



Use of Industry 4.0 Technologies in the Logistics Activities Process in the Agriculture-Food Supply Chain

Muhammed Turgut^{1,a,*}

¹Tarsus Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Mersin, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 21.04.2024 Accepted : 29.05.2024</p> <p>Keywords: Industry 4.0 Agri-Food Supply Chain Agri-Food Logistics Logistics 4.0 Agriculture 4.0</p>	<p>When considered within the scope of logistics, transportation, stocking and storage of these products or raw materials are very important. Loss, damage and casualty rates are quite high in food and agricultural products that require logistics expertise. From this perspective, food-agricultural products should be managed effectively and efficiently in both supply chain processes and logistics processes. The basic principles of effective and efficient management are the establishment of a traceable and transparent structure. The basis for the successful realization of these issues is the concept of technology. In this study, it is aimed to explain industry 4.0 technologies in supply chain activities and logistics activities in the agricultural food sector and to introduce them to the local literature. Within the scope of this purpose, the usage process of Industry 4.0 technologies, which have entered our lives in recent years, in agriculture-food supply chains and logistics activities, is discussed in detail. Addressing the impact of the Industry 4.0 industrial revolution, which seriously affects all sectors, on the agricultural food sector and filling the gap in the literature reveals the importance of the study. In the research part of the study, domestic and foreign literature was scanned in detail. Additionally, the practices implemented by the enterprises were examined and explained with examples. As a result, industry 4.0 technologies significantly affect the agricultural food supply chain and play a key role in the formation of an effective, efficient, transparent and traceable structure in logistics activities.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1968-1980, 2024

Tarım-Gıda Tedarik Zincirinde Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Lojistik Faaliyetler Sürecinde Kullanımı

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 21.04.2024 Kabul : 29.05.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0 Tarım-Gıda Tedarik Zinciri Tarım-Gıda Lojistiği Lojistik 4.0 Tarım 4.0</p>	<p>Lojistik uzmanlık gerektiren gıda tarım ürünlerinde kayıp, hasar ve zayıf oranları oldukça yüksektir. Bu açıdan bakıldığında hem tedarik zinciri süreçlerinde hem de lojistik süreçlerinde gıda-tarım ürünleri etkin ve verimli yönetilmelidir. Etkin ve verimli yönetimin temel esasları ise izlenebilir ve şeffaf bir yapının tesis edilmesidir. Bu hususların başarılı bir şekilde gerçekleşmesinin temelinde ise teknoloji kavramı bulunmaktadır. Bu çalışmada tarım gıda sektöründe tedarik zinciri faaliyetlerinde ve lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinin açıklanması ve yerli literatüre kazandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında son yıllarda hayatımıza giren Endüstri 4.0 teknolojilerinin tarım-gıda tedarik zincirlerinde ve lojistik faaliyetlerinde kullanım süreci detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Tüm sektörleri ciddi etkisi altına alan Endüstri 4.0 sanayi devriminin tarım gıda sektörüne etkisini ele almak ve literatürde yer alan boşluğu doldurmak çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. Çalışmanın araştırma kısmında yerli ve yabancı literatür detaylı bir şekilde taranmıştır. Ayrıca işletmelerin gerçekleştirmiş oldukları uygulamalar incelenerek, örneklerle açıklanmıştır. Sonuç olarak ise endüstri 4.0 teknolojileri tarım gıda tedarik zincirini önemli ölçüde etkilemekte, lojistik faaliyetlerde etkin, verimli, şeffaf, izlenebilir bir yapının oluşmasında kilit rol oynadığı görülmektedir.</p>

^a muhammedturgut@tarsus.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-0868-7041>



Giriş

Tarım ve gıda, dünyadaki tüm insan varlığını etkileyen önemli sektörlerin başında gelmektedir. Tarım ve gıda üretimi, bir ülkenin ekonomisinin yanı sıra halkının güvenliği, beslenmesi ve sağlığı için de önemlidir. Tarım uygulamaları, havanın mevsimden mevsime değişmesi, tarım ürünlerinin piyasa fiyatının dalgalanmaya devam etmesi, toprak kalitesinin bozulması, mahsullerin sürdürülebilir olmaması, yabancı otların ve haşerelerin ürünlere zarar vermesi ve küresel iklim değişikliği gibi pek çok seçeneği ve hassasiyeti içermektedir. Tarım gıda tedarik zincirinde, gıda kalitesini, depolama koşullarını, belirli bir coğrafi bölgedeki hava durumunu, pH ve besin maddeleri gibi toprak kalitesini, üretim süreçlerini, pazarlama, lojistik ve ticaret yönetimini ve gıda tehlikelerinin varlığını analiz etmek oldukça önemlidir (Bhat ve ark., 2021).

Dikkat edilmediği takdirde oluşacak olan gıda krizleri, uygun kalite ve miktarlarda gıda ve beslenmeye değişken erişime neden olmakta ve bu, toplumda küresel bir risk olarak tanımlanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki küresel nüfus ve kişisel gelirlerdeki artışlar, gıda talebini 2050 yılına kadar %59 ila %98 oranında artıracaktır (Elferink ve Schierhorn, 2016).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tahminlerine göre, 2050 yılına kadar küresel tarım-gıda sektörünün küresel talepleri karşılayabilmek için sürdürülebilirlik getirilerini %70 oranında artırması gerekmektedir (FAO, 2020). Gıda krizine yol açabilecek artan gıda talebi göz önüne alındığında, yalnızca sektörün değil, aynı zamanda birbiriyle ilişkili tedarik zincirlerinin de sürdürülebilirliğini sağlamak için etkin bir politikaya ve teknoloji kullanımına ihtiyaç bulunmaktadır.

Tarım-gıda sektörünün temel zorlukları arasında gıdanın küresel ve etkili şeffaflığını ve izlenebilirliğini geliştirme önündeki sınırlamaların (zaman, maliyet ve kalite) aşılması, pahalı araçların ortadan kaldırılması ve tedarikçiler ile perakendeciler arasında herhangi bir kesinti olmamasının sağlanması yer almaktadır (Granillo-Macias, 2023).

