bileşenleri. [126]⁴¹

Nesnelerin interneti ile kablosuz ağ alt yapısına sahip tüm cihazlar birbirlerine bağlı ve etkileşim halindedir. Bu ağ alt yapısı ile tarımsal üretimin sürecinin değerlendirilmesi için çevre üzerindeki etkilerinin incelenerek toprak, su, enerji kaynakları ve üretim sürecine etki eden değişkenlerin analizi işlemlerinin yapılabileceği bilgi tabanlı karar destek sistemi hedeflenmektedir (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Tarımsal Üretimde CBS, IOT ve İHA'ların Etkileşimi Üzerine Karar Destek Sistemi⁴²

⁴¹ Sharma, R., S.S. Kamble, and A. Gunasekaran, Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. Computers and Electronics in Agriculture, 2018. 155: p. 103-120. yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

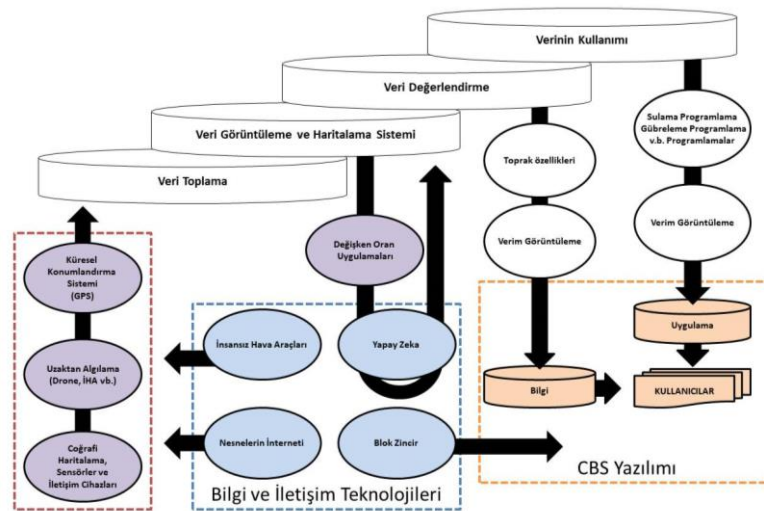
⁴² Sharma, R., S.S. Kamble, and A. Gunasekaran, Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. Computers and Electronics in Agriculture, 2018. 155: p. 103-120. yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

Bu sistem; akıllı sensörler, insansız hava araçları, nesnelere interneti ve uzaktan algılama(drone ve uydu görüntüleri) teknolojilerinin birbirleriyle etkileşim sonucu kırsal bölgenin ve üretim alanının takibini sağlayarak güncellenebilir bilgi sistemi elde etmeye olanak sağlamaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkileşimi ile verilerin doğru elde edilmesi, sürdürülebilirliği ve izlenebilirliği açısından kazanımlar sağlamaktadır.

Haritalamaya dayalı sınıflandırma ve çeşitli analiz yöntemlerinin çıkarımları ile oluşturulacak bilginin, tarımsal üreticiler ve kırsal bölge halkı ile paylaşımı doğru tahminler elde edilmesine imkan sağlayacaktır.

CBS ile entegre edilebilecek farklı teknolojilerin kullanımı ile yüksek düzeyde veri doğruluğu, verilerin verimli bir şekilde toplanması, verilerin görüntülenmesi ve haritalanması (depolanması), verilerin değerlendirilmesi (analizi) ve verilerin kullanımı (bilgi paylaşımı) için farklı katmanları içeren çerçeveler geliştirmeye ihtiyaç vardır.

Bu çerçeveler, bilgi ve iletişim teknolojileri, nesnelere interneti, yapay zeka, uzaktan algılama ve bilgi sistemleri teknolojilerine dayanmalıdır. Ayrıca, yüksek düzeyde veri güvenliği ve gizliliği sağlamaya yönelik gelişmiş blok zincir teknolojilerinden de yararlanabilir(Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. CBS Katmanları Üzerinden Tarımsal Üretim Araçlarının Etkileşim Çerçevesi⁴³

⁴³ Kaynak: Yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

3.2.2. Nesnelerin İnterneti ve Tarımsal Uygulamalar

Artan dünya nüfusu gıdaya olan talebi de artırmakta ve bu talebin karşılanabilmesi için yeni üretim modelleri ve yüksek yatırım gerektiren modern tarım uygulamaları geliştirilmektedir. Üretim maliyetlerinin düşürülerek düşük gelirli tüketicilerin de gıda talebinin karşılanabilmesi için tarım sektörünün endüstrileşmesini ve teknolojiyi daha yoğun kullanmayı gerektirmektedir. Endüstrinin birçok alanında teknolojik çözümler yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda İnternet ağının yaygınlaşması ve teknolojik gelişmeler sanayi sektöründe “Nesnelerin İnterneti” (İnternet of Things) adı verilen, yeni bir teknolojinin kullanımı için alan açmıştır. Bu tür sistemlerin tarımda da kullanılması modern tarım uygulamalarına fırsat tanıyacak ve birçok yeni çözümler sunabilecektir [69].

Tarlaların etrafına stratejik olarak yerleştirilmiş kablosuz sensörler, çiftçilere gerçek zamanlı olarak güncel bilgiler sağlayarak, ekinlerin ihtiyaç duyduğu bakımı uyarlayacak veriyi elde ederek daha az atıkla daha yüksek gıda üretimi elde etmelerini sağlamaktadır. Kablosuz sensör ağları (WSN'ler) aynı zamanda çiftçileri, ekinlerin büyümesinin neredeyse tüm yönleriyle ve çiftlik makinelerinin hazır olma durumları hakkında bilgilendirmek için kullanılıyor, böylece ekin kaybını önleme ve ekipmanın hazır olma durumunu arttırmaya yardımcı olmaktadır. GPS özelliğine sahip WSN'ler, traktörlerin engebeli arazileri dengelemelerine ve büyüyen ürünler için arazi hazırlığını optimize etmelerine yardımcı olmaktadır. Son zamanlarda, görüntü tanıma ve dijital sinyal işleme alanındaki gelişmeler, mahsul kalitesini ve sağlığını doğru bir şekilde belirlemek için WSN'ye daha fazla yetenek sağlamaktadır.

Kablosuz sensör ağ teknolojileri, hassas tarımın gelişmesinde en büyük itici güçtür. Kablosuz iletişim ve elektronik alanındaki son gelişmeler, küçük boyutlu ve kısa mesafelerde iletişim kuran düşük maliyetli, düşük güçlü ve çok işlevli sensörlerin geliştirilmesine ve üretilmesine olanak sağlamıştır[127].

Nesnelerin interneti, tarımsal uygulamalardaki kullanım amacı, topraksız tarım, bitki sağlığının ve meyvelerdeki şeker oranının kontrolü, toprak neminin ve gövde çapının izlenmesi, seralardaki mikro-iklim koşullarının kontrolüyle meyve ve sebze kalitesini ve üretimini maksimize etme ve besi yemlerinin üretiminde oluşabilecek mantar ve mikrobik maddeleri önlemek için yonca, ot ve samanlardaki nem ve sıcaklık

seviyelerinin kontrolü, su kaynaklarının verimli kullanılması anlamında kuru bölgelerdeki seçici sulama faaliyetleri, özellikle don, kar, yağmur, kuraklık ve rüzgâr değişikliklerinin tahmin edilmesi ve hava koşullarının incelenmesinde kullanılmaktadır.[73]

Tarımı sürdürülebilir hale getirmek için, nesnelerin interneti'nin kullanımı tarımsal faaliyetlerde ön plana çıkarak sektörün gelişimini sağlayacaktır. Bu gelişim, su ve elektrik kullanımı, ürün taşımacılığı, tarım makineleri bakımı ve işletmesi ve piyasa fiyatı güncellemelerini kapsamaktadır. Nesnelerin İnterneti, tarladaki mahsulün ihtiyaçlarını her aşamada algılayarak tarımsal üretimi daha kolay ve öngörülebilir hale getirmektedir. Çiftçiye arazilerini ve ürünlerinin kontrolünü sağlayarak tarımsal üretimdeki verimliliklerini en üst düzeye çıkaracaktır.

Toprak Örnekleme ve Haritalama Yönetimi

Toprak analizinin temel amacı, tarım arazisinin besin maddesi bakımında durumunu belirlemektir, böylece besin eksiklikleri bulunduğu buna göre önlemler alınabilmektedir. İdeal olarak İlkbaharda olmak üzere, yıllık olarak kapsamlı toprak testleri; toprak koşullarına bağlı olarak ve hava durumu uygunsa, Sonbahar veya Kış aylarında da yapılabilir [128]. Toprağın besin seviyelerini analiz etmek için toprak tipi, ekim geçmişi, gübre uygulaması, sulama seviyesi, topografya vb. olan faktörler yer almaktadır. Bu faktörler, bir toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik durumları ile ilgili sınırlayıcı faktörleri belirlemek için fikir vermektedir. Toprak haritalama, tohum uygunluğu, ekim zamanı ve hatta ekim derinliği gibi toprak özelliklerini daha iyi eşleştirmek için belirli bir alanda farklı ürün çeşitlerinin ekilmesine olanak sağlamaktadır. Birden fazla mahsulü birlikte yetiştirmek, tarımı daha akıllıca kullanarak kaynakların en iyi şekilde yönetilmesine olanak sağlayacaktır.

Teknolojik gelişmeler ile birlikte çiftçilerin toprak kalitesini izlemelerine yardımcı olabilecek çok çeşitli araç seti ve sensörler sunulmaktadır. Sensörler sayesinde elde edilen veriler değerlendirilerek erozyon, yoğunlaşma, tuzlanma, asitlenme ve kirlenmeyi en aza indirmeye yardımcı olan (aşırı gübre kullanımı önlenerek), doku, su tutma kapasitesi ve emme oranı gibi toprak özelliklerinin izlenmesine yardımcı olacaktır[129].

Su Yönetimi

Dünya suyunun yaklaşık% 97'si okyanuslar ve denizler tarafından tutulan tuzlu sudur ve geriye kalan yalnızca% 3'ü tatlı sudur - üçte ikiden fazlası buzullar ve kutup buzulları şeklinde donmuştur [130]. Geri kalanı yeraltında olduğu için donmamış tatlı suyun sadece% 0,5'i yerin üstünde veya havadadır. İnsanlık tüm gereksinimlerini karşılamak ve ekosistemi sürdürmek için bu% 0,5'e güveniyor, çünkü bunu sürdürmek için nehirlerde, göllerde ve diğer benzer rezervuarlarda yeterli miktarda tatlı su bulundurulması gerekiyor. Tarım endüstrisinin bu erişilebilir tatlı suyun yaklaşık% 70'ini kullandığını bilinmektedir. BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesinde yer alan, Dünya geneli ile ilgili 2013 yılında yapılan tahminlere göre çölleşmeden etkilenen 168 ülke bulunduğunu ve 2030 yılına kadar dünya nüfusunun neredeyse yarısının su sıkıntısı çeken bölgelerde yaşayacağı belirtilmiştir[131].

Dünyada oluşan su krizi, aynı zamanda tarımda ve diğer birçok sektörde artan su tüketim talepleri göz önüne alındığında, sadece ihtiyaç duyulan yerlere, en önemlisi, ihtiyaç duyulan miktarlarda sağlanmalıdır.

Sel sulama ve karık sulama gibi geleneksel yöntemlerde de bulunan su israfı sorunlarının üstesinden gelmek için damla sulama ve yağmurlama sulama gibi çeşitli kontrollü sulama yöntemleri teşvik edilmektedir. Düzensiz sulamanın, toprak besinlerinin azalmasına ve mahsulde enfeksiyonlara yol açacağı için, su kıtlığı ile karşı karşıya kalınca hem ürün kalitesi hem de ürün miktarı olumsuz şekilde etkilmektedir. Mahsul türü, sulama yöntemi, toprak türü, yağış, mahsul ihtiyaçları ve toprak nemi tutma gibi faktörlerin etkili olduğu mahsulde su talebini doğru bir şekilde tahmin etmek basit bir işlem değildir. Kablosuz sensör kullanılan bir tarım arazisi, toprak ve hava nem kontrol sistemi ile yalnızca suyu en iyi şekilde kullanmakla kalmaz, aynı zamanda daha sağlık ve kaliteli ürün üretimi sağlamaktadır.

Ortaya çıkan IOT teknolojilerinin benimsenmesiyle sulama yöntemlerinin mevcut durumunun değişmesi beklenmektedir. Ürün suyu stresi indeksi (CWSI) tabanlı sulama yönetimi gibi IOT tabanlı tekniklerin kullanılmasıyla ürün verimliliğinde önemli bir artış beklenmektedir. Sensörlerin bağlandığı, kablosuz sensör tabanlı bir izleme sistemi, arazi verilerini analiz etmek için karşılık gelen akıllı yazılım uygulamalarının

kullanıldığı işleme merkezine ileterek, hava durumu verileri ve uydu görüntülemesi gibi diğer kaynaklardan gelen bilgiler, su ihtiyacı değerlendirmesi için CWSI modellerine aktarır ve son olarak her alan için özel sulama indeksi değerinin tespitini sağlayabilmektedir[129].

Gübre Yönetimi

Akıllı tarım altında gübreleme, gerekli besin dozunun kesin olarak tahmin edilmesine yardımcı olur ve sonuç olarak çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirebilmektedir. Gübreleme sonucu, mahsul türü, toprak türü, toprak emme kapasitesi, ürün verimi, verimlilik türü ve kullanım oranı, hava durumu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak sahaya özgü toprak besin seviyesi ölçümleri gerektirmektedir.

IOT tabanlı gübreleme yaklaşımları, besin gereksinimlerinin mekansal modellerini daha yüksek bir doğruluk ve minimum iş gücü gereksinimleriyle tahmin etmeye yardımcı olmaktadır[132]. Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), mahsulün besin durumunu izlemek için hava / uydu görüntülerini kullanmaktadır [133], [134]. Temel olarak NDVI, bitki örtüsünden gelen görünür ve yakın kızılötesi ışığın yansımaya dayanır ve ekin sağlığını, bitki örtüsünün canlılığını ve yoğunluğunu tahmin etmek için kullanılır ve ayrıca toprak besin seviyesinin değerlendirilmesine katkıda bulunmaktadır. Hassas uygulama, gübre verimliliğini önemli ölçüde artırabilir ve aynı zamanda çevreye olan yan etkileri de azaltır. GPS kesinliği gibi birçok yeni etkinleştirme teknolojisi [135] coğrafi haritalama [136] ve IOT tabanlı akıllı gübrelemeye büyük katkı sağlayacağı belirtilmektedir.

Mahsul Hastalığı ve Haşere Yönetimi

Mahsul hastalığını izleme ve haşere yönetiminin güvenilirliği üç aşamaya bağlıdır: algılama, değerlendirme ve tedavi. Gelişmiş hastalık ve haşere tanıma yaklaşımları, tarla sensörleri, İHA'lar veya uzaktan algılama uyduları kullanılarak ekin alanı boyunca ham görüntülerin elde edildiği görüntü işlemeye dayanmaktadır. Uzaktan algılama görüntüleri geniş alanları kapsar ve dolayısıyla daha düşük maliyetle daha yüksek verimlilik sunmaktadır. Alan sensörleri, ekin döngüsü boyunca arazinin her bir köşesinde çevre örnekleme, bitki sağlığı ve haşere durumları gibi veri toplamada daha fazla işlevi desteklemektedir. IOT tabanlı otomatik tuzaklar böcek türlerini

yakalayabilir, sayabilir ve hatta karakterize edebilir ve uzaktan algılama ile mümkün olmayan ayrıntılı analiz için akıllı ağa veri yükleyebilmektedir.[137].

Verim İzleme, Tahmin ve Hasat Yönetimi

Verim izleme, tarımsal üretim akışı, nem içeriği ve hasat edilen miktar gibi tarımsal verime karşılık gelen çeşitli yönleri analiz etmek için kullanılan mekanizmadır. Tahmin etmek için mahsul verimini ve nem seviyesini kaydederek, mahsulün ne kadar iyi performans gösterdiğini ve bundan sonra ne yapılacağını doğru bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Tarımsal üretim için yalnızca hasat zamanında değil, sürecin tamamında önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Verim kalitesinin izlenmesi tarımsal üretimin kilit noktasıdır nedeni ise birçok farklı faktörün etkisine göre değişkenlik göstermesine bağlıdır[138].

Mahsul tahmini, hasat gerçekleşmeden önce verimi ve üretimi (ton / ha) tahmin etmeye yarayan bir yöntemdir. Bu yöntem, çiftçiye yakın gelecekteki planlama ve karar verme konusunda yardımcı olur. Verim kalitesi ve tarımsal ürünün olgunluğunun analiz edilmesi, hasat için doğru zamanın belirlenmesini sağlayan kritik faktördür. Bu tahmin, çeşitli gelişim aşamalarını kapsar ve ürünün rengi, boyutu vb. koşullarını kullanarak doğru hasat zamanını tahmin etmekle kalmaz mahsul kalitesini ve üretimi en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olarak, aynı zamanda yönetim stratejisini ayarlamaya fırsat da sunmaktadır. Hasat bu sürecin son aşaması olsa da, uygun zamanlama stratejisi ile tarımsal üretim verilerinde fark yaratabilir. Mahsullerden gerçek verimi elde etmek için, üreticilerin yetiştirdikleri mahsulün hasada hazır olduğunu bilmeleri gerekmektedir[129].

3.2.3. Tarımda Kullanılan Kablosuz Sensörler

Kablosuz sensörler, esneklik, hata toleransı, yüksek algılama doğruluğu ve hızlı uygulama, mikro elektromekanik sistemlerin uzaktan kontrol edilmesini, uzaktan bilgi toplanması gibi birçok işlem ile yeni uygulama alanları bulmaktadır[139]. Bu teknoloji, ağ sensörlerini kullanır ve üretim zincirindeki bilgi akışını artırarak tarımsal bir dönüşüm sunması beklenmektedir[140].

Tarımsal üretimde çevre koşullarının izlenmesi ve uygunluğunun denetlenmesi, yüksek verim ve kaliteli bir üretim için gereklidir. Bu amaçla sıcaklık, oransal nem, güneş ışınımı, basınç, toprak nemi, toprak sıcaklığı, toprak tuzluluğu ve diğer mekânsal verilerin ölçülmesi için farklı yapıda sensörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırmacılar bu amaçlara uygun donanım ve sensör önerileri sunmaktadırlar[141]. Sunulan bu araştırma ve önerilerin birçoğu farklı iletişim ve uygulama yazılımları kullanan açık sistemlerdir. Bu sayede yeni uygulama anlayışının geliştirilmesi ve farklı alanlara adapte edilmesi mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda bu açık sistemlerin yanında kablosuz sensörler araştırmacılara ve üreticilere geniş bir yelpazede uygulama vizyonu sunmaktadır[69].

Sensörler, farklı değişkenlerin (örneğin toprak besinleri, hava durumu verileri) ve üretimi etkileyen faktörleri izlemek ve ölçmek için kullanılır. Sensörler, konum sensörleri, optik sensörler, mekanik sensörler, elektrokimyasal sensörler ve hava akımı sensörleri olarak sınıflandırılır[142]. Bu sensörler hava sıcaklığı, çeşitli derinliklerde toprak sıcaklığı, yağış, yaprak ıslaklığı, klorofil, rüzgâr hızı, çiğlenme noktası sıcaklığı, rüzgâr yönü, bağıl nem, güneş ışınımı ve atmosferik basınç gibi bilgileri toplamak için kullanılmaktadır(Tablo 3.1.)[123].

Tablo 3.1. Tarımsal amaçlı kullanılan sensörler[123]

Sensör tipi	Fonksiyon	Kullanım alanı
Optik	Toprak özelliklerini ölçmek için ışığın kullanılması	Toprağın kil, organik madde ve nem içeriğini belirlemek için foto-diyotlar ve foto-detektörler
Mekanik	Toprak sıkışmasını veya mekanik direnci ölçmek için problemlerin kullanılması	Su emiliminde köklerin kullandığı kuvveti tespit eden tansiyometreler
Elektro-kimyasal	Topraktaki belirli iyonları tespit etmek için elektrot kullanımı	Topraklarda azot fosfor potasyumunun (NPK) tespitinde iyon seçici elektrotların (ISE) ve iyon seçici alan etkili transistör sensörlerinin (ISEFT) kullanılması
Dielektrik toprak nemi	Topraktaki dielektrik sabitini ölçerek nem seviyesinin tespiti için elektrot kullanımı	Toprak su içeriğini algılamak için frekans bölgesi reflektometrisi (FDR) veya zaman bölgesi reflektometrisi (TDR)
Hava akımı	Toprak hava geçirgenliğini ölçmek	Sıkıştırma, yapı, toprak tipi ve toprağın nem seviyesi gibi özellikler ölçülebilir
Konum	Enlem, boylam ve rakımı için GPS uydularının kullanılması	GPS, hassas tarım için bir köşe taşı olan hassas konumlandırma sağlar

Kablosuz sensörler, tarımsal üretimde mahsul koşullarını ve diğer bilgileri toplamak için ihtiyaç duyulan her yerde bağımsız olarak kullanılmaktadır ve uygulama gereksinimlerine bağlı olarak gelişmiş tarım aletlerinin ve ağır makineler ile bağlantılı duruma getirilmiştir. Ana sensör tipleri çalışma yöntemlerine, amaçlarına ve sundukları yararlarına göre ele alınmıştır.[129]

Akustik Sensörler, toprak işleme, yabancı otların ayıklanması, meyve hasadı gibi çiftlik yönetimindeki çeşitli görevler için üreticiye fırsatlar sunar; Bu teknolojinin ana faydası, hızlı yanıt veren düşük maliyetli çözümler sağlamasıdır [143] . [144].

Optik Sensörler, bu sensörler ışık yansımaları fenomeni kullanır ve toprak organik maddelerini, toprak nemini ve rengini, minerallerin varlığını ve bileşimini, kil içeriği gibi tarımsal üretime katkı sağlayacak değişkenleri ölçmeye yardımcı olur[145, 146]. Bazı optik sensörler, temel bitki değerlendirmesi için, özellikle meyve olgunlaşmasını denetlemek için kullanılmaktadır [147].

Reflektörlü Sensörler, bitki tipini ayırt edebilir; özellikle geniş sıralı mahsullerde yabancı otları, herbisitleri ve diğer istenmeyen bitkileri tespit etmeye yardımcı olurlar [148] . Bir reflektörlü sensör, elde ettiği bilgi ile konum bilgisini birleştirerek, yabancı ot dağılımını ve çözünürlüğünü haritalayabilmektedir [149].

Hava Akışı Sensörleri, toprak hava geçirgenliğini ve nem yüzdesini ölçerek ve farklı toprak türlerini ayırt etmek için toprak yapısını sınıflandırmada kullanılır. Ölçümler sabit konumlarda veya hareket halindeyken aktif olarak yapılabilmektedir[150] .

Elektrokimyasal Sensörler, topraklarda azot, fosfor, potasyum gibi belirli iyonların seviyelerini analiz etmek değerlendirmek için kullanılır. Çoğunlukla pahalı olan ve zaman alan standart kimyasal toprak analizi bu sensörlerle kolayca yerine getirilebilmektedir[151].

Elektromanyetik Sensörler, elektriksel iletkenliği ve geçici elektromanyetik yanıtı kaydetmek, elektrik yanıtını tanımlamak ve gerçek durumda değişken oran uygulamalarını ayarlamak için kullanılır. Bu teknolojiye dayanan sensörler, toprak parçacıklarının elektrik yükünü iletme veya biriktirme kapasitesini ölçmek için elektrik devreleri kullanır. Topraktaki kalıntı nitratlar ve organik maddeler elektromanyetik sensörler kullanılarak ölçülebilmektedir[152].

Kütle Akış Sensörleri, tarımsal üretimin miktarını ölçerek verim bilgisini sağlamaktadır. Ürünün kütle akışını verimli ve uygun maliyetli bir şekilde temassız ölçümü için kullanılır. Kütle akış sensörü, verim izleme sistemi, tahıl nem sensörü, sıcaklık ölçüm gibi veriyi sağlayan diğer sensörlerle entegre bir şekilde verileri analiz etmek kullanılmaktadır[153].

Manyetik (Eddy Algılama) Sensörler, karbondioksit, su buharı, metan veya diğer gazların ve dünyanın yüzeyi ile atmosfer arasındaki enerjinin değişimini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu yöntem, en önemlisi tarım uygulamaları için yüzey atmosferindeki enerji akışlarını ölçmek ve çeşitli ekosistemler üzerindeki gaz akışlarını izlemeye olanak sağlamaktadır[154].

LIDAR (Light Detection And Ranging), arazi haritalama ve bölümlenme, toprak tipini belirleme, 3D modelleme, erozyon ve toprak kaybının izlenme ve verim tahmini gibi tarım uygulamalarında kullanılmaktadır. LiDAR ayrıca meyve ağacı yaprak alanıyla ilgili dinamik ölçüm bilgileri elde etmek için yaygın olarak kullanılır ve GPS ile birleştirildiğinde bir 3D harita oluşturur. Ayrıca, bu teknoloji genellikle çeşitli mahsullerin ve ağaçların biyokütlesini hesaplamak için kullanılmaktadır[155].

Uzaktan Algılama, Bu kategoriye ait sensörler, coğrafi bilgileri elde etmek ve saklamak, her türlü mekânsal ve coğrafi veri türünü analiz etmek ve kullanıcıya verileri sunmak için kullanılır. LiDAR'a benzer şekilde, bu sensörler, ürün değerlendirmesi, mahsul tahmini, verim tarihleri, verim tahmini ve modellemesi, arazi örtüsü ve arazinin durumunu haritalama gibi tarım uygulamalarında veriye erişebilme noktasında önemli kullanım alanı sunmaktadır[156].

3.3. Tarımsal Üretimde Akıllı Analiz ve Planlama

Akıllı analiz, fiziksel ortamdan ölçülebilir verileri toplayarak ve önceden belirlenmiş hedefler ve işlemlere uygun olan, alakalı veriyi bağlı olduğu ağa/sisteme, bulut bilişim altyapısına aktaran verilerin sınırlı zamanda başarılabilir bir rotaya yönlendiren analiz yöntemidir.

Akıllı sensörler ve CBS elemanları ile tarımsal üretimde izleme sistemi kurularak, hedefe uygun eksiksiz bir bilgi sistemi oluşturulabilir, oluşturulacak bu sistem modern tarımın gelişimini sağlar. Sistem, sensör ağı aracılığıyla çevresel bilgileri ve tarımsal üretimin bilgilerini toplar ve bunları IOT ve CBS elemanları sayesinde ağ bağlantısına aktararak veriyi toplar. Ağ bağlantısı, IOT ve CBS' den elde ettiği verileri bulut sisteme ve blok zincir ağına iletir. Bu sistem, tarımsal üretim verilerini ve çevresel bilgileri depolar ve analiz eder. Elde edilen analiz ve karar bilgileri ile tarımsal üretime yön

vererek tarımsal üretimde modernizasyon hedefine ulaşmak için tarım arazilerinin akıllı analizini ve planlanmasını sağlamaktadır.

Tarımsal üretimde akıllı analiz hedefleri:

(1) Üreticiler tarafından uygulanan yetiştirme tekniklerini analiz etmek, mahsullerin nasıl büyüdüğünü anlamak ve çevresel değişiklikleri incelemek;

(2) Arazinin çevresel faktörlerini analiz ederek tarıma uygun mahsulleri belirlemek. Sulama sistemini ve toprağın ihtiyaç duyduğu su miktarı gibi bilgileri analiz ederek, üreticinin davranış analizi yoluyla deneyimlerini ve yetiştirme tekniklerini incelemek.

Hava koşullarının çevresel değişime etkilerini anlamak için tarımsal alanların çevresel faktörlerini analiz etmek ve arazi için zamana göre uygun ekim ve hasat kararlarını belirleme noktasında yapay zeka yöntemlerinden yararlanılmalıdır.

Tarımsal üretim ile ilgili verilerin farklı sensör cihazlar yardımı ile toplandığı, kablosuz sensör ağı üzerinden akıllı ağ geçidine gönderildiği ve sistemin işlevsel gereksinimi için IOT ve CBS ile üretim sistemini analiz etmek ve geliştirmek için yapay zeka yöntemlerinden yararlanılmalıdır.

1) Akıllı Ağ Geçidi

Akıllı bir ağ geçidi, akıllı cihazlardan algılanan verileri işleyerek ve yerel önbelleğe kayıt işleminden sonra bulut platformuna göndermek için ortak bilgi işleme teknolojisini kullanan açık kaynaklı donanımlı bilgisayarlar (Raspberry Pi) ile tasarlanmaktadır.

Akıllı ağ geçidinde, ekipman kaynaklarını Web Hizmetlerine eşleyen ve dış dünyaya hizmetler sağlayan küçük bir kaynak sunucusu kurulur. Ekipman kaynaklarının Web Hizmetine dayalı olarak, bulut platform sisteminin işlevlerinin yedekliliğini ve tamamlayıcılığını gerçekleştirmek için sensör verilerini izleme, video izleme, cihaz kontrolü ile akıllı ağ geçidine dayalı uygulamalar geliştirilerek akıllı ağ sistemi oluşturulabilmektedir[157].

2) Çoklu Protokol ile Veri Aktarımı

Akıllı cihazlar ile akıllı ağ geçidi arasında, bağlantı kurularak veri iletimi Zigbee, WiFi, Bluetooth, USB ve seri port üzerinden yapılabilir. Bu arada, sınırlı sensör cihazları kaynaklarına uyum sağlamak için, ağ geçidi Coap iletim protokolünü desteklemektedir. Buluta veri iletimi için bulut, TCP / IP tabanlı http, MQTT⁴⁴ ve websocket uygulama katmanı taşıma protokolünü desteklemektedir[158].

3) Bulut Verilerinin Depolanması ve Eş Zamanlı İzlenmesi

Bulut depolama sistemi, akıllı sensörler tarafından algılanan verileri depoladıktan sonra verileri işler ve koşullarına göre veri değerleri üzerinden kararlar verir. Bulut uygulaması web üzerinden erişim aracılığıyla eş zamanlı veri sorgulama imkanı sağlamaktadır.

4) Büyük Veri Analizi ve Karar Verme

Tarımsal üretim sürecinde elde edilen algısal verilerin kullanılarak, tarımsal ürünün kalitesi, fiyatı ve gelişim sürecinin verisini analiz etmek ve tahmin etmek için büyük veri analizi, makine öğrenimi ve yapay zeka teknolojilerinin karar vericiler tarafından düzenlenerek verinin ulaşılmak istenen bilgiye oluşumu sağlamaktadır.

5) Çok Platformlu Uygulama

Bulut platformunun sağladığı Web hizmeti aracılığı ile web tarayıcısı üzerinden çalışan IOT ve CBS izleme sistemi geliştirilir ve akıllı sensörlerin durumu gerçek zamanlı olarak sorgulanır. Sensör verileri, görselleştirme teknolojisi aracılığıyla harita ve grafiklerle çıktı oluşturularak görüntülenir. Cihaz uzaktan kontrol edilebilmekte, hava durumu ve tarımsal ürün süreci, tarımsal üretim birleşenleri görüntülenebilmekte, veri analizi anlık olarak yapılabilir.

⁴⁴ MQTT: Message Queuing Telemetry Transport: Internet of things kapsamında m2m teknolojisinde kullanılan publisher ve subscriber mantığına dayanan cihazlar arası milisaniyeler mertebesinde iletişime olanak sağlayan bir haberleşme protokolüdür.

Kaynak:<https://medium.com/devopsturkiye/mqtt-message-queuing-telemetry-transport-nedir-1351865cea45>

6) Ekipmanın Ters Kontrolü

IOT sisteminde, akıllı sensörlerin ters kontrolü sağlanmalıdır. Kontrolün kararlılığını ve güvenliğini sağlamak için, sensörlerin ağ ve bulut Internet üzerinden kablolu ve kablosuz sensörlere doğrudan bağlanarak MQTT protokolünü kullanır, şifreli veri iletim modu aracılığıyla sensörlerin kontrolü için ağ geçidine kontrol talimatlarını gönderir ve ağ geçidi bu talimatı aldıktan ve kontrol terminal ekipmanını kontrol ettikten sonra talimatları doğrular. Sistemin performansının açık, aynı anda ve güvenli olması gerekir. Sistemin özellikleri, verinin depolanması, ölçeklenebilirliği ve eş zamanlı yönetim/kontrol özelliğini içermektedir.[159].

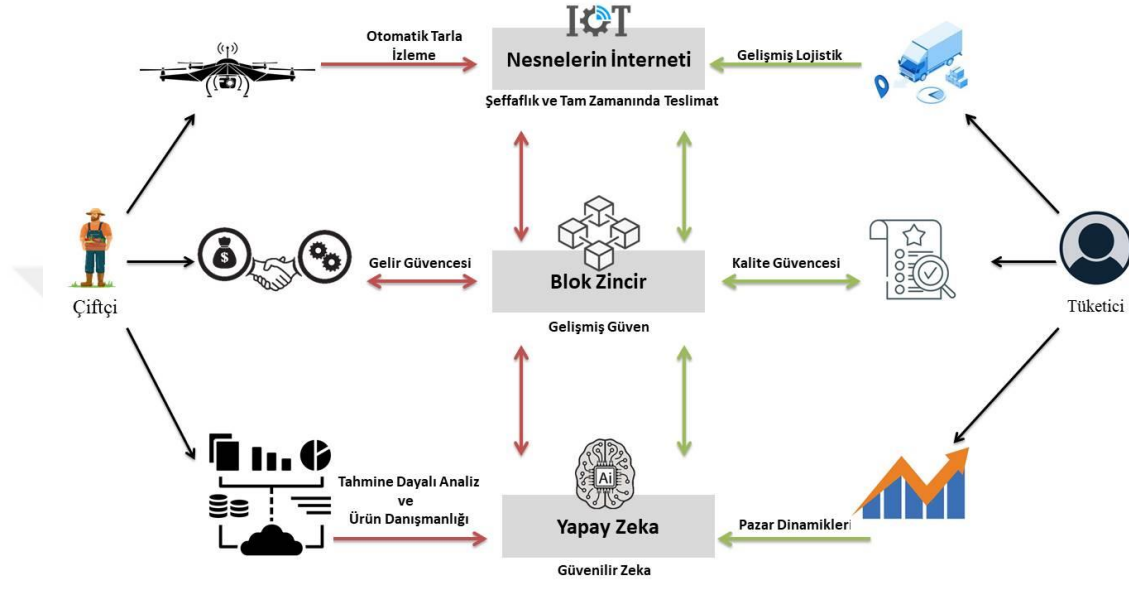
3.4. Tarımsal Üretimde Akıllı Kontrol

Akıllı tarım, tarım sektörünün gelişimi için gelişen teknolojiler ve merkezi olmayan iş modellerini kullanır. Uygulamalı bilimin ortaya çıkmasıyla, IOT teknolojisi ve CBS tarım sektöründe üretimin ve izlenebilirliğin sağlanmasına katkı sağlayarak tarım uygulamalarında yerini almıştır. Ancak, kısıtlı kaynakları, az gelişmiş standartları ve yazılım bileşenlerinin tasarımı ve geliştirilmesinde güvenliğin olmaması nedeniyle, blok zincir üzerinden cihazları sanal ortama bağlayarak güvenli ve sağlam bir yapı sağlanabilmektedir [160]. Tarımsal üretim açısından bakıldığında, ürün / çeşit seçimi, sulama yöntemi seçimi, maliyetleri düşürme, verimi tahmin etme, mahsul sağlığını izleme, verimi geliştirme, mahsul kalitesini geliştirme, girdi tarafı taleplerini tahmin etme ve mahsul için, IOT sensörleri, CBS ve blok zincir teknolojisi birlikte uygulanabilir. Veri toplama ihtiyacı, tedarik zincirinin optimizasyonuna ve tarımsal üretim sektöründe yer alan tüm paydaşların kârının arttırılmasına yol açmaktadır.