Bu sınırların ve kısıtların azaltılması teknoloji yardımıyla mümkün olmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojileri ile işletmeler süreçlerinde zaman, maliyet, kalite konularında ciddi avantajlar elde etmektedir. Bu açıdan bakıldığında Endüstri 4.0 teknolojilerinin gelişen dünyaya ve gelecekte oluşacak tarım gıda krizlerine karşın bu endüstriye uygulanması şarttır. Bu kapsamda literatürün açıklanması ve uygulamacılara yol gösterilmesi önemlidir.

Bu çalışmada tarım gıda sektöründe tedarik zinciri faaliyetlerinde ve lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinin açıklanması ve uygulamalarla anlatılması hedeflenmiştir. Literatürde bu kapsamda bir çalışma bulunmaması çalışmanın araştırmacılar ve uygulamacılar için önemini ortaya koymaktadır. Çalışmanın birinci kısmında tarım-gıda tedarik zinciri ve lojistiği kavramı ele alınmıştır. İkinci kısımda ise Endüstri 4.0 teknolojisi anlatılmış, üçüncü kısımda da tarım-gıda lojistiğinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı detaylandırılmıştır. Ayrıca gelişen teknolojilerle ilgili gıda tarım sektöründeki örnek uygulamalar başlıklar altında verilmiştir.

Tarım-Gıda Tedarik Zinciri ve Lojistiği

On dokuzuncu yüzyıldan itibaren gıda ve tarım sistemi küreselleşme sürecinden ciddi bir şekilde etkilenmiştir. Üreticiler, çiftçiler ve tüketicilerin arasındaki iletişimde doğrudan iletişimin yerini birçok aracıyı içeren dolaylı bir sistem almıştır. Küreselleşme aynı zamanda biyolojik çeşitlilik ve ekosistemlerin çökmesine, obezitenin ve gıda kıtlığının artmasına ve tüketicilerin gıdanın menşei ve kalitesi hakkında gereken bilgiye sahip olmasının imkansızlaşmasına da yol açmıştır (Paciarotti ve Torregiani, 2021).

Tarım gıda ürünleri günümüz dünya ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Tarım gıda ürünlerinin tedarik zinciri son yıllarda önemli bir konu haline gelmiştir. Çünkü tüketiciler, tüketilen gıdaların bulunabilirliği ve güvenliği konusunda giderek daha fazla bilinçlenmekte ve endişelenmektedir. Günümüzde tarım gıda ürünleri tüketicileri, yalnızca bir ürünün süpermarketlerdeki bulunabilirliği hakkında değil aynı zamanda çiftçilik, pazarlama, dağıtım, nakliye ve işleme faaliyetleri hakkında da daha fazla bilgiye sahip olmayı talep etmektedir. Tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan herhangi bir problem yalnızca tedarik zincirinin belirli bir üyesini etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda tüm tedarik zinciri itibarını da etkilemektedir (Handayati vd. 2015).

Gıda endüstrisi; tarım, zootehni, ormancılık ve balıkçılık gibi temel faaliyetlerden elde edilen hammaddelerin ve yarı mamul ürünlerin imalatına ve işlenmesine/dönüştürülmesine yönelik çabalar yürüten organizasyonel faaliyetlerden meydana gelmektedir. Lojistik sektörü ise, bu işletmeleri destekleyen önemli bir sektör konumunda yer almaktadır. Gıda endüstrisi Avrupa GSYH'sinin %2'sini ve AB imalat sektöründeki toplam istihdamın %13,5'ini oluşturmaktadır. Gıda sektörü gelir açısından Avrupa'da birinci, İtalya'da ise ikinci sırada yer almaktadır (Manzini ve Accorsi 2013). Gıda sektörü tüketicilerin ihtiyaçlarının karşılanmasında hayati bir rol oynamaktadır.

Bu nedenle, gıda tedarik zincirinde kuruluşlar arası iş birliğinin aşağıdaki nedenlerden dolayı artırılması gerekmektedir (Bijman ve ark., 2006):

- Gıda güvenliğinin öne çıkan bir toplumsal sorun olarak artması
- Gıda dağıtımındaki ham maddelerin çoğunlukla nihai ürüne çok benzer olması
- Tarım ürünleri her zaman değişen derecelerde çabuk bozulan mallar olması

Tarımsal süreçlerde tedarik zincirinde uygulanması gereken birtakım önemli stratejik kararlar bulunmaktadır. Tarımsal tedarik zincirindeki stratejik kararlar şunlardır (Tsolakis ve ark., 2014):

- Tarım teknolojilerinin seçimi ve uygulanması (örneğin, herhangi bir tarım aleti için sermaye gereksinimlerinin ve harcamaların tespiti ve yenilikçi tarım teknolojilerinin kullanılması),
- Yatırım portföyünün geliştirilmesi (örneğin, temel kaynaklara ve altyapıya yapılan yatırımların belirlenmesi),
- Tedarik zinciri üyeleri arasında ortaklık ilişkilerinin teşvik edilmesi (örneğin, ortakların rollerinin

belirlenmesi, entegrasyon düzeyinin ortaya konulması, iş birliği programları ve sözleşme türleri),

- Tedarik zinciri ağlarının konfigürasyonu (örneğin, optimum kaynak bulma politikalarının seçilmesi, etkili tedarik süreçlerinin geliştirilmesi, işleme/üretim fabrikalarının tahsis edilmesi, ara depoların bulunması, ulaşım ağlarının tasarlanması ve perakendeci ağlarının tasarlanması),
- Performans ölçüm sisteminin gerçekleştirilmesi (örneğin, temel performans göstergelerinin tespit edilmesi, veri işleme süreçleri ve mekanizmalarının geliştirilmesi, ölçüm araçlarının seçilmesi ve geliştirilmesi ve paydaşlara işbirliği olanakları sunulması),
- Sürdürülebilirliğin güvence altına alınması (örneğin atık yönetimi stratejilerinin oluşturulması, sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması, karbon ayak izi gibi çevreye zarar veren süreçlerde kontrol sistemlerinin tasarlanması, yeşil tarım uygulamalarının benimsenmesi ve sürdürülebilir tedarik zinciri yapılarının tasarlanması)
- Kalite yönetimi politikalarının benimsenmesi (kalite yönetim sistemi kapsamının tespiti ve kalitenin belirlenmesi).