Yapay zeka, tarımsal tedarik zinciri sürecini öngörücü işlemler yoluyla geliştirmek için IOT cihazlarından yararlanabilir; bu da çiftçilerin herhangi bir bölgedeki geçmiş hava koşullarına göre mahsul yetiştirmelerini ve mahsulün büyümesini gerçek zamanlı verilerle izlemesini sağlamaktadır.

CBS, IOT, yapay zeka ve blok zincir teknolojilerinin birleştirilmesinin yararlarını ve özelliklerini gösteren üretici ile tüketici arasındaki ürün ve bilgi akışını oluşturan ilişki dizisi düzenlenmiştir(Şekil:3.9.). Blok zincir, ağda yer alan herkesin tüm işlemlere erişebilmesini sağlar; tarımsal üretim ticaretinin lojistiği için harcanan zamanı ve gıda

güvenliği düzenler. Akıllı veri odaklı karar alma sistemi ile, çiftçiden tüketiciye kadar izlenen ürün akışını, gerçek zamanlı hava durumu, toprağın biyolojik yapısı ve mahsul verilerine dayanarak her bir çiftçi için özelleştirilebilecek tarım planları için optimum kararları almada yardımcı olmaktadır.



Şekil 3.9. Üretici ile tüketici arasındaki IOT, yapay zeka ve blok zincir teknolojilerinin ilişkileri.⁴⁵

Blok zincir teknolojisi çiftçilerin kârını paylaşan aracılardan rolünü önemli ölçüde düşürerek pazardaki kârlarını artırıcı yönde geliştirdiği öngörülmektedir. Kullanıcılar tarafından eşzamanlı olarak kullanılan teknoloji sayesinde, tüketicilerin çiftçilerden satın aldıkları ürünlerin kalitesini takip etmelerini sağlayarak tedarik zincirinin son noktasında bulunan tüketici, tükettiği tarımsal ürünün kalitesi hakkında net bir fikre sahip olabilmektedir.

Blok zincir teknolojisinin birincil avantajı çiftçiyi doğrudan tedarik zincirinin son aşamasında bulunan perakendeci ile tüketici arasındaki ilişkiyi sağlamaktır. Çiftçilerin, kâr sağlayan aracılardan atlayarak kârlarını en üst düzeye çıkarmakta, aynı zamanda tüketici için uygun fiyat eğilimleri ile alım gücünü yükseltmektedir. Sektörde faaliyete yeni başlayan çiftçiler ise, blok zincir teknolojisi sayesinde daha iyi fiyatlarla pazarlık ederek pazardaki yerlerini almalarını, aynı zamanda tüketicilerin tükettikleri ürünün

⁴⁵ Kaynak: Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

kalitesi noktasında güven geliştirmelerine olanak sağlayacaktır. Bu bağlamda üretici ile tüketici arasındaki ilişkinin sistematığı düzenlenerek kalkınmanın önünü açacak bir reform olarak değerlendirilebilir.

3.4.1. Akıllı Tarımda, Blok Zincir ile Tedarik Zincirinin Yönetimi

Blok zincir teknolojisinin tarımda birincil kullanımı akıllı sözleşmelerdir. Akıllı sözleşmeler kendi kendini yürüten sözleşmelerdir[161]. Sözleşmedeki taraflarla ilgili şartlar ve koşullar merkezi olmayan bir blok zinciri üzerindeki kodlar biçiminde girilir. Sözleşme blok zincirine girilen bilgilere dayanarak gerçekleştirilir ve geri alınamaz. Bir kez girilen şartlar ve koşullar tarafların sözleşmedeki avantajlarına veya dezavantajlarına uymayabilir. Tarımsal üretimdeki kilit konulardan biride çiftçiler ve tedarikçi veya perakendeciler arasındaki ürün akışına ait verileri tanımlayan evrak eksikliğidir. Çoğunlukla, sözlü olarak anlaşmalar yapılır ve her iki tarafın da ihlali durumunda, dezavantajlı tarafın mahkemede başvurusu yoktur. Akıllı sözleşmeler, emtia alıcıları ile çiftçiler arasındaki sözleşmelerde şeffaflığı en üst düzeye çıkararak tarımsal sahtekârlıkları büyük ölçüde en aza indirmektedir.

Çiftçinin ürettiği ürünleri tedarik eden çok uluslu şirketler ise, bölgeye hakim olan üçüncü taraf hizmet sağlayıcıları aracılığıyla ödeme yapmaktadır. Bu, şirketlere ek maliyetler sağlar ve çiftçilere daha düşük ücret ile satışını gerçekleştirmesine yol açarak zarar vermektedir. Blok zincir teknolojisinin yardımı ile şirketler, tedarikçilerine sanal ortamdan doğrudan ödeme yaparak iş akışını hızlandırma bilmektedirler[162]. Araştırmacılar mobil tabanlı bir ödeme mimarisini oluşturmanın çiftçi finansmanının ve finans sisteminin sağlamlığına katkıda bulunacağını vurgulamaktadırlar [163].

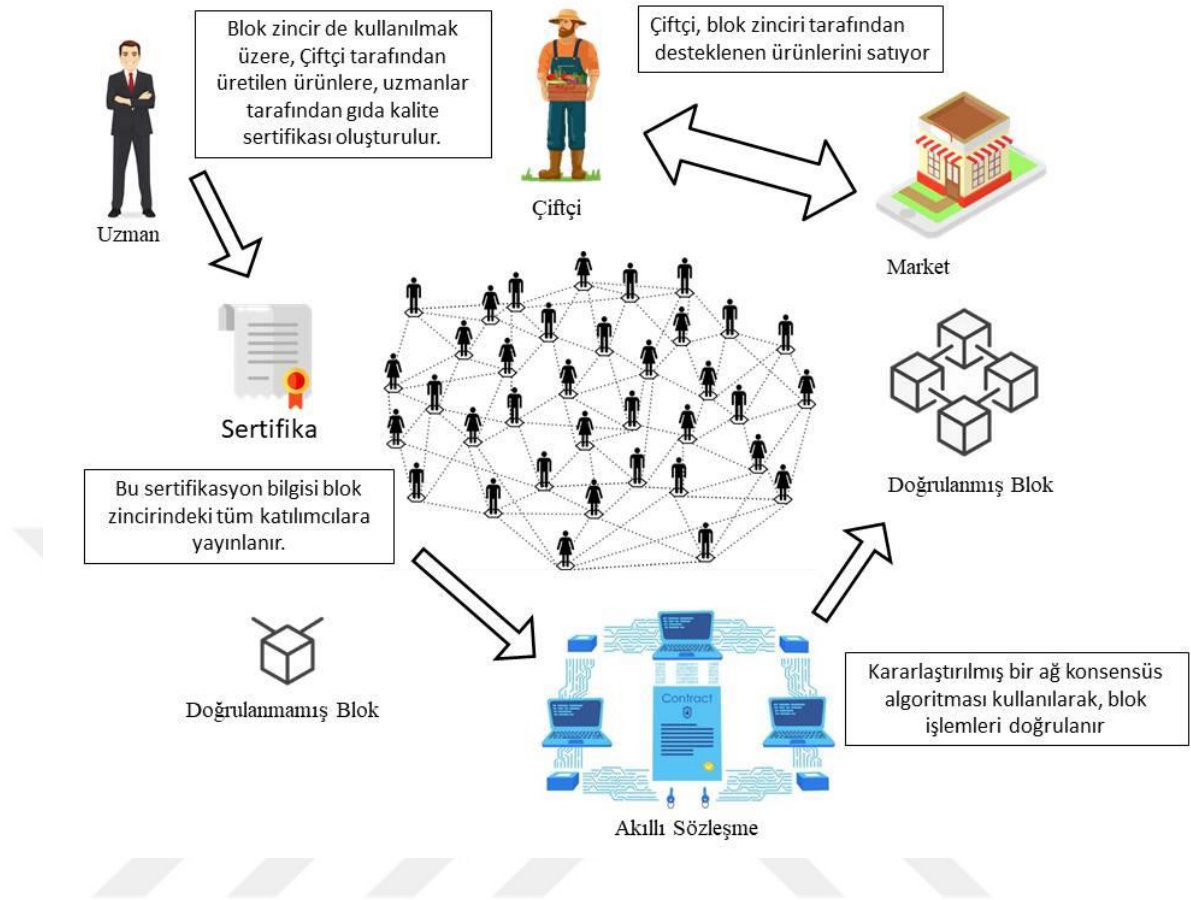
Blok zincir teknolojisi küçük çiftlik sahiplerine de fayda sağlayabilir. Araştırmalar sonucunda küçük çiftlik sahiplerinin, dünya gıdalarının %70'ini ürettikleri belirlenmiştir. Blok zincir uzmanları, Toplum Destekli Tarım Topluluğunun (CSA) (Community Supported **Agriculture** – CSA) küçük ve marjinal çiftçilerin gelirlerini artırabileceğini öne sürüyor [164]. CSA modeli, bir takım paydaşların haftalık olarak taze sebze ve meyve yetiştirilen diğer ürünlerin tedariki karşılığında bir çiftlikteki faaliyetleri finanse etme prensibi üzerine çalışmaktadır. Bu sürdürülebilir model, çiftçi gelirini artırarak aynı zamanda tüketicilerin sahip olacağı ürünlerin kalitesinde iyileştirme yapma özelliğine sahiptir.

Blok zincir teknolojisi tedarik zincirinin her aşamasında ürünlerin izlenebilirliğini sağlamaktadır. Tedarik zincirinin her aşamasında kaydedilen veriler, alıcılara, aldıkları ürünün, kalitesi konusunda güven verecektir [165]. Tüketiciler ayrıca almayı düşündükleri ürünler hakkında detaylı bilgiye ulaşarak bilinçli seçimler yapabilir. Blok zincir, ürünün kökeni, ekildiği ortam koşullarını ve ekim alanı hakkında gerçek zamanlı veriler elde edilerek tarımsal üretim süreci hakkında detaylı bilgiye kolay ulaşım sağlamaktadır.

Araştırmacılar, blok zincir teknolojisinin dünyadaki çiftçiler açısından bağlayıcı bir uygulama olarak kullanılacağını düşünmektedir. Gerçek zamanlı bilgi, çiftçilerin küresel eğilimlere dayanarak ürettikleri ürünler için doğru fiyatları ölçmelerini sağlayarak, çiftçi ile tüketiciler arasındaki bağlantıyı uyumlu hale getirecek olan bu sistem sonuç olarak tarımsal ürünlerin karşı karşıya kaldığı fiyat istikrarsızlığını gidererek, tüketicilerin kaliteli ürüne uygun fiyat ile sahip olmalarını sağlayarak satın alma kapasitelerini arttırabilecektir.

Blok zincir, dünya genelinde tarımsal büyümeye, tarıma bağımlı olan gelişmekte olan ülkelerde ise büyük bir ekonomik yükseliş sağlayabileceği düşünülmektedir. Tarımsal büyümenin yeniden canlandırılması, tarım nüfusunun küresel yoksul nüfusun çoğunluğunu oluşturması sebebiyle doğrudan küresel yoksulluğa etki edeceği düşünülmektedir. Blok zincir teknolojisinin en dikkat çekici avantajı, çiftçilere, perakendecilere ve tüketicilere arasında bir başkasının kazancından yararlanmadan yarar sağlayacak düzeyde bir sistem yaratmasıdır. Blok zincir önümüzdeki yıllarda, Tarımsal tedarik zincirini ve tarım sektörünü yeni yaklaşımları ile değiştirmesi beklenmektedir.

Tarım endüstrisi, çeşitli dış faktörlere (iklim, toprak, emek, sermaye vb.) bağlıdır. Blok zincir teknolojisini uygulanarak bu dış faktörler giderek daha şeffaf hale getirilebilecek karmaşık tedarik zincirlerine dayanmaktadır. Tarımsal üretim sürecinde, blok zincir kullanılarak üreticiden(çiftlikten) - tüketiciye(markete) ulaşan ürün yolculuğu hakkında halka açık erişilebilir bilgileri sağlayarak, tüketicilere güven ve kontrol hissi verir [166],[167].Ayrıca, sektörde yer alan küçük üreticilerin çok uluslu büyük şirketler gibi benzer verilere erişmesini sağlar, bu da piyasayı daha şeffaf bir alan haline getirmektedir. (Şekil 3.10.)



Şekil 3.10. Blok Zincir Bağlantılı Tarım Endüstrisi⁴⁶

Araştırmacılar, tarımsal tedarik zincirinde gıda izlenebilirliği için AgriBlockIOT adı verilen blok zincir tabanlı merkezi olmayan bir çözüm önerip geliştirmektedir. Bu çözüm, IOT sensörleri tarafından üretilen dijital verileri blok zinciri ile birlikte sorunsuz bir şekilde bütünleştirdiği ve bir çözüm olarak, blok zincir platformlarında çalıştığı ispatlanmıştır. Bir başka çalışmada, blok zincir teknolojisi kullanılarak tarımsal kalite standartlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma için standart kalite güvence prosedürlerini kullanarak, tarımsal ürünün kalite standartlarını belirler ve şeffaf bir şekilde bu bilgileri blok zincir üzerindeki kullanıcılar ile paylaşmaktadır [167].

Blok zinciri teknolojisinin Nesnelerin İnternetinin desteklediği endüstrilerde (Endüstri 4.0 ve Endüstri IOT) kullanılmasının, uzun vadede geniş bir endüstriyel sektör yelpazesinde büyümesi ve fayda sağlaması beklenmektedir.

⁴⁶ Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

IOT tabanlı teknolojilerin hızla ortaya çıkması, sanayiye istatistikten nicel yaklaşımlara taşıyan “akıllı tarım” da dahil olmak üzere hemen hemen her endüstriyi yeniden tasarladı. Bu tür devrimci değişiklikler mevcut tarım yöntemlerini değiştirmekte ve yeni fırsatlar yaratmaktadır.

Günümüzde uygulanan geleneksel tedarik zincir yapısına bakıldığında, üreticilerin ve tüketicilerin silo yaklaşımı kapsamında ağırlıklı olarak kendi iç akışlarına odaklandıkları, tedarik zinciri boyunca her adımda karışık entegrasyon ve bilgilendirme süreçlerinin yer aldığı, bunlardan dolayı süre, maliyet ve firma verimliliği açısından çeşitli sıkıntıların yaşandığı, kontrolü oldukça zor bir yapı ile karşılaşılmaktadır.

Blok zincir tabanlı bir yapı ile birlikte, bir ürünün imalattan satışa kadar olan her el değişimi, kalıcı bir ürün geçmişi yaratılarak belgelenabilir. Bu sayede, zaman gecikmelerini, ek maliyetleri ve bugünkü işlemleri engelleyen insan hatalarını önemli ölçüde azaltmak mümkün olabilir. Akıllı sözleşmeler kullanılarak, bir ürünün zincir üzerindeki hareketi sırasında otomatikleştirilmiş kontrol ve eylem akışları gerçekleştirilebilir. Kullanıcıların aldıkları ürünün kendilerine geliş süreci hakkında bilgi sahibi olup daha bilinçli bir şekilde karar vermeleri sağlanabilmektedir.[51]

3.4.2. Gıda Tedarik Zincirinde Kullanımı

Gıda güvenliği, FAO tarafından “Tüm insanların, her zaman, aktif ve sağlıklı bir yaşam için beslenme ihtiyaçlarını ve gıda tercihlerini karşılamak amacıyla yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik erişim sağlanması” olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple üreticiden tüketiciye gıda tedarikinin her aşamasında izlenebilirlik önem kazanmaktadır. IOT ve CBS bu aşamada faydalı bir araç olarak kullanılabilir. Son on yılda, dünya üzerinde insan sağlığı üzerinde etkisi olan birçok gıda krizi yaşanmıştır[168].

Gıda kontaminasyon sorununa çözüm için AB, tüm gıda ve yem üreticilerinin özel izlenebilirlik sistemleri uygulamasını zorlayan üretim, işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında gıda izlenebilirliği için bir dizi yasa ve standart uygulamaktadır. Bu sistemin en önemli unsurlarından biri, üreticiden tüketiciye gıda nakliyesi ve taşıma sürecinde gıda kalitesini izleme imkânı sağlamasıdır. Nesnelere İnterneti gibi yeni

teknolojilerin kullanılması ile gıda üreticileri, taşımacılık ve perakende şirketleri ile bağlantı kurmak mümkün olabilmektedir[169].

Gıda taşımacılığı sırasında karşılaşılan riskler 15 ana grup altında toplanabilir. Bunlar; soğutma ve sıcaklık kontrolü, nakliye birimi yönetimi (önleme, temizlik, vb.), paketlenme, yükleme ve boşaltma, güvenlik, haşere kontrolü, konteyner tasarımı, koruyucu bakım, çalışan hijyeni, politikalar, iade yüklerin taşınması, bekletme ve izlenebilirlik [170]. Bu nedenle, güvenli gıda ürünleri taşımacılığını sağlamak ve herhangi bir problemle karşılaşmamak için, üretim noktaları ile kullanım noktaları arasındaki ulaşımda izlenebilirlik oldukça önemlidir. Aynı zamanda merkezi veri toplama ve analitik desteğiyle, Nesnelerin İnterneti tabanlı mekanizmalar gıda bozulmasından kaynaklı israfı önemli ölçüde azaltabilir, taşıma ve dağıtım verimliliğini artırabilir ve kirli ya da bozuk ürünlerin taze gıda tedarik zincirinden hızla çıkarılmasını sağlamaktadır[69].

RFID gıda tedarik zincirinde en yaygın kullanılan teknolojilerden birisidir. Bu alanda yapılan çalışmalar genel olarak ürünlerden alınan sensör verilerinin RFID bilgisi ile eşleştirilmesi ve bu sayede ürün durumunun izlenmesine olanak sağlayan tasarımlardan oluşmaktadır. Bu teknoloji ile tarım ve gıda tedarik zincirinin tamamında, üretim, işleme, depolama, dağıtım ve satış bağlantılarındaki gıda verilerinin toplanması, aktarılması ve paylaşılması yoluyla gıda güvenliğini etkin bir şekilde sağlayacak olan izlenebilirliği sağlayabilmektedir[47].

Maksimovic, ve ark. [169] taşıma sırasında gıda maddelerinin izlenmesi için düşük maliyetli, küçük boyutlu, esnek, hızlı sistem genişletme, gerçek zamanlı erişim ve otomatik kargo tanımlama özelliklerine sahip bir sistem önermişlerdir. Verdouw, ve ark. [171]tarımsal gıda tedarik zincirlerinde Nesnelerin İnterneti tabanlı lojistik bilgi sistemleri için bir referans mimarisi geliştirmişlerdir. Bu mimaride, teknoloji olanaklarını kullanıp, alana özgü işlevlerin yeniden kullanılmasını kolaylaştırarak, düşük maliyetli özel çözümler sağlanmasını destekleyen Nesnelerin İnterneti ve bulut bilişimi birleştiren karma bir çözüm sunmuşlardır. Önerilen diğer sistemler, ölçülen olaylara ve yapay zekaya dayalı otomatik servisler, akıllı tasarımlar ve otomatik karar verme yeteneği sunmaktadır[69]. Gıda tedarik zincirinin hem mikro hem de makro

yönlerini dikkate alan veri odaklı analiz yapmak için kullanılan çeşitli çerçeveler (Framework) sunulmuştur[69].

Temel olarak, blok zincir defteri bloklardan oluşan bir zincirdir. Bu defter, dağıtılmış ve merkezi olmayan blok zinciri ağına erişen katılımcılar arasında gerçekleşen işlem ve etkileşimlerin kalıcı bir kaydını tutar[172]. Her blok, işlemin ayrıntılarını ve kullanıcılar arasında gerçekleşen varlık değişimlerini içermektedir.

Geleneksel blok zincir büyük miktarda veri depolamak için çok pahalı bir ortamdır. Örneğin, büyük dosya veya belgelerin blok zincirinde saklanması, blok başına boyut sınırının bir megabayt ile sınırlı olması nedeniyle çok pahalıdır. Bu sorunu çözmek için, bu tür verileri depolamak için merkezi olmayan bir depolama ortamı kullanılır ve verilerin karmaları blok zincir bloklarına bağlanır veya blok zincir akıllı sözleşme kodunda kullanılır. IPFS⁴⁷, ortak bir dosya sistemini paylaşan bilgisayarların düğümleri arasında birbirine bağlanmış eşler arası, dağıtılmış ve merkezi olmayan bir dosya sistemidir. İçerik adreslemesi yapılabilir; bu, IPFS içeriğine IPFS karma adresleri kullanılarak erişilebileceği anlamına gelir. Dahası, bu dosya sistemi tartışılmaz hale gelir, çünkü bir düğüm listesine sahip olarak blok zincir ağına benzer şekilde çalışır ve herhangi bir dosya kurcalamasına izin vermez. Bu nedenle, içerik adresli köprülerle birlikte yüksek verimlilik ve içerik adresli blok depolama modeli sağlar. Ek olarak, merkezi olmayan yapısı nedeniyle, tek bir arıza noktası yoktur; yani, bir cihazın bağlantısı kesilse dahi dosyaya hala erişilebilirliğini sürdürmektedir.

3.4.3. Tarımsal Tedarik Zinciri

Tedarik, gereksinim duyulan bir ürünün doğru zaman, doğru şekil ve doğru miktarda uygun maliyet ile temin edilmesidir. Temin edilen ürünün tedarikçi tarafından üretilebilmesi için tedarikçinin kendi hammaddelerinin tedarikini de aynı şekilde sağlaması gerekir. Tedarik zinciri, bir ürünün ilk maddesinden başlayarak, tüketiciye ulaşması ve geri dönüşümünü de içeren tüm süreçlerde yer alan tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve lojistikçilerden oluşan bir bütündür[26].

⁴⁷IPFS(InterPlanetary File System/Gezegenlerarası dosya sistemi): Dağıtılmış bir ortamda dosyaları depolamak ve paylaşmak için içerikle adreslenebilir bir blok depolama modeli sağlayan, eşler arası bir şemada sürüm kontrollü bir dosya sistemidir.

Tedarik zinciri genel tanımıyla; ürün ve hizmetin hammaddeden başlayıp son müşteriye ulaşana kadar geçirdiği talep tahmini, tedarik, üretim, stok, dağıtım, geri dönüşüm vb. işlemlerin, bilgi ve fiziksel ürün akışının bütününe içeren sistemdir. Tedarik Zinciri Ağında yer alan işlemlerin ayrı ayrı planlanması, her planlama adımındaki kararların diğerini zincirleme etkilemesi nedeniyle yanlış kararlara neden olabilmektedir. Oysa ağ üzerinde bir ürünün üretim zamanı ve miktarı, hangi araçla ne miktarda dağıtılacağı ve ne zaman nereden ne miktarda geri toplanacağı birlikte planlandığında maliyet ve kalite bakımından daha doğru kararlar verilebilecektir.[173]

Tedarik zinciri yönetimi; tahminleme, satın alma, kaynak kullanımı, üretim planlaması, akış ve süreç yönetimi, pazarlama, satış sonrası destek, hizmet, lojistik ve dolaylı olarak finans ve insan kaynakları yönetimi de dahil olmak üzere kuruluşun bütününe ilgilendirmektedir[26].

Tarımsal tedarik zincirlerindeki işlemler aracı kurumlarla doludur ve verimsizliklerle sınırlıdır; küresel tedarik kanallarına sürekli olarak ulaşabilen aktörler genellikle büyük ölçekli üreticiler ve tarımsal işlemciler güçlü ekonomik yapılardır.

Tarımsal tedarik zincirleri, ekonomik gelişimlerini artırmak ve büyüyen bir nüfus tarafından daha fazla gıda arzı talebine katkıda bulunmak için dezavantajlı piyasa oyuncularını için daha fazla kapsayıcılığa ihtiyaç duymaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, sürekli ve dinamik bir yapıya sahiptir. Tedarik Zinciri Konseyi tarafından çeşitli sanayilerin tedarik zinciri yönetim standardı olarak geliştirilmiş olan SCOR (Tedarik Zinciri Operasyon Referans Modeli), bu dinamik yapıyı sürdürülebilir kılma konusunda faydalanılan, tedarik zinciri süreçlerini tanımlama, ölçme ve yönetme amacıyla kullanılan bir yöntemdir. SCOR; plan, temin, üretim, sevk ve iade olmak üzere beş temel süreçten oluşur. Model, süreçlerin yeniden yapılandırılması, kıyaslama ve süreç ölçümlerinin bilinen konseptlerini çok disiplinli bir çerçeveye oturtur. Tedarik Zinciri Konseyi tarafından geliştirilen ve bir yönetim aracı olan bu modelde; planlama, kaynak bulma, üretme, teslim ve geri dönüşler olmak üzere beş süreç ele alınmaktadır.[26]

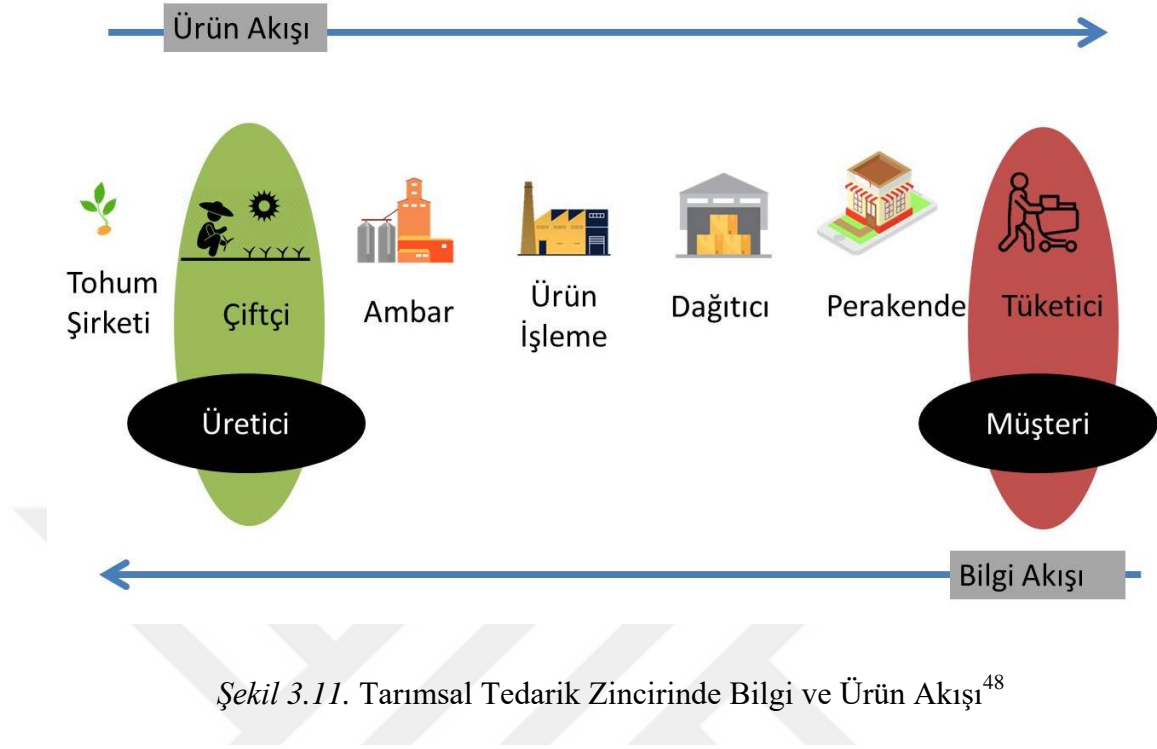
Blok zincir teknolojisini ve AI'yı bir araya getirmekten faydalanacak bir diğer önemli alan ise tedarik zinciri endüstrisidir. Birlikte kullanıldığında, bu teknolojilerin her ikisi

de tüm süreci “özerk” bir tedarik zinciri sistemine yeniden modelleme potansiyeline sahiptir [118]. Tedarik zinciri endüstrisi için Blok zincir tabanlı araştırma, merkezi olmayan bir uygulama platformu kullanan konsept deney sistemlerinin ispatına odaklandı [118]. Literatürdeki çalışmaların çoğu, sahte ürünlerin tespiti için ve aynı zamanda birden fazla taşıyıcıyı içerebilecek bu ürünlerin teslim edildiğinin kanıtlanması için tedarik zinciri yönetimine dayanıyordu. Blok zincirine dayalı ticari işlem akışlarına AI teknikleri uygulamak, tüm süreci otomatikleştirerek tedarik zincirini iyileştirmeye yardımcı olabilir [118]. AI platformları, blok zinciri ile birleştiğinde satış noktası sistemleri, satın alma bilgileri geçmişini, veri desenlerini belirleyebilir ve gelecekteki talebi öngörmeyi, satış desenlerini önceden tahmin etmeyi, olası sorunları önceden belirlemeyi, ulaşma yollarını optimize etmeyi içeren öngörücü bir analiz gerçekleştirebilmektedir.

Tedarik Zinciri Yönetimi, hammadde temininden üretime ve dağıtımla son müşteriye kadar bir malın ulaşabilmesi için bir değer zincirinde yer alan üretici, imalatçı, dağıtıcı, perakendeci ve müşteriler arasında malzeme/ürün, para ve bilginin yönetimidir.

Tarımsal ürünlerin gelişimini ve tarımsal tedarik zincirinde etkin lojistik yönetimini izlemek çok önemlidir. Tarımsal tedarik zincirinde ürünlerin izlenebilirliği, tedarik zincirindeki kökeni ve çeşitli bilgi alışverişini kesin olarak tanımlayarak kritik bilgilerin toplanmasını, iletilmesini ve yönetilmesini gerektirmektedir.

Tedarik Zincirinde bilgi ve ürün akışı, tedarik zinciri ile blok zincir arasındaki ilişkinin temellerini oluşturmak için ürün ve bilgi akış şeması oluşturulmuştur. Yedi aktör vardır ve rolleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir; (Şekil3.11.)



Şekil 3.11. Tarımsal Tedarik Zincirinde Bilgi ve Ürün Akışı⁴⁸

1)Tohum Şirketi

Tohum Şirketi, belirli bir çiftçiye satılan ürün başına küresel standart tanımlayıcıları tarafından tanımlanan çok çeşitli tohumlar üreten işletmedir. Tohum şirketi, çiftçilerin tarımsal üretimini destekleyen tohum, gübreler ve diğer besin maddeleri gibi materyallere erişimlerini kolaylaştırdığından, kırsal kalkınmada üretimin güçlü temellere oturması için hareket etmekte[174].

2)Çiftçi / Üretici

Çiftçi, tohum grubundan izlenebilir standart tanımlayıcıları olan tohum şirketinden tohumlar satın alır ve satış işlemine katılan şirket, ekinleri yetiştirir ve akıllı sözleşmeyi oluşturur. Üretimin akıllı tarım uygulamaları ile şekillenmesi için çiftçi, ürünlerin büyüme ayrıntılarının düzenli olarak izlenmesi ve kaydedilmesi ve merkezi olmayan dosya sisteminde görüntü veya MPEG dosyaları olarak kaydedilmesi sorumluluğunu da üstlenmektedir.

Merkezi olmayan bir dosya sistemi dosyasının içeriğinin birden fazla eş veya düğümler tarafından depolandığı eşler arası dosya sistemi olan IPFS (Gezegenler Arası Dosya

⁴⁸ Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sistemi) saklayan yüksek bütünlüğü ve esnekliği ile dosya içeriği karma değeri yalnızca akıllı sözleşmede saklanmaktadır[175].

3)Depolama/Ambar

Ürün depolayan tarım tesisidir. Depo tarımsal ürünlerin, kalitesini belirler ve ürünü çiftçiden satın almaktadır. Ürün depolanırken göz önünde bulundurulması gereken bazı önemli faktörler: sıcaklık, nem ve saklama süresidir[176].

4)İmalatçı

İmalatçı tarımsal ürünü depodan satın alır, ürünü rafine eder, ürün için gerekli olan analizleri yaparak, işlenmemiş ürünü başka bir işlem veya işlemlere gerek kalmadan nihai ürüne dönüştürmektedir[174].

5) Dağıtıcı/Distribütör

Dağıtıcı genellikle imalatçıdan nihai ürünleri satın alan bir depodur. Nihai ürünün dağıtımını üstlenmektedir[174].