Ayrıca, tedarik zincirinin veya firma stratejisinin uygulanması taktiksel kararlarla ilgiliyken, bir işletmenin günlük işleyişi operasyonel kararlarla ilgilidir. Tarım tedarik zincirindeki operasyonel kararlar ise şunlardır (Tsolakis ve ark., 2014):

- Hasat operasyonlarının planlanması (örneğin, ekimin planlanması, hasat operasyonları ve kaynak yönetiminin planlanması),
- Lojistik operasyonlarının planlanması (örneğin, filo yönetimi, araç rotalamasının planlanması ve programlanması, envanter yönetimi ve kontrol sistemlerinin belirlenmesi ve paketleme koşulları ile tekniklerin seçilmesi),
- Şeffaflık ve izlenebilirlik yoluyla gıda güvenliğine destek (örneğin, ortak yönetim mekanizmalarının yanı sıra organizasyonel düzenlemelerin teşvik edilmesi ve benimsenmesi)

Tarımsal tedarik zinciri yönetimi, uzun zamandır son derece zorlu ve önemli bir yönetim alanı olarak kabul edilmektedir. Tarım gıda tedarik zincirinde temel olarak gıda kalitesi, güvenlik güvencesi ve hava durumu ile ilgili değişkenler gibi faktörler tarafından vurgulanmakta ve bu da onu diğer lojistik operasyonlardan ayırmaktadır. Gıda tedarik zincirlerinde kalite standartlarını koruma görevi, gıda güvenliğini sağlama gibi unsurlar lojistik faaliyetlerin hassas bir şekilde yapılması için önem arz eden unsurların başında gelmektedir (Agyemang ve ark., 2022).

Tarımsal tedarik zincirleri ayrıca bozulabilirlik, sınırlı raf ömrü, kalite ve nicelikteki dalgalanmalar ve özel taşıma gereklilikleri gibi özelliklerle de farklılık göstermektedir. Bunların yanı sıra, üretim süreçleriyle ilişkili doğal kirlenme riskleri, kalite kriterlerini korumaya çalışılması tarım gıda lojistik operasyonlarının yönetimindeki zorluklar olarak ortaya çıkmaktadır. Tarım gıda sektöründe standartların altında ve kusurlu ürünler, düşük kaliteyle birleştiğinde önemli atık hacimlerinin oluşmasına yol açar. Tarım ürünlerinden kaynaklı oluşan önemli miktardaki atık, tarımsal tedarik zincirlerinde önemli bir sorun

oluşturmaktadır. Atık problemleri, tedarik zincirinde taşıma ve depolama süreçleri boyunca yetersiz izleme ve denetimden de kaynaklanabilmektedir. Örneğin, Amerikan Doğal Kaynaklar Savunma Konseyi'nin araştırması, Amerika Birleşik Devletleri'nde gıdanın %40'ının çiftlikten tüketiciye ulaşana kadar kaybolduğunu tespit etmişlerdir (Rajabzadeh ve Fatorachian, 2023). Sonuç olarak, tarımsal ürünlerin etkin yönetimi, tarımsal lojistik operasyonları alanında çok önemli bir rol üstlenmektedir.

Tarım-gıda pazarındaki talep eğilimleri, işletmeleri, giderek artan tüketici talebinin kişiselleştirilmesine yanıt verebilmek için lojistik faaliyetlere ağırlık vermeye zorlamaktadır. Bu nedenle, gıda tarım endüstrisinde tedarik ve dağıtım zincirindeki iş modelini kolaylaştırmak için yenilikleri tanıtmak stratejik bir hale gelmektedir. Örneğin, tarım gıda sektöründe ölçek ekonomisinden yararlanılamaması, sevkiyatların konsolidasyonuna izin vermemekte, bu da tedarik zincirini başarısız hale getiren önemli lojistik verimsizliklere yol açmaktadır. Gıda tarım ürünlerinin konsolidasyona elverişli bir model tasarlanmadan lojistik operasyonlarının gerçekleştirilmesi daha yüksek maliyetlere, verimlilik ve esneklik kaybına neden olmaktadır (Remondino ve Zanin, 2022).

Tarım-gıda ürünlerinin taşınması esnasında ürünün kalitesini etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Örnek olarak; sıcaklık, ürün kalitesini etkileyen en temel çevresel koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşırı düşük sıcaklık, fazla soğutma veya donma hasarlarına neden olmakta; yüksek sıcaklık ise ürünün solunum ve su kaybını hızlandırarak ürün kalitesinde düşüşe, buruşma ve erken yumuşamaya sebebiyet vermektedir. Taşıma esnasında ürün kalitesini etkileyen faktörler başlangıç kalitesi, sıcaklık, nem ve su kaybı, atmosferik gaz birikmesi, karışık yükler, fiziksel hasar ve nakliye koşulları (yol koşulları, günün saati vb.) olarak sıralanabilir (Vigneault vd. 2009).

Devam eden endüstriyel dönüşüm süreçleri, gıda tarım işletmelerinin lojistik operasyonlarında süreçlerini geliştirmelerine ve kolaylaşmasına katkı sağlamaktadır. Yeni teknolojilerin süreçlere entegre edilmesi organizasyonların operasyonel verimliliği açısından şarttır. Belirtildiği gibi tarım-gıda, lojistiğin çok önemli ve stratejik bir rol oynadığı bir sektördür; dolayısıyla şirketler ve ülkeler dijital teknolojilere yatırım yaparak rekabet avantajı elde edebilmektedirler. Ayrıca, olumlu etkiler yalnızca ekonomik değerinde değil, aynı zamanda israfın ve olumsuz dışsallıkların azaltılması yoluyla sürdürülebilirliğin artmasında da yatmaktadır (Remondino ve Zanin, 2022).

Endüstri 4.0

İnsanların yaşamını sosyal ve ekonomik anlamda köklü dönüşümlere uğratan büyük olay ve değişimler tarım ve sanayide görülen devrimler olmuştur. İnsanoğlunun avcı toplayıcı yaşamdan yerleşik düzene geçmesi tarım devrimini ortaya çıkarırken, sanayi ve alt sektörlerinde üretim modelleri ve üretim yapılarının değişimine yol açan buluşlar sanayi devrimlerini oluşturmuştur. Daha önce üç sanayi devrimi yaşanmış ve üretimde dijitalleşme olarak ifade edilebilecek son teknolojik gelişmelerle Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir.