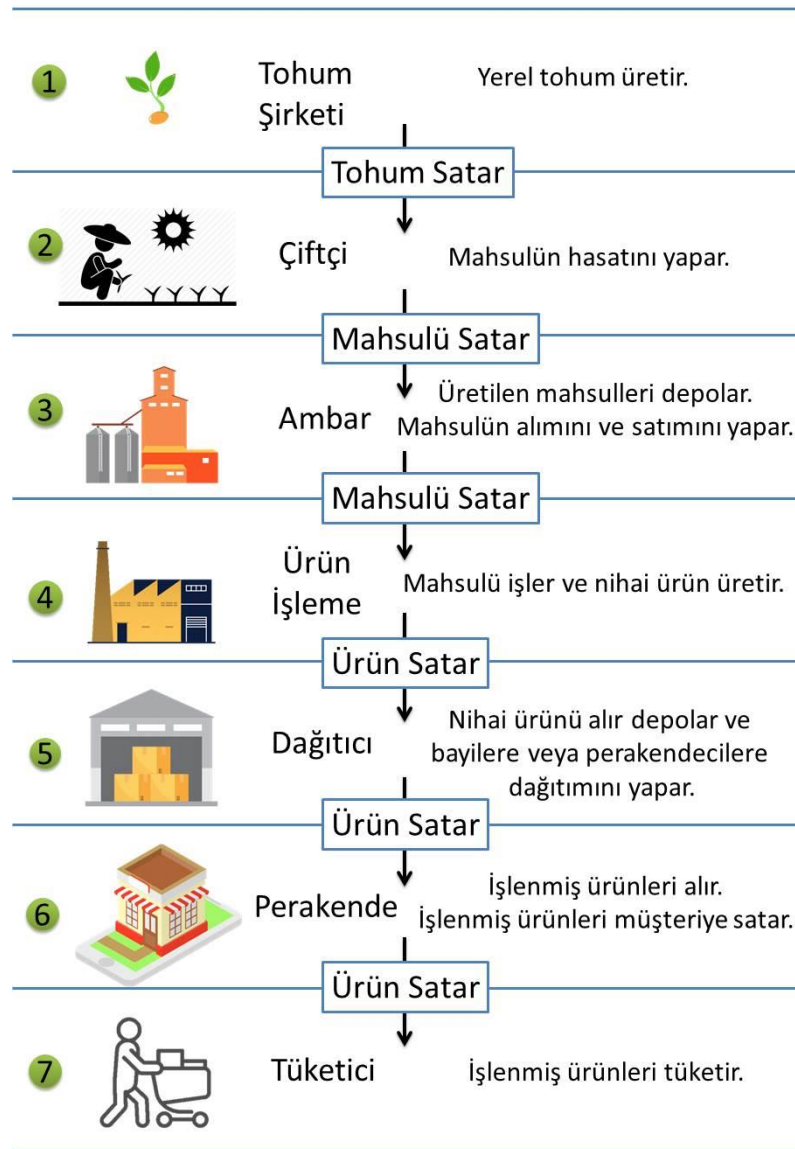
6)Perakendeci

Perakendeci, bitmiş ürünleri dağıtıcıdan genellikle izlenebilir tanımlayıcılara sahip gruplar halinde satın alır ve tüketicilere küçük miktarlarda satar. Örneğin, satıcı, toplu olarak satın alabilir ve müşteriye daha düşük ölçü birimleriyle satabilir. Standart tanımlayıcılar, izlenebilirliği sağlayan hiyerarşik bir ilişkiyi korur.[174]

7)Tüketici

Tüketici, ürünü satıcıdan satın alan ve tüketen son kullanıcıdır.[174]

Özet olarak aşağıdaki şekil 3.12.' de ürün akışı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Ürün Akış Şeması⁴⁹

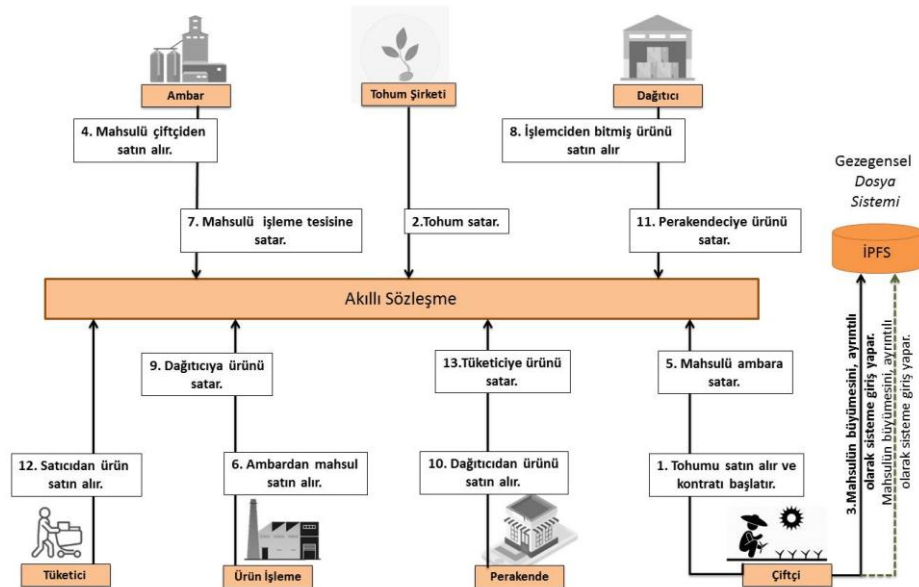
Akıllı sözleşmeleri kullanarak ürünün güvenli bir şekilde izlenmesini sağlamak ve tüm katılımcılara tüm süreçte yer aldığı, tohum şirketi, tohumları üretir ve tohum çimlenmesinin, kimyasal bileşimin, canlılığın, kalitenin ve şeffaflığın ayrıntılarını kaydeder. Tohum şirketi tarafından satılan tohumlar, Global Ticari Kimlik Numaraları (GTIN) veya belirli bir dünya standartlarına uygun olarak standartlaştırılmış tanımlayıcılar kullanılarak üretilir. Standart tanımlayıcıların kullanılması, tarımsal ürün tedarik zincirinde katılımcı kuruluşlar arasında hem ürünlerin hem de işleme ilgili işlemlerin dijital bağlantı ve izleme potansiyelini sağlamaktadır[174].

⁴⁹ Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

Çiftçi tohum şirketinden tohum satın alır ve mahsulü yetiştirmek için kontratı başlatır. Ekin büyümesinin detayları çiftçi tarafından merkezi olmayan bir dosya sisteminde IPFS aracılığıyla zamanında aralıklarla kaydedilir. Kırpma büyüme görüntüleri zaman damgalı ve dosyanın IPFS karması akıllı sözleşmede saklanır[174].

Çiftçi, depolama sırasında ürünlerdeki değişikliklere neden olan sıcaklık, nem ve zaman gibi ilgili faktörleri kontrol ettikten sonra ürünü depolar; ısı ve nem gibi kalite bozulmasına yol açacak ürünler daha sonra işlem görmek üzere, öncelikle kalitesini analiz etmek ve son olarak nihai ürünün hazırlanması için imalatçı tarafından satın alınır[177, 178].

Dağıtıcı, ürünleri potansiyel alıcılara göndermek için bitmiş ürünü imalatçıdan satın alır. Dağıtıcı büyük miktarlarda ürün biriktirdikleri için potansiyel gıda ürünleri alıcıları için doğrudan temas noktası haline gelir[179]. Bu noktadan sonra dağıtıcı ürünleri satıcıya satar. Genellikle bir perakendeci, bir dağıtıcıdan veya toptancıdan küçük miktarlarda bir ürün satın alır ve ürünleri doğrudan müşterilere satar. Akıllı sözleşme özelliklerini ve işlevlerini ve katılımcı kuruluşlarla akıllı sözleşme arasındaki ilişkiyi gösteren varlık-ilişki şematiği oluşturulmuştur.[174].(Şekil 3.13.)



Şekil 3.13. Tedarik Zincirinde Akıllı Sözleşme ile Katılımcılar Arasındaki İlişki⁵⁰

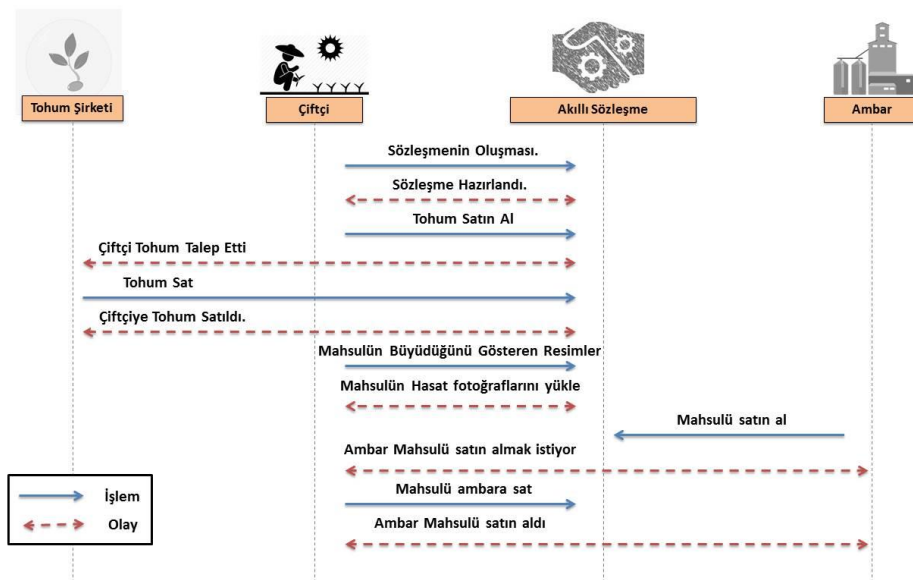
⁵⁰ Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 yazar tarafından uyarlanarak hazırlanmıştır.

3.4.4. Akıllı Sözleşme Üzerindeki İşlem Akışı

Sisteme katılan her katılımcıların Block zincir üzerinde bir adresi vardır ve akıllı sözleşme dahilindeki işlevleri bu adres üzerinden katılırlar. Bu adreslerde her kullanıcının kendine ait bilgileri yer almakta olup güvenlik açısından korumalıdır.

Şekil 3.11.'de bir çiftçinin akıllı bir sözleşme yarattığı bir senaryo için dizi akışını gösterir. Çiftçi ve tohum şirketi arasındaki çevrimdışı anlaşmanın ardından, çiftçi tohum şirketinden tohum satın alır ve tüm aktif katılımcılara (yani, çiftçi ve tohum şirketi) erişilebilir hale getirilir. Tohum şirketi, talep edilen ürün ve miktarıyla ilgili işlevini yürütmektedir[174].

Çiftçi tarafından alınan tohumun büyüme detayları IOT teknolojisi tarafından düzenli zaman noktalarında IPFS üzerinden dosya sistemine güncellenir ve IOT mahsulün görüntüsünü IPFS'ye kaydederek IPFS karmasını akıllı sözleşmede saklar. Mahsul yetiştirme güncelleme işlemi, hasat aşamasına kadar devam eder, mahsulün görüntüsü sık aralıklarla kaydedilmektedir[174].



Şekil 3.14. Çiftçinin diğer katılımcılar arasındaki akıllı sözleşme mesaj diyagramı⁵¹

Mahsulün büyümesini gösteren görüntüler kaydedilir. Bir görüntü IPFS'ye her yüklendiğinde, akıllı sözleşmedeki tüm aktif kullanıcılar arasında yayınlanır.

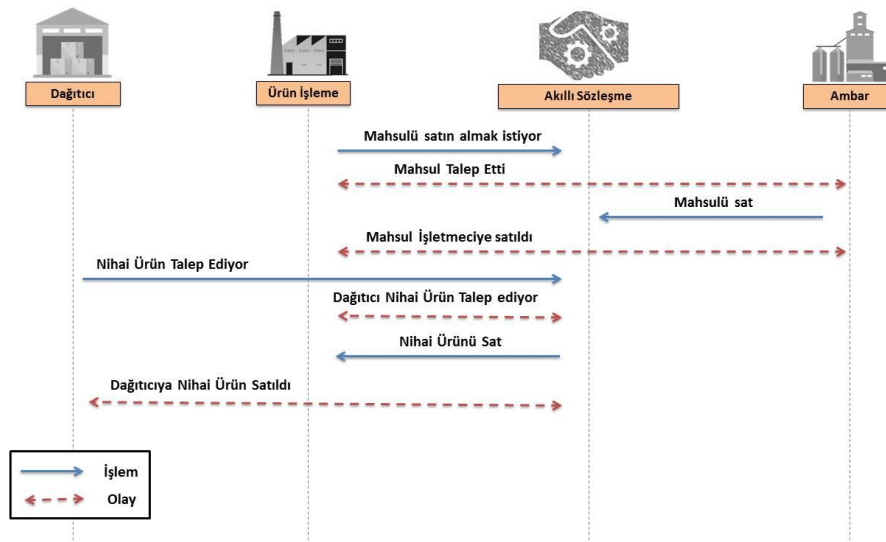
⁵¹ Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 uyarlanarak hazırlanmıştır.

Sonrasında, mahsul hasat edildiğinde, çiftçi ile depolama arasında üretilen mahsulün depolanması için bir çevrimdışı anlaşma söz konusudur. Çiftçiye, depolanan ürünün rutubeti, nemi, ağırlığı ve depolanma süresi hakkında detaylı bilgiler verilir. Çiftçi bu bilgilere doğrular ve ürünün depolanması için ürünleri satarak işlem akışını tamamlamaktadır[174]. (Şekil 3.14)

Mahsulü sat işlevi ile birlikte, İmalatçı mahsulü akıllı sözleşme üzerinden talep eder depo tarafından mahsulü sat komutu ile birlikte, talep edilen ürün ve miktarıyla ilgili işlemin parametreleri belirlenerek işleme ilişkili olan depo tarafından onaylanarak satış işlemi yürütülür. Satılan mahsul imalatçı tarafından nihai ürün olarak işlemde yerini almaktadır.

Dağıtıcı daha sonra imalatçıdan nihai ürünleri almak için akıllı sözleşme üzerinden talep yollar. Sonraki işlem Dağıtıcı nihai ürün satması için akıllı sözleşme üzerinden imalatçıya çağrı yapar. Dağıtıcı tarafından ürünün türü ve miktar işlemleri üzerinden parametreleri belirlenerek imalatçı tarafından onaylanarak işlem akışını tamamlanmaktadır.

(Şekil 3.15.)

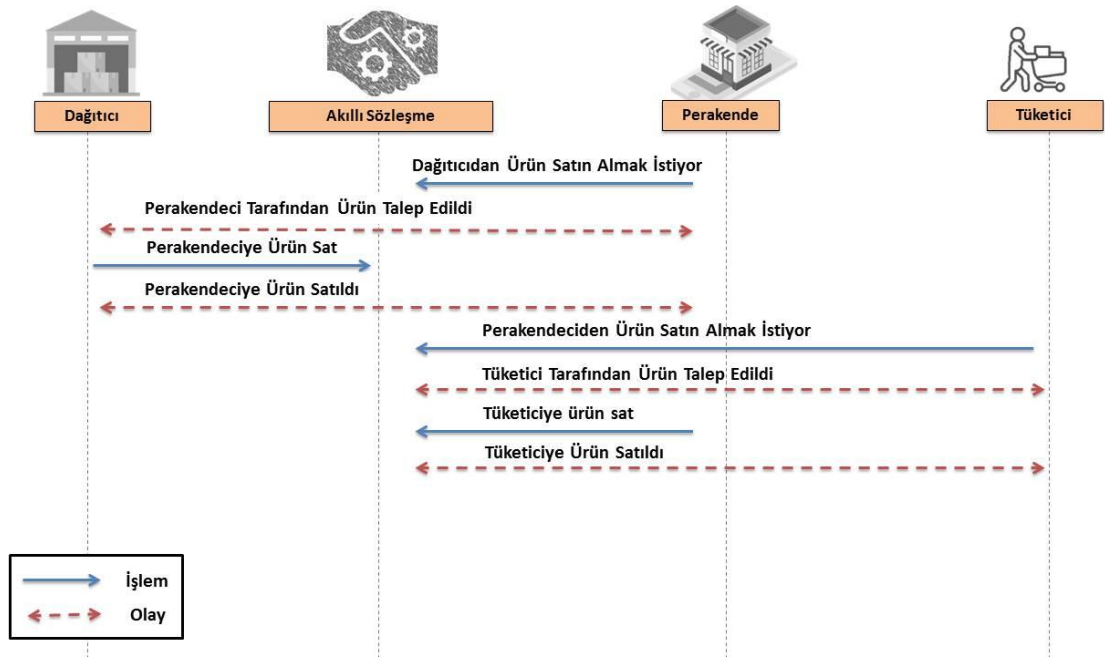


Şekil 3.15. İmalatçı, Depocu ve Dağıtıcının akıllı sözleşmeyle işbirliği yaptığı mesaj dizisi diyagramı⁵².

⁵² Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 uyarlanarak hazırlanmıştır.

Dağıtıcıdan ürünleri satın almak üzere akıllı sözleşme üzerinden perakendeci talepte bulunur. Talep dağıtıcı tarafından uygun bulunması durumunda akıllı sözleşme üzerinden cevap göndererek işlemin gerçekleşmesi için çağrıda bulunur. Bu çağrı neticesinde dağıtıcı tarafından perakendeciye ürün satımı gerçekleştirilebilir. Sistemin son ayağı olarak perakendeci tarafından tüketiciye ürünün satılması ve perakendeci akıllı sözleşme üzerinden talep edilen ürünü müşteriye yani tüketiciye satışını gerçekleştirmektedir. Akıllı sözleşme tüketiciye ürün satıldı komutu ile işlemin tamamlandığını katılımcıların tamamına blok zincir uygulaması üzerinden bildirmektedir.(Şekil 3.16.)

Üretilen ürünün son basamağı olan tüketici üretilen ürünün her basamağını blok zincir üzerinden takip ederek, ürünün kimlik bilgilerine ulaşabilmektedir.



Şekil 3.16. Dağıtıcının, perakendecinin ve Tüketicinin akıllı sözleşmeyle işbirliği yaptığı mesaj dizisi diyagramı⁵³

Üretilen mahsulün akıllı sözleşme aracılığı ile üreticiden tüketiciye kadar sunmuş olduğu bilgi akışının şematik olarak gösterimi açıklanmıştır.

⁵³ Kaynak: Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 2019. 7: p. 73295-73305 uyarlanarak hazırlanmıştır.

3.5. Yeni Tarımsal Model

Akıllı tarım, mevcut tarımsal kalkınmanın kaçınılmaz eğilimidir. Endüstri 4.0 ile birlikte akıllı tarıma dayalı Büyük Verinin Yönetimi, IOT, Bulut Bilişim, Blokzincir, 3S Teknolojisi, vb tarım dönüşümü için büyük bir fırsattır.

Geliştirilen bu sistemler tarımsal üretimin her aşamasında ihtiyaçlara cevap verecek niteliktedir. Ürünün yetiştirilmeye başlanmasından hasat edilip tüketiciye ulaştırılmasına kadar devam eden süreç içerisinde birçok farklı uygulamaya konu olmaktadır. Aynı zamanda kaliteli ve güvenli tarım ürünlerine olan talep bu tür akıllı sistemlerin geliştirilmesine ve kullanımına imkan vermektedir.[69]

Bu kapsamda, tarımsal üretimi, tarımın sürdürülebilir kalkınmasını gerçekleştirerek, tarım maliyetini ve enerji tüketimini en büyük ölçüde azaltabilen, hassas tarım yöntemi, görselleştirilmiş yönetim ve akıllı karar verme ile sağlayabilir.

Bu çalışma beş katmandan oluşan bir sistem önerisi içermektedir;

- Çok yönlü algılama katmanı
- Güvenilir iletim katmanı
- Akıllı işlem katmanı
- Akıllı uygulama katmanı
- Destekleyici ortam katmanı

3.5.1.Çok Yönlü Algılama Katmanı

Çok yönlü algılama katmanı, akıllı tarımın temel katmanı ve akıllı veri edinmenin anahtarıdır. Algılama katmanı, ilgili tarımsal bilgilerin çok yönlü algılanmasını sağlamak için çeşitli algılama, ölçme ve yakalama cihazları ve sistemleri kullanarak nesnelerin bilgisini her zaman ve her yerde yakalamaktır. Bu katman temel işaretlerden (radyo frekansı tanımlama cihazları, iki boyutlu kod vb.), Kamera, GPS, sensörler ve algılama ağından oluşur. Bu katmanın temel teknolojileri arasında elektronik radyo frekansı, yeni sensörler ve kablosuz ağ teknolojileri bulunurken, bu katmanda yer alan temel ürünler arasında sensörler, radyo frekansı tanımlama cihazları, sensör düğümü, kablosuz yönlendirici ve kablosuz ağ geçidi vb. teknolojiler yer almaktadır[180] .

3.5.2. Güvenilir İletim Katmanı

İletim katmanı, tarımsal büyük verilerin güvenilir bir şekilde iletilmesini sağlamak için akıllıca toplanan verileri telekomünikasyon ağları ve internet bağlantısı yoluyla doğru ve zamanında iletmektir. İletim ağı genel ağlardan ve özel ağlardan oluşur. Tipik kamu ağları arasında telekomünikasyon ağı, TV ağı, internet ve özel amaçlı ağ bulunur. Erişim ağları, fiber optik erişim, kablosuz erişim, Ethernet erişimi, uydu erişimi ve diğer erişim yollarını içerir ve alt algılama katmanına bağlantıyı gerçekleştirir. İletim katmanındaki bilgi iletiminin güvenilirliğini sağlamak için birincisi, iletişim olmadığında düğümlerin hareketsiz bir durumda olmasını sağlamak için ağ düğümlerinin iletişim mekanizmasını makul bir şekilde tasarlamaktır, düğüm sayısını azaltmak için; ikincisi, ağ düğümlerinin iletim mekanizmasını makul bir şekilde tasarlamak ve belirli uygulama alanları için farklı ağ mekanizması tasarlamak, düğümlerle enerji tüketimini azaltmaktır; üçüncüsü, tüm ağ iletişiminin güvenilirliğini artırmak için hizmet türlerine uygun olarak düğümlerin iletişim kalitesini artırır.[180]

3.5.3. Akıllı İşlem Katmanı

Akıllı tarımı inşa etmenin anahtarı yazılım veya donanım değil, verilerdir. Akıllı işleme katmanı, her türlü akıllı bilgi işlem teknolojilerini kullanarak bilginin akıllıca işlenmesini ve kontrolünü gerçekleştirmek için bir tarımsal veri ve bilgi denizini düzenlemek, işlemek ve analiz etmektir.

Bu katman temel olarak veri yönetimi ve hizmet platformunu ve CBS tabanlı akıllı tarım bulut platformunu içerir. CBS'ye dayalı veri yönetimi ve hizmet platformu temel olarak iki yönü içerir: veri entegrasyonu yönetimi ve veri bilgi servisi. Veri entegrasyonu yönetimi, mekânsal veri tabanı, öznitelik veri tabanı, görüntü veri tabanı, tematik veri tabanı gibi teknolojilerinin desteğiyle akıllı tarımı oluşturan veri tabanı sistemlerini sınıflandırmak ve yönetmek anlamına gelmektedir.

Veri entegrasyon yönetimine dayanan bu katman, akıllı bilgi işlem teknolojilerini bulut bilgi işlem teknolojilerini kullanarak ve paylaşım ve hizmet platformu aracılığıyla operasyon yönetimi, karar destek ve servis sistemi için bilgi ve hesaplama hizmeti sağlamaktadır.

CBS tabanlı akıllı tarım bulut platformu, CBS, bulut bilişim ve SOA (Hizmet Odaklı Mimari) tabanlı bir paylaşım servis merkezidir. Platform, tüm tarım için bilgi yönetimi, süreç yönetimi, uygulama talebi ve yanıtı ve uygulama hizmetini gerçekleştiren, akıllı

tarımın işletme yönetimi ve hizmet sistemi ve karar destek ve hizmet sistemi olan teknik ve bilgi hizmeti sunmaktadır. Bulut tabanlı altyapı, bilgi işlem ve geniş depolama kapasitesi sağlayarak otomasyon ve sanallaştırma teknolojilerini kullanıcılara tıpkı su ve elektrik hizmeti gibi bilişim teknolojisinin hizmetlerini sunmaktadır. Bulut bilişim, kullanıcılara daha fazla uygulama geliştirme için internet tabanlı bir ortam sağlamaktadır. Veri madenciliği çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgileri birleştirilip paylaşabilmektedir. Bu gelişmeler, tarımın gelişimi için önemli birer adım olarak değerlendirilmektedir[181] [182] [183].

3.5.4. Akıllı Uygulama Katmanı

Akıllı uygulama katmanı, bilgi ve profesyonel teknolojilerin derin entegrasyonu ile akıllı uygulama türlerini getiren kullanıcı odaklı bir katmandır. Bilgisayar, televizyon, bilgi makinesi ve cep telefonunun avantajları ile devletin ve kurumların yönetim ve kararlarının, şirketlerin hizmetlerinin ve köylülerin üretim faaliyetlerinin bilgilendirilmesi için güçlü bir destek verebilir ve böylece üretim öncesi uygun planlamayı sağlayabilmektedir[180].

3.5.5. Destekleyici Ortam Katmanı

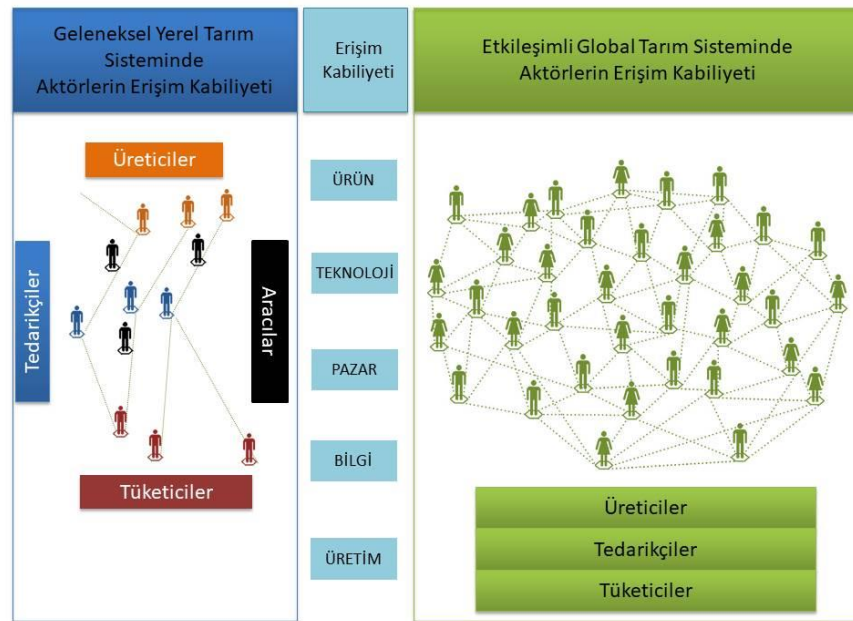
Akıllı tarımın uygulanması sırasında, bilişim inşaatında koordinasyon eksikliği, izole bilgi adası, bilgi gecikmesi, organizasyon için uzmanlaşmış kurumlar, koordinasyon ve operasyonel bakım gibi eski sorunlardan kaçınmak için kurulmalıdır. Hükümet, uygun yazılım, donanım ve ağ ortamı tahsis etmeli ve akıllı tarımın uygulanmasını ve başarılarının çok yönlü bir şekilde uygulanmasını destekleyecek kapsamlı veri paylaşım ve güncelleme mekanizması oluşturmalıdır. Destekleyici ortam katmanı esas olarak işletme ve bakım yönetim sistemi, güvenlik sistemi, politika ve düzenleme sistemi ve teknik standart sistemi içermektedir.[180]

BÖLÜM 4

SONUÇ

Bilgi erişimi ve veri kullanımı açısından teknolojiye yaşanan gelişmeler, nesnelerin interneti ve kablosuz ağ alt yapısına sahip olan cihazları birbirlerine bağlanması sonucu sınırsız bir erişim olanağı sunmaktadır. Tarımsal üretime etki eden verilerin sayısallaştırılması, verilerin bilgi tabanına dayalı sistem üzerinden üretim sürecinin ve tüm girdilerinin detaylarıyla dijital olarak belgelenmesi için bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılmaktadır.

Üretimde, bilgiye erişim ve kullanma noktasında, bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılması, bilginin serbest dolaşımını, insanların ve robotların bilgiye sahip olma ve bilginin hareketini özgürleştirerek küresel boyutta erişimine imkan sağlayarak geleneksel sistemin evrilmesine yol açmaktadır. Tarım sistemlerinde yenileşimin etkisi etkileşimli global tarım sistemine geçişe olanak sağlayacaktır. (Şekil4.1.)



Şekil 4.1. Geleneksel Tarım Sisteminden Etkileşimli Global Tarım Sistemine Geçiş

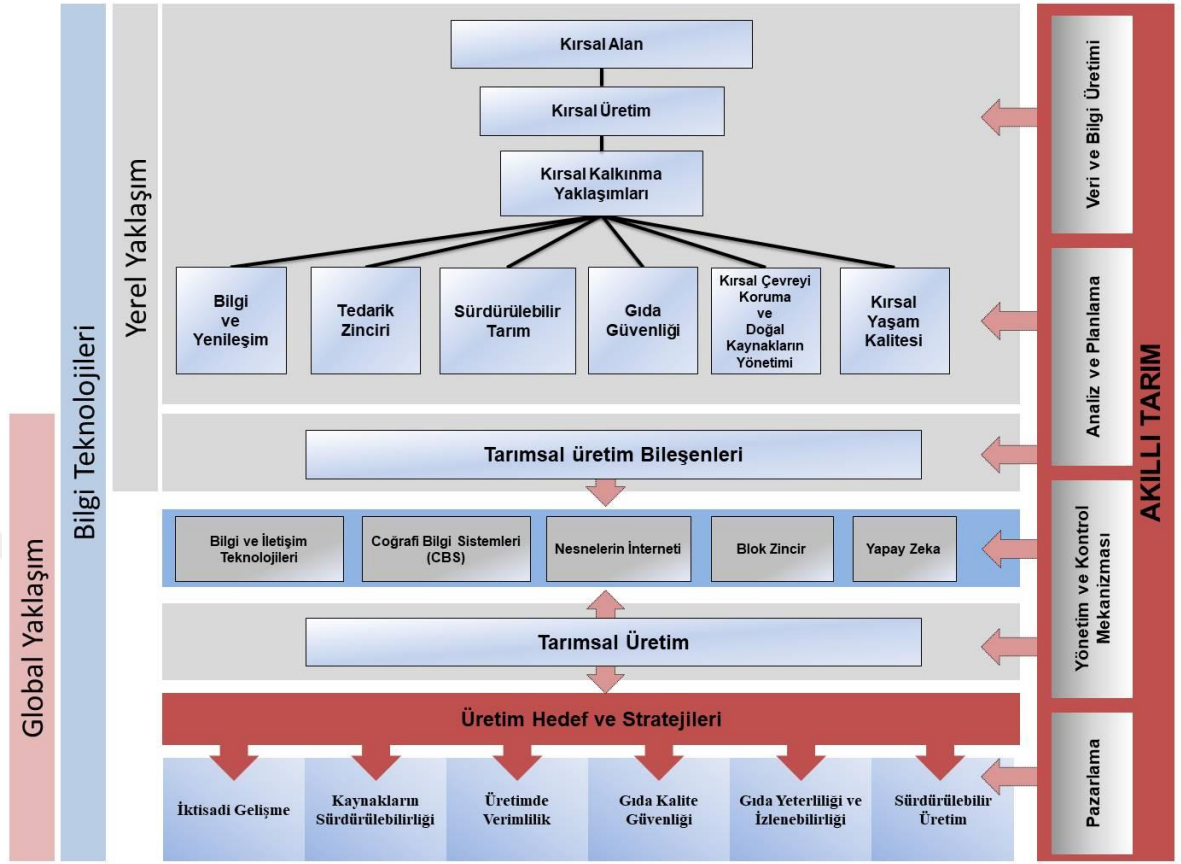
Kırsal kalkınma yaklaşımları; küresel değer zinciri, tedarik zinciri, bilgi ve iletişim teknolojileri, gıda güvenliği, gelişmiş lojistik ve tarımsal yenileşim olguları üzerinden gelişim sürecine yönelmiştir. Bu yönelim üretici gelirlerini yükseltmek, kırsal nüfusu yerelde tutmak, tüketicileri bilgilendirmek, tarımsal üretimin çeşitliliğini teşvik etmek ve prestijli ürünlerin gelişmesini ve korunmasını sağlamak, tüketiciye sağlıklı ve kaliteli ürün sunmak amaçları ile tedarik zincirinde ürünlerin güvenliğini sağlayan kalite yönetim aracı olarak görev yapan etkili bir erişilebilir, izlenebilir ve uygulanabilir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu kapsamdaki teknolojik gelişmeler; nesnelerin interneti, blok zincir, büyük veri, edge ve bulut bilişim, robotik, insan-makine etkileşimi, yapay zeka, coğrafi bilgi sistemleri ve açık kaynaklı yazılımlardır. Bilgi ve iletişim teknolojileri ile oluşturulacak ağdaki varlıklar birbirleriyle özerk bir şekilde çalışmak ve ortak hedefe ulaşmak için akıllı cihazlar gibi iletişim kurmayı ve karar vermeyi sağlamaktadır.

Akıllı tarım, tarımsal üretime yönelik verileri ve uygulamaları optimize etmek için, güncellenebilen bilgilerin hızla analiz edildiği, kaynaklardan maksimum düzeyde faydalanılan, kullanıcılar tarafından eyleme geçirilebilir kararların uygulandığı gelişmiş üretim yönetim yaklaşımıdır.

Tarımsal üretime yönelik verilerinden artı değer elde etme potansiyeli bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla sağlanabilir. Elde edilen bilgi, merkezi olmayan güvenilir bir veri kaynağı sayesinde, tarımsal üretim sürecinin aktörleri tarafından paylaşımı gerçekleştirilerek kırsal alanlarda üretim verimliliğini arttırmaya yönelik uygulamalar geliştirmesine olanak sağlayacaktır.

Kırsal alanlar, kırsal kalkınma yaklaşımları üzerinden belirlenen çıkarımlardan başlayarak, bilgi ve iletişim teknolojilerinin tarımsal üretim bileşenleri ile etkileşimleri sonucu, önerilen akıllı tarım sisteminin, tarımsal üretim yönünde hedef ve stratejiler ile kırsal alanların kalkınmasına etki edecek çıkarımlar elde edilmiştir.(Şekil 4.2.)



Şekil 4.2. Kırsal Alanların Bilgi Teknolojileri İle Etkileşimi Sonucu Kalkınmada Yerelden Globale Geçiş.

Tarımsal üretimi verilerinin bilgi ve iletişim teknolojileri üzerinden yürütülmesi aşağıdaki faydalarla sonuçlanabileceği belirlenmiştir;

- Sahada özel bilgilerin hızlı ve güvenilir şekilde hazırlanması.(Veriye erişim)
- Oluşturulan bilgi sistemi ile toplanan veri setindeki yinelenen/tekrarlanan veri miktarını azaltmak. (Verinin sadeleştirilmesi)
- Yapay zeka desteği ile dinamik olarak üretim süreci için durum tespiti ve çözüm önerileri yapılarak, eyleme geçirilebilir kararların geliştirilmesi.(Verinin bilgiye dönüşümü)
- Alan/parsel düzeyinde konumsal değerlerin doğrulanması ve üretiminin geliştirilmesi.(Verilerin doğrulanması)

- Alan/parsel düzeyinde karmaşık sorunlar için güvenilir, veri destekli cevaplar ile çözümler üretmek.(Kullanım algoritmalarının belirlenmesi)
- Elde edilen yeni analizler ve keşifler sonucunda tarımsal üretimin geliştirilmesi konusunda yapılacak çalışmalara katkı sağlama.
- Alan kullanımı sonucu belirlenen tarımsal alanlara uygun olan sertifikalı tohumlarla üretim sürecinin merkezi olmayan ağ yapısı üzerinden işleme alınarak üretimden tüketim sürecine kadar olan üretim döngüsünün şeffaf bir şekilde yürütülmesinin sağlanması.
- Üretim sürecine ait verilerden oluşan bilgi ağı, üretim sürecine doğrudan etki eden kullanıcılar ile tüketiciler arasındaki ürün gelişim sürecine ait bilgi akışı sayesinde, gıda kalite güvenliğinin takibinin sağlanması.
- Tarımsal üretim aktörleri arasında oluşturulan bilgi ağının ve akıllı sözleşmelerin sağladığı bilgi ve ürün akışının şeffaf ve güvenilir bir şekilde aktarımı sağlanarak tarımsal verimlilik ve rekabet gücünün artırılması.
- Veri güvenliğinin sağlanması.
- Tarımsal verimliliği artırma, iktisadi riski azaltma ve fırsatları belirleme.
- Pazardaki aktörlerin yerel ve küresel pazarlara erişiminin artması ile tarımsal üretim alanlarının kalkınmasına aynı zamanda tarımda sürdürülebilir gelişimin değer kazanmasına olanak sağlanması.
- Sürdürülebilir tarım ilkesinin etkisiyle, sınırlı toprak ve su kaynaklarının etkin kullanılması.
- Yerel özelliklerin global pazarlarda takibinin gerçekleştirilmesi.
- Bilgiyi işleyen yönetim sistemleri, olası kararların yeterliliğini tahmin eder, yönetimdeki belirsizliği azaltır ve üreticilere en iyi olası kararların seçimi ve değerlendirilmesinde yardımcı olur.
- Kontrol Mekanizması, dinamik bir biçimde değişen hava koşullarını, teknolojilerin ürettiği saha verilerini, arazideki genel tarımsal üretim sürecindeki

değişimleri değerlendirerek üretici ve diğer aktörlere değişkenlerini seçebileceği bir olasılık sunarak karar verme yetisini güçlendirir.