Şekil 1. Endüstriyel Devrimlerin Tarihsel Gelişimi
Kaynak: (Öztuna, 2017)



Şekil 2. Endüstri 4.0 Bileşenleri
Kaynak: (Yılmaz, ve ark., 2021).

21. yüzyılda ortaya çıkan 4. Sanayi devrimi olarak endüstri 4.0, “en genel anlamıyla üretim sistemleri ile bilgi ve iletişim, internet, otomasyon teknolojilerinin bütünlüğü olarak ifade edilmektedir” (Banger, 2017). 2013 yılında, Almanya’da temelleri atılan bu sanayi devrimi “ siber fiziksel sistemler ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin, özellikle yapay zekâ, nesnelerin interneti gibi üretim sistemlerinin kullanımına dayalı, dijital bir dönüşüm girişimi olarak tanımlanmaktadır” (Pires ve ark., 2019).

Endüstri 4.0 ile ilgili birçok tanım yapılmaktadır. Birçok farklı kaynaktan Endüstri 4.0 tanımlanırken; akıllı teknolojilerin kullanıldığı, bu teknolojilerin nesnelerin interneti aracılığıyla birbiriyle iletişim kurduğu, yapay zekâlar aracılığıyla karar sistemlerinin gerçekleştirildiği, insan gücünün yerine otomasyon ve robot teknolojisinin aldığı, siber fiziksel sistemlerle donatılan akıllı fabrikalar olarak tanımlanmaktadır.

Endüstri 4.0 bileşenleri arasında nesnelerin İnterneti, büyük veri, robotik sistemler, bulut bilişim, otonom teknolojiler, siber güvenlik, akıllı fabrikalar, sistem entegrasyonları, yapay zekâ, simülasyon ve otomasyon teknolojisi, nesnelerin interneti, blockchain teknolojisi, artırılmış gerçeklik ve dijital ikiz vb. teknolojiler bulunmaktadır. Endüstri 4.0’ın ticari faaliyetlere kazandırdığı birçok avantaj olmakla birlikte, bazı önemli avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Ejsmont, ve ark., 2020):

- Doğru planlama yapılması ve üretimde artış,
- Üretimde maksimum verimlilik, minimum hata payı,
- Teslimat sürelerinin azalması sayesinde enerji verimliliğinin artması, tasarrufunun sağlanması ve sürdürülebilir lojistik,
- Güvenliğin artması, konforlu çalışma alanlarının oluşması,
- İşgücü maliyetlerinin düşüşü ve ekonomik faydanın sağlanması.

Tarım-Gıda Lojistiğinde Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Kullanımı

4. Sanayi devrimi süreci ile adlandırılan bu büyük değişim ve teknolojik gelişmeler artık günlük yaşamımızın da önemli bir parçası haline gelmektedir. Gelişen teknolojiler tarım sektöründe de kendini göstermiştir. Gıda tarım sektöründeki teknolojiye yaşanan köklü değişim süreci tarım gıda tedarik zincirinde ise verimlilik, etkinlik, rekabet, hız, sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Tarım sektöründe gerçekleşen teknolojik dönüşüme ise literatürde Tarım 4.0 ismi verilmektedir. Tarım 4.0, “tarım sektöründe yeni bir süreç tanımlanması ihtiyacı ortaya çıkmış ve bu kapsamda bilgisayar destekli kontrol sistemleri, çeşitli yazılım ve donanım araçları, dijital sensörlerle donatılmış tarım makineleri ve alanları ve bunların birbiriyle iletişimi, görüntü işleme teknolojileri gibi akıllı sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması” olarak tanımlanmıştır. Akıllı teknolojiler sayesinde, tarım gıda üretiminin sürdürülebilirliği için önemli görülen tüm bilgiler üreticilerin bilgisine hızlı ve senkronize bir şekilde aktararak kaynakların etkin yönetilmesi sağlanmıştır (Aydın, 2022).

Tüm sektörleri etkisi altına alan bu büyük dönüşüm tarım gıda lojistiğindeki operasyonel süreçleri de etkilemiştir. Gıda güvenliği sağlanması, ürünlerin izlenebilirliğinin artması, hassas ürünlerin taşınma ve depolanma esasındaki bozulmalarının önüne geçmesi gibi birçok avantajlı unsur gıda tarım sektörüne endüstri 4.0 teknolojileri aracılığıyla kazandırılmıştır. Bu kapsamda Endüstri 4.0 teknolojileri ile gıda tarım lojistiğinde gerçekleşen bu dönüşüm uygulamaları birlikte detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

Robotik ve Otonom Teknolojiler

Robotik ve otomasyonun herhangi bir işletmede kullanılması, şirketin maliyetleri azaltma, üretim miktarını ve operasyon hızını artırma arzusundan kaynaklanmaktadır. Robotik ve otomasyon tarafından gerçekleştirilen süreçler aynı zamanda daha yüksek verimlilik ve gelişmiş bir çalışma ortamı sağlamanın önemli yollarındandır (Duong ve ark., 2020).

Robotiklerin gıda lojistiğinde uygulanması endüstri çapındaki tüm fonksiyonları kapsamaktadır. Başlangıçta robotlar çoğunlukla paketleme ve paletlemede kullanılırken, son birkaç yılda diğer uygulamalarda da kullanımı artmaktadır. Tarım ve gıda endüstrisinde tohumlama, su püskürtme ve hasattan gıda ürünlerinin kesilmesi, işlenmesi ve paketlenmesine kadar her görevde robotlar kullanılmaktadır. Mamullerin nihai ürününün otomatik kalite tespitinde ve işlemede çeşitli robot

sistemleri yer almaktadır. Ayrıca içecek sektöründe şişelerin temizlenmesi, sayılması, doldurulması ve taşıma bandına otomatik olarak dizilmesi işlemlerinde robotik makinelerden yararlanılmaktadır (Khan vd, 2018).

Robotik sistemlerin gelişimi, tehlikeli alanlara konuşlandırılabilir olması, yüksek verimlilik sağlaması, uygun maliyetli çözümler sunması, çalışanların yorgunluğunu önlemesi ve çalışanlarla ortak çalışmayı desteklemesi nedeniyle teşvik edilmiştir (McCarthy ve ark., 2018).

Lojistik süreçlerde gıda ürünlerinin hızla değişen özellikleri nedeniyle ilk analizden elde edilen sonuçlar bir başlangıç noktası olarak veya kıyaslama için kullanılabilir. Bu analizler iş ortamındaki sürekli değişiklikleri yansıtmaktadır. Bu sayede robotlar, tedarik zinciri analizi için doğru ve zamanında bilgi sağlayabilmekte ve bunun karşılığında analiz sonuçlarının uygulanmasına destek olabilmektedir (Duong vd. 2018).

Gıda tarım sektöründe lojistik faaliyetlerde bir diğer robot kullanımı teslimatlarda kullanılmasıdır. Burada drone teknolojisi de önemli rol oynamaktadır. Robot, bir restoran mutfağından bitmiş gıda ürünlerini alıp hedef tüketicilere ileten bir teslimatçı olarak çalışırken; dronlar ise çiftliklerde üretim süreçlerini ve parametrelerini izlemek için kullanılmaktadır (Dahabieh ve ark., 2018).

Ayrıca robot teknolojisiyle birlikte otomatik navigasyon sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler sayesinde maliyet avantajı elde edilmekte, çevreye verilen zararlı etkilerde de azalmalar gerçekleşmektedir. Yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlar, önerilen robotik teknoloji ile ortaya çıkan otonom araç kullanımının CO2 seviyesini %22 azalttığını göstermektedir (Gružasuskas vd. 2018).

Robotik teknolojinin depolarda ve teslimatlarda kullanılması büyük miktarda bilgi yani büyük veri üretilmektedir. Bu büyük verilerin doğru teknolojiyle işlenmesi işletmeler açısından daha doğru kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır. Gıda sektörü emek yoğun bir sektör olarak nitelendirilmekte ve normalde mevsimlik işgücü sıkıntısıyla karşı karşıya kalmaktadır. İşgücü talebi, arazi hazırlama, ekim ve hasat zamanlarında en yüksek seviyededir. Bu iş gücü sıkıntısı sorunlarının çözümünde de robot teknolojisi önemli bir yer tutmaktadır (Duong ve ark., 2020).

Robotik ve otomasyon teknolojilerinin gıda tarım lojistiği süreçlerine entegre edilmesi, tedarik zinciri faaliyeti süresi boyunca izlenebilirlik ve takip imkânı yaratmaktadır. İzlenebilirlik, çabuk bozulan ve sıkı kullanım koşulları gerekliliklerine sahip gıda ürünleri için özellikle önem arz etmektedir. Mal elleçleme ve taşımanın optimizasyonu, lojistikte robotik uygulamasının en büyük faydası olmaktadır. Robotik uygulamalar, lojistik sürecinin tamamında optimize edilmiş malzeme akışı ve takibi sunmaktadır. Robotik genellikle sensörler ve görüntüleme teknolojileriyle birleştirilmektedir (Jagtap vd. 2021).

Depo lojistiği açısından basit temel otomasyon, ürünlerin hareketlerine büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Buna en güzel örnekler arasında otomatik yönlendirmeli araçların kullanımı yer almaktadır. Otomatik yönlendirmeli araçların kullanımı verimliliğin artmasına ve aynı zamanda işçilik ve işletme maliyetlerinin azalmasına olanak tanımaktadır (Karabegović ve ark., 2015).



Şekil 3/ Otomatik Yönlendirmeli Araç Örnekleri

Kaynak: (Karabegović ve ark., 2015)

Gıda endüstrisi sınırlı makine kullanımı ve artan talep ile insan kaynaklarına bağımlı bir sektör iken, küresel rekabet ve ileri teknolojiler robot teknolojisinin kullanımını ve tarım-gıda endüstrisini kolaylaştırmaktadır. Robotik teknolojisi, gıda endüstrisinde geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmakta ve başlıcaları aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Rehman ve ark., 2019).

Biçerdöverler ve tarım robotları

Hasat, tarımsal üretimin önemli bir aşamasıdır; temel bir tarımsal faaliyet olarak kabul edilmekte ve meyve hasadının çoğu hala elle gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda meyve sebze toplama robotları geliştirilmiştir. Bu robotlar görsel işleme yetenekleriyle geliştirilmiş ve çeşitli toplama mekanizmaları kullanmaktadır. Özellikle seralarda robotik teknolojiden elde edilen verim açık havadaki toplamalara göre çok daha pozitif sonuçlar doğurmuştur. Bu işlemlerde robotik teknoloji kullanımı giderek artmakta ve gelecekteki hasat işlemlerinin %20'sinde kullanılması öngörülmektedir (Suprem ve ark., 2013). *Gıda işlemede robot teknolojisi*

Gıda işleme faaliyetlerinde verimliliği ve kaliteyi artırmaya yönelik birçok politika gerçekleştirilmektedir. Robot teknolojisi de gıda işleme faaliyetlerinde verimliliği ve kaliteyi artırıcı önemli bir teknoloji olmasına rağmen henüz kullanım oranları istenilen düzeye gelmemiştir. Gelecek dönemlerde robotik teknolojinin gıda işleme sürecinde aktif rol oynayacağı, insanlarla birlikte süreci yöneten işbirlikçi robotların gıda işleme faaliyetlerini dönüştürmesi beklenmektedir (Guiochet ve ark., 2017).

Hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde robot teknolojisi

Hayvancılıkta robotik teknolojinin kullanımı süt sağım faaliyetlerinde çok yoğun kullanılmaktadır. Robotlar ayrıca hayvanlara gıda dağıtımını ve atıkların uzaklaştırılması gibi diğer faaliyetlerle de ilgilenmektedir. Hayvancılık faaliyetlerinde insandan kaynaklı oluşan aksaklık ciddi oranda azaltılmış ve robotlar insan gücü gereken işleri düzenli bir şekilde gerçekleştirmeye başlamışlardır. Ayrıca su ürünleri yetiştiriciliği de önemli sağlık ve güvenlik risklerini içerisinde bulunduran ve yüksek maliyetli işlemlerken robot teknolojisinin sektöre entegre edilmesiyle riskler ve maliyetler oldukça azaltılmıştır (Duong ve ark., 2020).