- Bilgi sistemleri, tedarik zincirinde yer alacak olan ürüne ait bilgileri toplamada, elde etmede ve erişmede, depolamada ve iletişimde önemli bir rol üstlenerek ürününün geçmişine ve üretim sürecinde uygulanan yöntemlerin kayıtları sayesinde gıda güvenliği ve gıda kirliliği riski hakkında tüketicilerin bilgiye ulaşımını sağlamak.
- Yapay zeka teknikleri; arazi kullanım tarımsal ürünlerin sınıflandırılması ve verim tahmini, bitki hastalık, zararlı ve yabancı otlarının tespiti, sulama yönetimi, üretimde enerji tüketimi, ürün rotasyonunun belirlenmesi, en uygun gübre ve alet-makine seçimi gibi konularda üreticilere alternatif çözümler üreterek yönetim sürecinde etkili olacak modeli belirler.

Kırsal alanların gelişiminin izlenmesi ve arazi örtüsü/kullanımının haritalamasında coğrafi veri ve veri izleme sistemlerinin avantajları;

Coğrafi verilerin kullanımının avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Bilgi Sistemleri aynı anda birden fazla ortamda yürütülerek ve çok sayıdaki kullanıcının birlikte çalışmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kullanıcılar birbirleriyle sürekli iletişim halinde olması yapılandırılmış merkezi olmayan ağ altyapısı ile bu iletişimin veri transferi ile gerçekleştirilmesini sağlayarak verileri paylaşılabilir ve kullanılabilir hale getirerek, farklı platformlardan veri girişi ve güncellemeleri gerçekleştirilebilir.

Veri izleme yönteminin kullanımının avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Ürün tipi (mısır,buğday,vb.), biçimi (özellikle yaprakları) ve rengi, elde edilen görüntüler ile arazide ürünle kaplanan alanı etkileyen ve aynı zamanda renk değişimlerine (mevsimsel vb.) de neden olan ürün gelişme evreleri, toprak, gübre ve su içeriği hakkında bilgi elde edilmesini sağlamaktadır.
- Tarımsal ürün dışında alanda görülen toprağın rengi, yüzey pürüzlülüğü vb. ile topraktaki geçici su miktarı ile ürünler arasındaki açıklık/boşluk (bitki

örtüsünün toprağa oranını etkilemekte), tarlanın biçimi, atmosferik koşullar, ölçümlerin yapıldığı tarih/saat bilgisi dahil olmak üzere bilgi sistemi üzerine detaylı olarak işlenmesi ve sistem üzerinden sürecin takibini sağlamaktadır.

Nesnelerin interneti teknolojisinin tarımsal üretim sistemine bağlı olarak kurulması ve uygulanması, tarım ürünlerini gerçek zamanlı izleyerek takibini ve denetimini sağlayarak tüketicilerin güvenli gıda talebinin karşılanmasına olanak sağlamaktadır.

Blok zincir ve Nesnelerin interneti arasındaki etkileşim noktasında;

Blok zincir tedarik zinciri üzerindeki aktörler arasındaki bilgi akışının akıllı sözleşmeler üzerinden otomatikleştirerek sürecin güvenli bir şekilde etkileşimine olanak sağlamaktadır. Nesnelerin interneti ise tarımsal üretim alanları ile oluşturmuş olduğu fiziksel bağlantı ile verilerin elde edilmesinde temas noktalarıdır.

Tarımsal üretim sürecinde bir araya gelen teknolojilerin iş akışını zamansal ve benzersiz yollarla doğrulama yeteneği ile verimlilik odaklı geleceğe yönelik düşünme ve karar verme olgusu ile kırsal alanların yeniden evrilmesine olanak sağlayacak bir yenileşim sistemi olarak düşünülmeli ve bu yönde gelişme ve yenileşim oluşturulmalıdır.

Kırsal alanların kalkınması, tarımsal üretim kaynaklarının üretimde verimlilik noktasında sürdürülebilirliğinin desteklenerek, iktisadi gelişme eğiliminin yerel boyuttan küresel boyuta yönelimi sonucu global pazarla etkileşimi sermayenin kırsala yönlendirilmesi ve aktarılması sürecini tetikleyecektir.

Tarımsal üretim sürecinde, blok zincir kullanılarak üreticiden(çiftlikten)-tüketiciye(markete) ulaşan ürün yolculuğu hakkında halka açık erişilebilir bilgileri sağlayarak, tüketicilere güven ve kontrol hissi verir. Sektörde yer alan bütün üreticilere çok uluslu büyük şirketler gibi benzer verilere erişmesini sağlayarak, piyasada rekabeti ve pazarlamayı geliştirerek üreticilerin eşit şartlar altında rekabetini sağlayarak tüketicilerin uygun fiyatlardan kaliteli ürün tüketimine imkan sağlar. Tedarik zincirinde ürün akışına müdahale eden araç ve araçları ortadan kaldırarak üreticilerin emeğinin karşılığı olan iktisadi doygunluğa erişimini sağlayarak zincirin en değerli aktörü olan üreticinin kalkınmasını ve yaşam kalitesinin artmasını sağlar.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin, kablosuz ağ alt yapısına sahip olan tüm cihazlar üzerinden veri aktarımına olanak sunduğu bir dönem yaşanmaktadır. Verinin, üretimden başlayan ve tüketim sürecinin sonuna kadar elde edilen büyük verilerin akıllı sistemler ve yapay zeka ile bilgiye dönüştürülmesi ve yönetilmesi, geleceğe yön verecek olan yenileşim hareketinin yaratacağı bir tarımsal üretim sistemidir.

Bilgi sisteminde elde edilen güncellenebilir algısal verilerin analizi ve karar verme yönteminde yapay zeka kullanımının gerekliliği, avantajları ve çıkarımları;

- Modern yapay zekâ uygulamaları ve sistemleri, yaygın ve ulaşılabilir sistemler, yerel sistemler ve büyük ölçekte paralel ve dağıtımli bilişim sistemleri gibi çeşitli bilgi ağları üzerinde çalıştırılabilmektedirler.
- Yapay zeka, üretim ile ilgili veya ilişkili, en iyi veri kaynağını seçme, veri ve uygulama işleme, en uygun sunucuyu seçme ve büyük verilerin işlem ortamlarında veri yönetimini sağlamada en iyi çözümleri bulma noktasında izlenebilir bilgi transferini kolaylaştırmaktadır.
- Üretimde verimliliğin sürdürülebilir olarak artırılabilmesi; geçmiş ile geleceğin değerlendirilmesi ile sağlanacaktır. Tarımda mevcut bilgi ve tecrübelerin gerçek zamanlı elde edilen veri ile oluşturulacak çeşitli katmanlar arası belirtilen görevleri yerine getirmeleri bakımından otonom, bilginin keşfedilmesi ve yönetimi, öğrenme ve akıl yürütme uygulamalarında yararlanılarak karar alma noktasında karmaşık ve yapıcı bir görev üstlenmesi ile sağlanabilir.
- Yapay zeka uygulamaları en önemli avantajlarından biri, çoklu akıllı sistemlerin bileşen ortam verilerini algılamaları, mevcut durumu belirlemeleri ve buna göre belirtilen görevleri yerine getirmeleri bilgiye hızlı ve güvenilir şekilde erişimi sağlamaktadır.
- Büyük verilerden elde ettiği çıkarım ile durum tespiti ve saha ekipmanlarının ters kontrolünün sağlayarak üretim sürecinin takibini kolaylaştırmaktadır.

- Üretim ile ilişkisi olmayan verilerin işlenmesi izin vermeyerek, sistem veya uygulamanın performansında düşüklüğe sebebiyet verecek gereksiz bilgilerin kontrolünü gerçekleştirir.
- Mümkün olan tüm çözümler içinden en iyi sonucu bulmak yapay zeka tabanlı sistemlerin avantajlarıdır.
- Yapay zekâ uygulamaları, tedarik zincirindeki karmaşık problemleri çözmek için diğer teknolojiler ve sistemlerle iş birliği yaparak, oluşturduğu planlama stratejileri ile önceden belirlenmiş amaçlara ulaşmak için, mevcut girdiyi alıp farklı mantık ve kural tabanlı algoritmalar uygulayarak tarımsal üretimde sürdürülebilirliği ve tedarik zincirinin dayanıklılığını artırır.

Bu sistemin oluşturularak uygulanabilmesi için tedarik zinciri, blok zincir, bilgi ve iletişim teknolojileri, kırsal kalkınma, yapay zeka, coğrafi bilgi sistemleri, tarımsal üretim sistemleri, yazılım mühendisliği gibi çeşitli alanların uzmanları arasında çok disiplinli bir işbirliği gerektirir.

KAYNAKÇA

1. Bakırcı, M., 2007. Türkiye'de kırsal kalkınma: Kavramlar-politikalar-uygulamalar. Nobel Yayın Dağıtım.
2. Öztaş Çörek, Ç., 2017. Büyükşehir Belediyelerinde Kentleşen Kırsal Alanların Planlanma Sorunlarına Yönelik Sürdürülebilir Model Önerisi. Gazi Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi (Danışman: Prof. Dr. Şule Karaaslan), Ankara.
3. Ögdül, H.G., 2010. Urban and rural definitions in regional context: a case study on Turkey. **European Planning Studies**, **18**(9): p. 1519-1541.
4. Champion, T. and G. Hugo, 2004. Introduction: Moving beyond the urban-rural dichotomy. New forms of urbanization: Beyond the urban-rural dichotomy, p. 3-24.
5. Keleş, R., 1980. Kentbilim terimleri sözlüğü. Sevinç basımevi.
6. Karakayacı, Ö., 2018. Bölge Planlamada Kırsal Alanların Önemini Yeniden Keşfetmek: Yeni Bölgecilik Perspektifinde Kuramsal Tartışmalar p. 42-50.
7. Ortiz-Guerrero, C.E., 2013. The new regionalism: policy implications for rural regions. **Cuadernos de desarrollo rural**, **10**(spe70): p. 47-67.
8. Morrison, T.H., 2006. Pursuing rural sustainability at the regional level: Key lessons from the literature on institutions, integration, and the environment. **Journal of Planning Literature**, **21**(2): p. 143-152.
9. Eurostat. 2013 [07.03.2018 - 20.04.2019]; Available from: **https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Urban-rural_typology**.
10. OECD, 2006. The new rural paradigm: Policies and governance. Organisation for Economic Co-operation and Development.
11. Publishing, O., 2014. OECD urban policy reviews, Chile 2014: OECD Publishing.
12. Europe, U.N.E.C.f. and S.O.o.t.E. Communities, 2007. Rural Households' Livelihood and Well-being: Statistics on Rural Development and Agriculture Household Income. United Nations Publications.
13. Teşkilatı, D.P., 1982. Türkiye'de yerleşme merkezlerinin kademelenmesi: ülke yerleşme merkezleri sistemi. Devlet Planlama Teşkilatı Kalkınmada Öncelikli Yörelere Başkanlığı.

14. Ögdül, H., 2010. Kırsal Alan Planlaması Tartışmaları 1999-2009. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
15. Teşkilatı, D.P., 1996. Yedinci beş yıllık kalkınma planı 1996-2000.
16. Bakanlığı, K., 2013. Onuncu kalkınma planı 2014-2018.
17. Abdollahzade, D.G., et al., 2012. Spatial Patterns of Agricultural Development: Application of the Composite Index Approach (A Case Study of Fars Province).
18. Ellis, F. and S. Biggs, 2001. Evolving themes in rural development 1950s-2000s. **Development policy review**, **19**(4): p. 437-448.
19. Giray, F.H., A. Akın, and S. Gün, 2004. Kırsal Kalkınmada Yeni Perspektifler. Türkiye VI. Tarım Ekonomisi Kongresi, p. 161-168.
20. Union, E. Cork 2.0 Declaration "A Better Life in Rural Areas". 2016 [cited 2020 11]; Available from: https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/cork-declaration_en.pdf.
21. Enrd. Leader/Clld. 2018; Available from: https://enrd.ec.europa.eu/leader-clld_en.
22. EurupeanRuralManifesto, 2015.
23. Kocur-Bera, K., 2019. Data compatibility between the Land and Building Cadaster (LBC) and the Land Parcel Identification System (LPIS) in the context of area-based payments: A case study in the Polish Region of Warmia and Mazury. **Land Use Policy**, **80**: p. 370-379.
24. Ertan, A., 2010. Prestijli Tarım Ürünlerinin Pazarlanmasında Kalite Ve Coğrafi İşaret Kavramlarının Tutundurulması Ve Bu Bağlamda Tarım Satış Kooperatiflerinin Önemi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, **12**: p. 157-170.
25. Vakfı, A.T., 2010. 100 Soruda Avrupa Birliği'nin Günlük Hayatımıza Etkileri.
26. Erol, E.M., U.B. Serin, and A. Uzmani, 2015. Küreselleşen Dünyada Tarım Ürünlerinin Arz ve Değer Zincirleri Üzerine Bir Değerlendirme. Uzmanlık Alan Tezi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
27. Demir, K.A., Tarım Taşımacılığının Belediyeler Aracılığıyla Yürütülmesi Üzerine Bir Model Önerisi. **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**. **19**(2): p. 254-267.

28. Ecevit, M.C., N. Karkiner, and A. Bke, 2009. Köy sosyolojisinin daraltılmış kapsamından, tarım-gıda-köylülük ilişkilerine yönelik bazı değerlendirmeler. **Mülkiye Dergisi**, **33**(262): p. 41-61.
29. Wood, E.M. and O. Köymen, 2016. Sermaye imparatorluğu. Yordam Kitap.
30. Turhan, ř., 2005. Tarımda sürdürülebilirlik ve organik tarım. **Tarım Ekonomisi Dergisi**, **11**(1 ve 2): p. 13-24.
31. Derneği, İ.D.v.S.K. 2018. Sürdürülebilir Tarım İlkeleri İyi Uygulamalar Rehberi.; Available from: **http://www.skdturkiye.org/files/yayin/surdurulebilir-tarim-ilkeleri-iyi-uygulamalar-rehberi_4.pdf**.
32. Tutar, H., 2000. Küreselleşme sürecinde işletme yönetimi. Hayat Yayınları.
33. Held, D. and A. McGrew, 2008. Küresel Dönüşümler Büyük Küreselleşme Tartışması, Phoenix Yayınları. Ankara.
34. History, S.S. Industrialisation and Globalisation. 2019, July 12; Available from: **<https://selfstudyhistory.com/2015/01/25/industrialisation-and-globalisation>**.
35. Ekin, N., 1999. Kreselleşme ve Gümrük Birliği. İstanbul Ticaret Odası Yayın. 47: p. 432.
36. Trkoğlu, E., 2015. Kreselleşme ve tarım sektörü: Türkiye rneği.
37. Mentzer, J.T., et al., 2001. Defining supply chain management. **Journal of Business logistics**, **22**(2): p. 1-25.
38. Waters, D., 2003. Development and trends in supply chain management. Global Logistics and Distribution Planning: Strategies for Management. 4th ed. London: Kogan Page, p. 3-21.
39. Chopra, S., P. Meindl, and D.V. Kalra, 2013. Supply chain management: strategy, planning, and operation. Vol. 232. Pearson Boston, MA.
40. Hugos, M., 2003. Essentials of Supply Chain Management John Wiley & Sons. Inc. New Jersey, (s 14).
41. Bilim, S., 2018. Türkiye'nin sanayi devrimi.“Dijital Türkiye” yol haritası. Ankara: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
42. Aksoy, S., 2017. Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. **SAV Katkı**, **4**: p. 34-44.
43. Yi, X., et al., 2014. Building a network highway for big data: architecture and challenges. **IEEE Network**, **28**(4): p. 5-13.

44. Davies, R., 2015. Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth. European Parliamentary Research Service, 1.
45. Shrouf, F., J. Ordieres, and G. Miragliotta. 2014. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. in 2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management.
46. Wu, J., et al., 2018. Information and communications technologies for sustainable development goals: state-of-the-art, needs and perspectives. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, **20**(3): p. 2389-2406.
47. Tian, F. 2016. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. in 2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM). IEEE.
48. Gupta, M., 2017. Blockchain for dummies. Hoboken. John Wiley & Sons, Inc.
49. Nakamoto, S., 2008. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system.
50. Beck, R., et al., 2016. Blockchain—the gateway to trust-free cryptographic transactions..
51. Usta, A. and S. Doğantekin, 2017. Blockchain 101. Kapital Medya Hizmetleri A. fi, p. 98.
52. Bogart, S. and K. Rice, 2015. The blockchain report: welcome to the internet of value. Needham Insights.
53. Britchenko, I., T. Cherniavska, and B. Cherniavskyi, 2018. Blockchain technology into the logistics supply chain implementation effectiveness.
54. [cited 14.05.2020; Available from: **<https://blokzincir.bilgem.tubitak.gov.tr/blok-zincir.html>**.
55. Türkmen, S.Y. and S.E. Durbilmez, 2019. Blockchain Teknolojisi ve Türkiye Finans Sektöründeki Durumu. **Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi**. **4**(1): p. 30-45.
56. Milletler, B., 2018. The Future is Decentralised. 16 Haziran 2019 tarihinde **<https://www.undp.org/content/dam/undp/library/innovation.The-Future-is-Decentralised.pdf>** adresinden erişildi.
57. Hofman, D., et al., 2019. The margin between the edge of the world and infinite possibility. **Records Management Journal**. p. 248.