Tedarik zinciri verimliliğini artırmaya yönelik diğer uygulamalar arasında budama, inceleme, ilaçlama, otomatik süt sığırı vücut kondisyon puanlama sistemi, otomatik hasat, otomatik soğutmalı depolama veya karmaşık tarım ortamında görevlerin programlanması gibi çiftçilik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi yer almaktadır. Bu uygulamaların başarısı robotlar arasındaki uyuma ve verileri analiz edebilme kapasitesine bağlı bulunmaktadır (Sabzi ve Arribas, 2018).

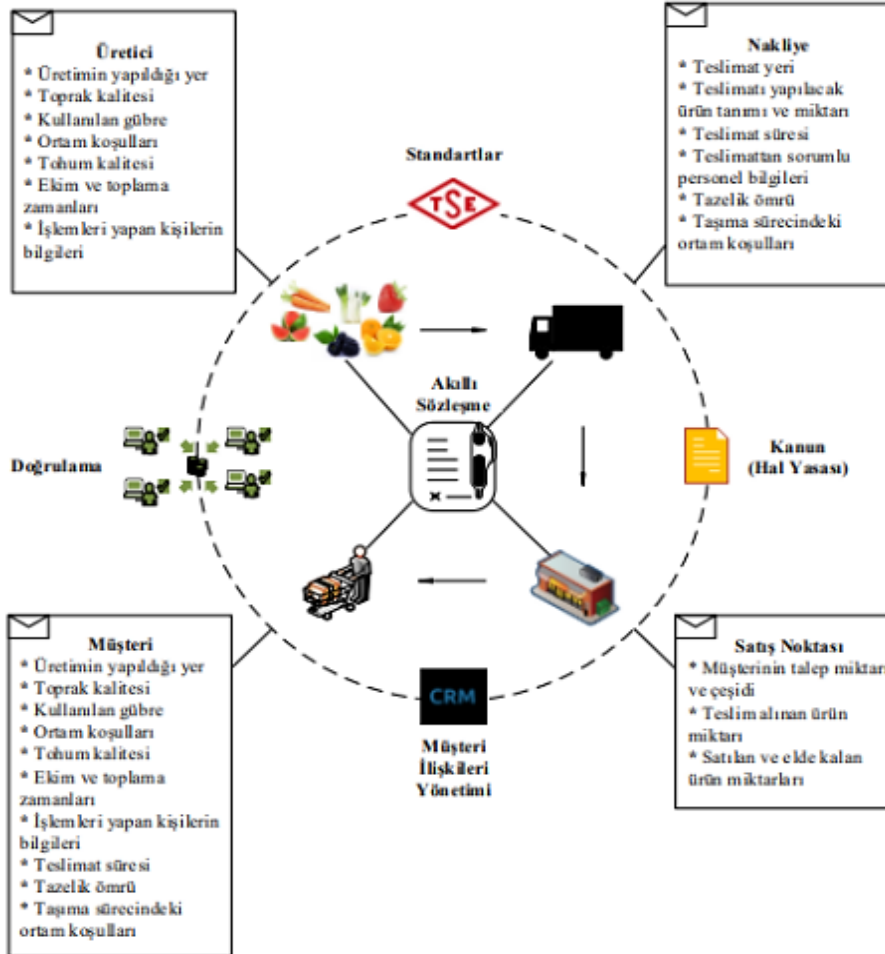
Blok Zincir (Blockchain) Teknolojisi

Şeffaflık ve izlenebilirlik gıda lojistiğinin temel bileşenleri durumundadır. Artan küreselleşme ve gıda teknolojileriyle birlikte her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Basitçe ifade etmek gerekirse; toptancılar, perakendeciler ve tüketiciler, gıdalarının nereden geldiğini, hangi ara taraflardan/işlemlerden geçtiğini, etiketlemeye güvenip güvenemeyeceklerini ve gıda kaynaklı hastalık salgını durumunda, bozulmuş gıdanın nerede olduğunu bilmek istemektedirler. Taze gıdalar hem bozulabilir hem de kolayca kontamine olabilmektedir. Tedarik zinciri süreci hakkında detaylı bir bilginin bulunmaması nedeniyle, bu tür salgınların kaynağı doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilememektedir. Bu durum sağlık üzerinde daha büyük etkilere yol açmakta ve önemli miktarda gıdanın çöpe atılmasına sebebiyet vermektedir. Bilgi ve izlenebilirlikten kaynaklı oluşan problemler, gıda lojistiğinin tüm aşamalarının (hasat, işleme, toptan dağıtım ve perakende satış dahil) nesnelere İnterneti (IoT) tabanlı izlenmesiyle çözülebilecek, böylece toplama, nakliye, depolama ve teslimat çok daha kolay hale getirilebilecektir (Pal ve Kant, 2019).

Prensip olarak, tüm tedarik zincirinden gerekli operasyonel veriler bir bulut veri tabanında saklanabilir ve böylece hem lojistik operasyonların hem de izlenebilirliğin iyileştirilmesi amacıyla akıllı kararlar almak üzere ilgili tüm tarafların kullanımına sunulabilecektir. Ancak uygulamada, ilgili tüm tarafların (örneğin çiftçiler,