58. Zikratov, I., et al. 2017. Ensuring data integrity using blockchain technology. in 2017 20th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). 2017.
59. Lemieux, V.L., 2016. Blockchain technology for recordkeeping: Help or hype. Unpublished report.
60. Çarkacioğlu, A., 2016. Kripto-para bitcoin. Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi Araştırma Raporu.
61. Iansiti, M. and K.R. Lakhani, 2017. Do Not Copy or Post..
62. Mohanta, B.K., S.S. Panda, and D. Jena. 2018. An overview of smart contract and use cases in blockchain technology. in 2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). IEEE.
63. Christidis, K. and M. 2016. Devetsikiotis, Blockchains and smart contracts for the internet of things. **Ieee Access**, **4**: p. 2292-2303.
64. Buterin, V., 2014. A next-generation smart contract and decentralized application platform. **White paper**. **3**(37).
65. Bocek, T., et al. 2017. Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. in 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM). IEEE.
66. Söğüt, E. and O.A. 2017. Erdem, Günümüzün vazgeçilmez sistemleri: nesnelerin haberleşmesi ve kullanılan teknolojiler. AB 2017 Akademik Bilişim Konferansları.
67. Cayli, A. and A.S. Mercanli, 2017. The Impact Of Greenhouse Environmental Conditions On The Signal Strength Of Wi-fi Based Sensor Network. 2017.
68. Çaylı, A., et al., 2017. Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, **5**(11): p. 1279-1289.
69. Çaylı, A., 2019. Internet of Things and Agricultural Applications.
70. Çavdar, T. and E. Öztürk, 2018. Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı. **Sakarya University Journal of Science**. **22**(1): p. 39-48.
71. Sarangi, S., J. Umadikar, and S. Kar, 2016. Automation of Agriculture Support Systems using Wisekar: Case study of a crop-disease advisory service. **Computers and electronics in agriculture**, **122**: p. 200-210.
72. Tzounis, A., et al., 2017. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. **Biosystems Engineering**, **164**: p. 31-48.

73. Gökrem, L. and M. Bozuklu, 2016. Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. **Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi**, **13**: p. 47-68.
74. Alpaydin, E., 2020. Introduction to machine learning. MIT press.
75. Terzi, İ., et al. 2019. Tarımda Yapay Zeka Kullanımı. in International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference.
76. Elmas, Ç., 2018. Yapay zeka uygulamaları. Seçkin Yayıncılık.
77. Öztemel, E., 2003. Yapay sinir ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul.
78. Akçetin, E. and U. Çelik, 2015. Karınca Kolonisi Optimizasyonu Sınıflandırma Algoritması Yöntemi İle Telefon Bankacılığında Doğrudan Pazarlama Kampanyası Üzerine Bir Sınıflandırma Analizi. **Journal of Internet Applications & Management/İnternet Uygulamaları ve Yönetimi Dergisi**, **6**(1).
79. Özgüven, M.M., 2018. Hassas Tarım. Akfon Yayınları, Ankara.
80. Panarello, A., et al., 2018. Blockchain and iot integration: A systematic survey. **Sensors**, **18**(8): p. 2575.
81. Ye, D., M. Zhang, and A.V. Vasilakos, 2016. A survey of self-organization mechanisms in multiagent systems. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, **47**(3): p. 441-461.
82. Rizk, Y., M. Awad, and E.W. Tunstel, 2018. Decision making in multiagent systems: A survey. **IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems**, **10**(3): p. 514-529.
83. Salah, K., et al., 2019. Blockchain for AI: review and open research challenges. **IEEE Access**, **7**: p. 10127-10149.
84. ur Rehman, M.H., et al., 2017. Towards next-generation heterogeneous mobile data stream mining applications: Opportunities, challenges, and future research directions. **Journal of Network and Computer Applications**, **79**: p. 1-24.
85. Bottou, L., F.E. Curtis, and J. Nocedal, 2018. Optimization methods for large-scale machine learning. **Siam Review**, **60**(2): p. 223-311.
86. Contreras-Cruz, M.A., J.J. Lopez-Perez, and V. Ayala-Ramirez. 2017. Distributed path planning for multi-robot teams based on Artificial Bee Colony. in IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC). 2017. IEEE.

87. van Zelst, S.J., B.F. van Dongen, and W.M. van der Aalst, 2018. Event stream-based process discovery using abstract representations. **Knowledge and Information Systems**, **54**(2): p. 407-435.
88. Lu, H., et al., 2018. Brain intelligence: go beyond artificial intelligence. **Mobile Networks and Applications**, **23**(2): p. 368-375.
89. Kurtulmus, A.B. and K. Daniel, 2018. Trustless machine learning contracts; evaluating and exchanging machine learning models on the ethereum blockchain. **arXiv preprint arXiv:1802.10185**.
90. Hatem, M., E. Burns, and W. Ruml, 2018. Solving large problems with heuristic search: General-purpose parallel external-memory search. **Journal of Artificial Intelligence Research**. **62**: p. 233-268.
91. Banerjee, S., P.K. Singh, and J. Bajpai, 2018. A comparative study on decision-making capability between human and artificial intelligence, in *Nature Inspired Computing*. Springer. p. 203-210.
92. Strobel, V., E. Castelló Ferrer, and M. Dorigo. 2018. Managing byzantine robots via blockchain technology in a swarm robotics collective decision making scenario. in *Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
93. Magazzeni, D., P. McBurney, and W. Nash, 2017. Validation and verification of smart contracts: A research agenda. **Computer**, **50**(9): p. 50-57.
94. Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
95. Altınbaş, Ü., et al., 2003. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi uygulamalı temel kursu ders notları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Bornova/Izmir.
96. Mierzejowska, A. and M. Źogała, 2018. The characteristics of geographical information systems in terms of their current use. **Journal of water and land development**. **39**(1): p. 101-108.
97. Karataş, İ. and İ. Kirbaş, Özgür ve Açık Kaynak Kod Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi.
98. 14.05.2020]; Available from: <https://koinbulteni.com/dagitilmis-defter-teknolojisi-distributed-ledger-technology->

109. Hunt Jr, E., 2005. Agricultural Remote Sensing with Multispectral Digital Photography Using Unmanned Airborne Vehicles. 2005, ASA-CSSA-SSSA Annual Meetings. CDROM.
110. Baluja, J., et al., 2012. Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). **Irrigation Science**, **30**(6): p. 511-522.
111. Laliberte, A.S., et al., 2010. Acquisition, orthorectification, and object-based classification of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for rangeland monitoring. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, **76**(6): p. 661-672.
112. Zarco-Tejada, P.J., V. González-Dugo, and J.A. Berni, 2012. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera. **Remote sensing of environment**, **117**: p. 322-337.
113. Anderson, K. and K.J. Gaston, 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, **11**(3): p. 138-146.
114. Garcia-Ruiz, F., et al., 2013. Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees. **Computers and Electronics in Agriculture**, **91**: p. 106-115.
115. Herwitz, S., et al., 2004. Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. **Computers and electronics in agriculture**, **44**(1): p. 49-61.
116. IAG, T., 2012. Mapping crop status from an unmanned aerial vehicle for precision agriculture applications. International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, **39**: p. B1.
117. Schuurman, N., GIS: a short introduction. 2004: Blackwell Oxford.
118. Topçu, P., 2012. Tarım arazilerinin korunması ve etkin kullanılmasına yönelik politikalar: uzmanlık tezi. Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
119. (FAO), T.F.a.A.O., 14.07.2019.

120. Ayaz, M., M. Ammad-uddin, and I. Baig, 2017. Wireless sensor's civil applications, prototypes, and future integration possibilities: A review. **IEEE Sensors Journal**, **18**(1): p. 4-30.
121. Lin, J., et al., 2017. A survey on internet of things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. **IEEE Internet of Things Journal**, **4**(5): p. 1125-1142.
122. Shi, X., et al., 2019. State-of-the-art internet of things in protected agriculture. **Sensors**, **19**(8): p. 1833.
123. Elijah, O., et al., 2018. An overview of Internet of things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. **IEEE Internet of Things Journal**, **5**(5): p. 3758-3773.
124. Navulur, S. and M.G. Prasad, 2017. Agricultural management through wireless sensors and internet of things. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, **7**(6): p. 3492.
125. Liu, Y., et al., 2016. EcoSense: A hardware approach to on-demand sensing in the Internet of Things. **IEEE Communications Magazine**, **54**(12): p. 37-43.
126. Sharma, R., S.S. Kamble, and A. Gunasekaran, 2018. Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives. **Computers and Electronics in Agriculture**, **155**: p. 103-120.
127. Srbinovska, M., et al., 2015. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. **Journal of cleaner production**, **88**: p. 297-307.
128. Dinkins, C.P. and C. Jones, 2007. Interpretation of soil test reports for agriculture. Montana State University. MT200702AG New. **7**(07).
129. Ayaz, M., et al., 2019. Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. **IEEE Access**, **7**: p. 129551-129583.
130. Ice, S., and Glaciers and the Water Cycle, 2019. Ice, Snow, and Glaciers and the Water Cycle..
131. (FAO), T.F.a.A.O., Water for Sustainable Food and Agriculture. 2019.
132. Lavanya, G., C. Rani, and P. Ganeshkumar, 2019. An automated low cost IoT based Fertilizer Intimation System for smart agriculture. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**.

133. Benincasa, P., et al., 2018. Reliability of NDVI derived by high resolution satellite and UAV compared to in-field methods for the evaluation of early crop N status and grain yield in wheat. **Experimental Agriculture**, **54**(4): p. 604-622.
134. Liu, H., X. Wang, and J. Bing-kun, 2018. Study on NDVI optimization of corn variable fertilizer applicator. **INMATEH-Agricultural Engineering**, **56**(3).
135. Shi, J., et al., 2017. GPS real-time precise point positioning for aerial triangulation. **GPS solutions**, **21**(2): p. 405-414.
136. Suradhaniwar, S., et al., 2018. Geo-ICDTs: Principles and Applications in Agriculture, in *Geospatial Technologies in Land Resources Mapping, Monitoring and Management*. Springer. p. 75-99.
137. Kim, S., M. Lee, and C. 2018. Shin, IoT-Based Strawberry Disease Prediction, **System for Smart Farming. Sensors**, **18**(11): p. 4051.
138. Wietzke, A., et al., 2018. Insect pollination as a key factor for strawberry physiology and marketable fruit quality. **Agriculture, ecosystems & environment**, **258**: p. 197-204.
139. Akyildiz, I.F., et al., 2002. Wireless sensor networks: a survey. **Computer networks**, **38**(4): p. 393-422.
140. Rose, K., S. Eldridge, and L. Chapin, 2015. The internet of things: An overview. **The Internet Society (ISOC)**, **80**: p. 1-50.
141. Cox, S., 2002. Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. **Computers and electronics in agriculture**, **36**(2-3): p. 93-111.
142. Li, S., A. Simonian, and B.A. Chin, 2010. Sensors for agriculture and the food industry. **The Electrochemical Society Interface**, **19**(4): p. 41-46.
143. Kong, Q., et al., 2017. Real-time monitoring of water content in sandy soil using shear mode piezoceramic transducers and active sensing—A feasibility study. **Sensors**. **17**(10): p. 2395.
144. Gasso-Tortajada, V., et al., 2010. A novel acoustic sensor approach to classify seeds based on sound absorption spectra. **Sensors**, **10**(11): p. 10027-10039.
145. Murray, S.C., 2018. Optical sensors advancing precision in agricultural production. *Photon. Spectra*, **51**(6): p. 48.

146. Pajares, G., 2011. Advances in sensors applied to agriculture and forestry. Molecular Diversity Preservation International.
147. Molina, I., et al., 2011. Characterizing Olive Grove Canopies by Means of Ground-Based Hemispherical Photography and Spaceborne RADAR Data. **Sensors**, **11**(8): p. 7476-7501.
148. Andújar, D., et al., 2011. Accuracy and feasibility of optoelectronic sensors for weed mapping in wide row crops. **Sensors**, **11**(3): p. 2304-2318.
149. Andujar, D., et al., 2009. Assessment of a ground-based weed mapping system in maize. Precision Agriculture.
150. García-Ramos, F.J., et al., 2012. Analysis of the air flow generated by an air-assisted sprayer equipped with two axial fans using a 3D sonic anemometer. **Sensors**, **12**(6): p. 7598-7613.
151. Cocovi-Solberg, D.J., M. Rosende, and M. Miró, 2014. Automatic kinetic bioaccessibility assay of lead in soil environments using flow-through microdialysis as a front end to electrothermal atomic absorption spectrometry. **Environmental science & technology**, **48**(11): p. 6282-6290.
152. Yunus, M.A.M. and S.C. Mukhopadhyay, 2010. Novel planar electromagnetic sensors for detection of nitrates and contamination in natural water sources. **IEEE Sensors Journal**, **11**(6): p. 1440-1447.
153. Schuster, J.N., M.J. Darr, and R.P. McNaull. 2017. Performance benchmark of yield monitors for mechanical and environmental influences. in 2017 ASABE Annual International Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
154. Kumar, A., et al., 2017. Eddy Covariance Flux Tower: A Promising Technique for Greenhouse Gases Measurement. Eddy Covariance Flux Tower: A Promising Technique for Greenhouse Gases Measurement.
155. Weiss, U. and P. Biber, 2011. Plant detection and mapping for agricultural robots using a 3D LIDAR sensor. **Robotics and autonomous systems**, **59**(5): p. 265-273.
156. Yalew, S.G., et al., 2016. Land suitability analysis for agriculture in the Abbay basin using remote sensing, GIS and AHP techniques. **Modeling Earth Systems and Environment**, **2**(2): p. 101.

157. Qi, Y.J., W.L. Ji, and Q. Li. 2013. Analysis and design of monitoring system in coal mine based on Internet of Things. in *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publ.
158. Wang, H.Z., et al. 2014. Management of big data in the internet of things in agriculture based on cloud computing. in *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publ.
159. Yang, S., Y. Qiu, and B. Shi, 2016. The key technology study on cloud computing platform for ECG monitoring based on regional Internet of Things. *Zhongguo yi liao qi xie za zhi= Chinese journal of medical instrumentation*, **40**(5): p. 341-343.
160. Khan, M.A. and K. Salah, 2018. IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, **82**: p. 395-411.
161. Omohundro, S., 2014. Cryptocurrencies, smart contracts, and artificial intelligence. *AI matters*, **1**(2): p. 19-21.
162. Lin, Y.-P., et al., 2017. Blockchain: The evolutionary next step for ICT e-agriculture. *Environments*, **4**(3): p. 50.
163. Chinaka, M., 2016. Blockchain technology--applications in improving financial inclusion in developing economies: case study for small scale agriculture in Africa. Massachusetts Institute of Technology.
164. Ge, L., et al., 2017. Blockchain for agriculture and food: Findings from the pilot study. Wageningen Economic Research.
165. Underwood, S., 2016. Blockchain beyond bitcoin. *Communications of the ACM*, **59**(11): p. 15-17.
166. Yiannas, F., 2018. A new era of food transparency powered by blockchain. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, **12**(1-2): p. 46-56.
167. Caro, M.P., et al. 2018. Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. in 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany (IOT Tuscany). IEEE.
168. Declaration, R., 1996. Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action.
169. Maksimovic, M., V. Vujovic, and E. Omanovic-Miklicanin. 2015. A Low Cost Internet of Things Solution for Traceability and Monitoring Food Safety During Transportation. in HAICTA.

170. Ryan, J.M., 2017. Guide to Food Safety and Quality During Transportation: Controls, Standards and Practices. Academic Press.
171. Verdouw, C., et al., 2018. A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-food supply chains. **Enterprise information systems**, **12**(7): p. 755-779.
172. Wood, G., 2014. Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. **Ethereum project yellow paper**, **151**(2014): p. 1-32.
173. Yılmaz, E. and E. Bilgin, 2019. Integrated Production-Distribution and Reverse Logistics Planning for a Multi-Echelon Supply Chain Network/Çok Kademeli Bir Tedarik Zinciri Ağı İçin Üretim-Dağıtım Ve Tersine Lojistik Planlaması. **R&S-Research Studies Anatolia Journal**, **2**(4): p. 55.
174. Salah, K., et al., Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. *IEEE Access*, 2019. **7**: p. 73295-73305.
175. Nizamuddin, N., H.R. Hasan, and K. Salah. 2018. IPFS-blockchain-based authenticity of online publications. in International Conference on Blockchain. Springer.
176. Thakur, M. and K.A.-M. Donnelly, 2010. Modeling traceability information in soybean value chains. **Journal of Food Engineering**, **99**(1): p. 98-105.
177. Thakur, M. and C.R. Hurburgh, 2009. Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain. **Journal of Food Engineering**, **95**(4): p. 617-626.
178. Bazoni, C.H., et al., 2017. Near-infrared spectroscopy as a rapid method for evaluation physicochemical changes of stored soybeans. **Journal of Stored Products Research**, **73**: p. 1-6.
179. Folinas, D., I. Manikas, and B. Manos, 2006. Traceability data management for food chains. **British Food Journal**.
180. Wu, Q., et al. 2017. Research on intelligent acquisition of smart agricultural big data. in 2017 25th International Conference on Geoinformatics. IEEE.
181. Xing, Z., et al., 2012. The construction of agricultural information service system which combines the technology of the internet of things and cloud computing [J]. **Journal of agricultural mechanization research**, **4**.

182. Hori, M., E. Kawashima, and T. Yamazaki, 2010. Application of cloud computing to agriculture and prospects in other fields. **Fujitsu Sci. Tech. J**, **46**(4): p. 446-454.
183. Miao, Y.-s., et al., 2012. Application of smart handheld device in agricultural product traceability system, in Communications and Information Processing. Springer. p. 77-85.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Levent ERDOĞAN

Uyruğu: Türkiye (T.C)

Doğum Yeri: Kayseri

Medeni Durumu: Evli

E-posta: leventerdogan@hotmail.com.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lise	Kayseri Lisesi	2005
Lisans	Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fak. Şehir ve Bölge Planlama	2012
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimleri Enstitüsü – Harita Mühendisliği Anabilim Dalı	2021

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2016- Halen	Tomarza Belediyesi	Şehir Plancısı