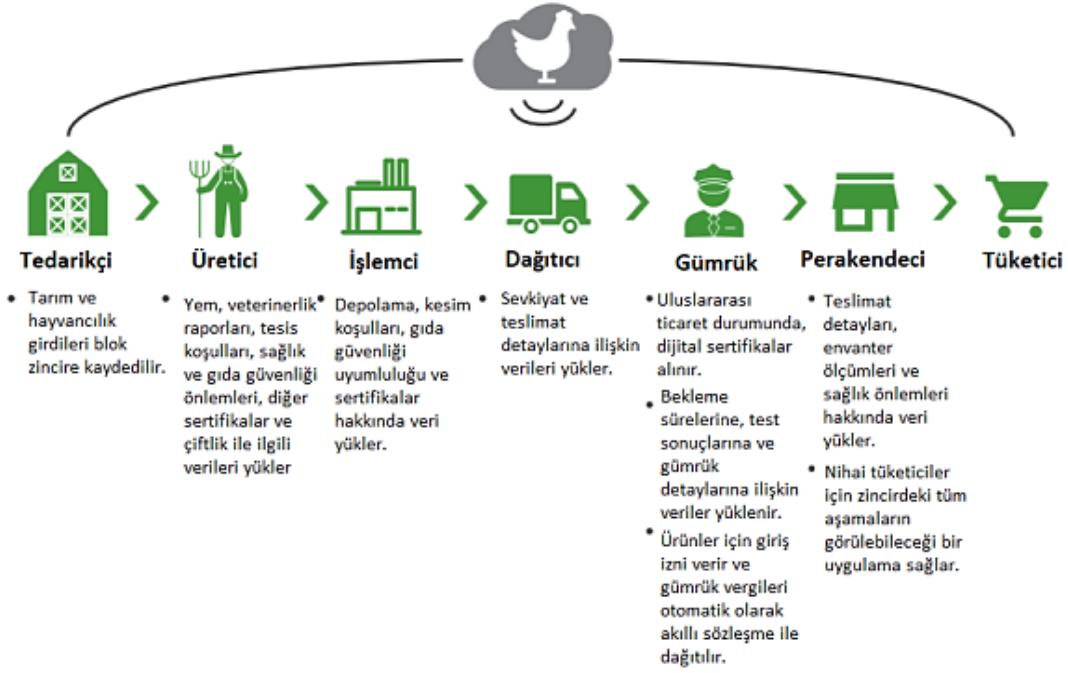
işleyiciler, lojistik operatörleri, perakendeciler, depo operatörleri, nakliye şirketleri, gıda denetçileri ve düzenleyiciler) merkezi bir veri tabanında yer alan bilgilere güvenebilmesini sağlamak oldukça zorludur. Blockchain'in devreye girdiği yer tam olarak bu noktadır. Blockchain, her biri blok boyutunda gerçekleştirilen bir işlem (veya eylem) dizisine karşılık gelen, sürekli genişleyen bir kayıt zincirinden (veya bloklardan) oluşan, taraflar arası dağıtılmış bir defter teknolojisidir. Bloklar zaman damgalıdır ve kriptografik karmalarla birbirine bağlanmaktadır; bir blok içindeki işlem karmaları, tüm blok için tek bir karma oluşturmak üzere Merkel ağacı biçiminde düzenlenmekte ve her blok bir öncekinin karma değerini içermektedir. Her bir taraf tüm zincirin özel bir kopyasını tutmakta ve bir fikir birliği sürecinin ardından bloklar bu kopyaya girilebilmektedir. Bu, blok zincirine girilen verileri değiştirilemez ve dayanıklı hale getirmektedir (Lin ve Zhou, 2005).

Blockchain'de yer alan bilgiler hem son müşteriler (ürünleri satın almadan önce bilinçli kararlar vermek için) hem de denetçiler (işleme, taşıma, nakliye ve depolama düzenlemelerinin takip edildiğinden emin olmak için) için yararlı olmaktadır. Bu aynı zamanda gıda taşıma lojistiğine de yardımcı olmaktadır. Çünkü kaydedilen bilgiler, israfın en aza indirilmesi için gıdanın proaktif dağıtımını veya gıdanın aşırı şekilde taşınması ve dağıtımından kaçınılması konusunda daha akıllı kararlar almak için kullanılabilir (Pal ve Kant, 2019).



Şekil 4. Blokzincir tabanlı Sebze ve Meyve Tedarik Zinciri

Kaynak: (Özkan, 2019; Balcı, 2020)



Şekil 5. Blok zinciri teknolojisi ile oluşturulmuş bir tarımsal tedarik zinciri

Kaynak: (Tripoli ve Schmidhuber, 2018; Gerdan ve ark., 2020)

Büyük bir besin zincirinde gıda kontaminasyonu durumunda, kaynağın belirlenmesi haftalar hatta aylar sürmektedir. Blockchain destekli bir lojistik sisteminde bu takip süresi saniyeler içinde olurken; bu da gıda kaynaklı hastalıkların daha hızlı kontrol altına alınmasına, daha hızlı yanıt süresi ve seçici geri çağırımlar sayesinde gelirin artmasına ve ortaklar arasında güvenin artmasına olanak sağlamaktadır. Walmart, Çin'de domuz eti ve Meksika'da mangoyu takip etmek için IBM ile halihazırda iki deneme gerçekleştirmişlerdir. Bu denemeler, blockchain kullanımının bilgilerin takip süresini bir haftadan 2,2 saniyeye düşürebileceğini göstermiştir (Pal ve Kant, 2019).

Dünyanın en büyük gıda tedarikçilerinin çoğu, envanter ve kalite yönetimi ve gıda kaynaklı hastalıkların kaynaklarının takibi için blockchain çözümleri üzerinde iş birliği yapmaktadır. Örneğin; Dole, Unilever ve Walmart gibi birçok büyük gıda tedarikçisi ve perakendecisi, FoodTrust girişiminde IBM ile ortaklık kurmuşlardır. Londra merkezli Provenance ve Çinli dev Alibaba da müşteri güvenini artırmak için blockchain kullanmaktadır. Ayrıca Pekin merkezli JD. com, blockchain kullanarak sığır eti yetiştirme, yetiştirme, işleme ve taşıma işlemlerini takip etmek için Moğolistan ve Avustralya'daki ihracatçılarıyla birlikte çalışmaya başlamışlardır (Pal ve Kant, 2019).

Blockchain'in gıda lojistiğinde nakliye, şeffaflık, sevkiyat veya mal takibinde artan verimlilik, malların yanlış yerleştirilmesi veya çalınmasından kaynaklanan sorunların azalması ve faturalama ve ödemelerin daha hızlı işlenmesi gibi oldukça fazla faydaları bulunmaktadır. Tedarik, nakliye yönetimi, takip ve takip, gümrük iş birliği ve ticaret finansmanı da dahil olmak üzere lojistikle ilgili sorunların çoğunun azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Dünyanın en büyük taşımacılık şirketlerden birisi olan Maersk, tek bir konteynerin gümrük, vergi ve sağlık yetkilileri dahil 30 yetkilinin onayına ihtiyaç duyabileceğini tespit etmişlerdir. Konteynerlerin yüklenmesi dakikalar sürse bile, bir kâğıt parçasının

kaybolması ve gıdanın bozulmasına yol açması durumunda varış limanında günlerce bekletilebilmektedir. Bazen tüm evrakları taşımanın ve takip etmenin maliyeti, konteyneri dünya çapında fiziksel olarak taşımanın maliyetine eşittir. Bu nedenle Maersk ve IBM, ticari iş akışlarını ve uçtan uca takibi dijitalleştirmek için işbirlikçi bir Blockchain tabanlı sistem geliştirdiler. Bu sistem, paydaşların tedarik zinciri içindeki malların hareketini ve tam konumunu görüntülemesine olanak tanımaktadır (Jagtap vd. 2021).

Gıda güvenliği, gıda kalitesinin izlenmesi, kontrol, atık azaltımı için izlenebilirlik, analiz ve güvenilir veri alışverişi, gıda tarım endüstrinin blockchain tabanlı teknolojiler aracılığıyla karşılayabileceği müşteri gereksinimlerinden bazıları olarak karşımıza çıkmaktadır (Lin ve ark., 2020).

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti teknolojisi (IoT), en genel anlamıyla birden fazla cihazın birbirine bağlandığı ve iletişim kurduğu teknolojik bir kavramdır. Tedarik zinciri bağlamında ise, şirket içerisinde ve şirket dışı firmalar ile algılama, izleme ve etkileşime girmek için dijital olarak bağlanan ve zamanında planlamayı kolaylaştırmak için çeviklik, görünürlük, izleme ve bilgi paylaşımı sağlayan fiziksel nesnelere oluşan bir ağ olarak tanımlanmaktadır. Tedarik zinciri süreçlerinin etkin yönetilmesi, kontrolünün sağlanması ve koordinasyon kurulması açısından önemli bir teknolojik gelişmedir (Bavassano, 2020).

IoT, nesnelerin ve sensörlerin kablolu bağlantılar, kablosuz kanallar veya hibrit sistemler aracılığıyla birbirine bağlandığı, kontrol edildiği ve optimize edildiği dünya çapında bir ağ olarak kavramsallaştırılmaktadır (Atzori, 2010). IoT, endüstriyel otomasyona önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca endüstriyel sensör ağlarının, lojistik yönetimi için RFID ağının ve tesis kontrolü ve kurumsal bilgi yönetimi ağlarının entegrasyonuna ve birleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Zhao, 2016).

Günümüzde dijital ikiz teknolojisinin kullanımına baktığımızda fiziksel objeleri ve süreçleri gerçek zamanlı ve sanal ortamda izlenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğrultuda sanal ortamda yapılan temsil, ürün yaşam süreci boyunca tüm kaynaklardan gelen kapsamlı bilgileri tutmaktadır. Bu bilgiler ve veriler, karar verme sürecini iyileştirmek için gelecekteki koşulları ve mevcut koşulları çeşitli şekillerde sürekli olarak güncellenmekte ve görselleştirilmektedir (Mathupriya ve ark., 2020).

Dijital ikiz, bir ürünün oluşum aşamasından satış sonrasında verilen hizmete kadar tüm süreçlerinde uygulanabilmektedir. Ürünün genel performansı izlenebilmekte ve bakım ihtiyacına karar verilebilmektedir. Ayrıca bu teknoloji üretim süreçlerinin planlanmasına ve koordinasyonun sağlanmasına da yardımcı olabilmektedir (Deepu ve Ravi, 2021). Gıda ve tarım sektöründe de kullanılan bu teknoloji lojistik operasyonlarda süreçlerin önceden test edilmesi ve bozulabilecek ürünlerin daha sağlam ve taze teslimatı gerçekleştirmesi açısından önem arz eden bir teknoloji haline gelmiştir.

Benzer şekilde gıda üretimi ve lojistik sistemlerinde modelleme ve simülasyon, ürünlerin, süreçlerin, sistem tasarımının test edilmesine ve doğrulanmasına ve sistem performansının tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda karar verme sürecini, eğitim ve öğretim oturumlarını da destekleyerek maliyetlerin azalmasına yol açmaktadır (Negahban ve Smith, 2014). Ayrıca simülasyon, tahminde bulunmak, kanıtlamak, gerekçelendirmek, tavsiyede bulunmak ve pratik yönlendirme amacıyla kullanılabilir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) merkezli şekerleme şirketi Mars, simülasyon teknolojisini kullanarak üretilen ürünlerin kalitesinden ödün vermeden ABD'deki altı tesisinde verimliliği artırmaya yönelik politikalar geliştirmişlerdir (Jagtap ve ark., 2020).

Tarım gıda tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini geliştirmek için taşıma siparişini sağlama sürecinde simülasyon modellemesinin kullanımı gerçekleştirilmektedir. Bu sayede, yollardaki kamyon sayısının azalmasına ve dolayısıyla daha az karbon emisyonu tüketimine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle simülasyon modelleri teslimatların belirlenmesine, depo yerlerinin tespitine, taşıma kapasitelerini ve teslim sürelerini, otonom sistemleri ve süreç sürelerini destekleyen önemli bir teknoloji konumundadır (Hoffa-Dabrowska ve Grzybowska, 2020).

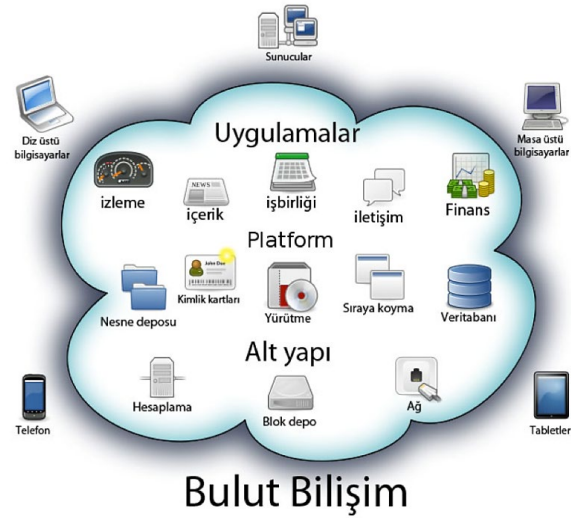
Dijital ikiz teknolojisinin tarımdaki önemli uygulamalarından birisi de mahsul modellemesinde kullanımıdır. Mahsul modellemesi, “mahsullerin sanal modellerinin oluşturulmasını ve farklı koşullar altında nasıl büyüdüklerinin simüle edilmesini içermektedir”. Bu sayede çiftçiler süreçlerini optimize etmekte ve verimi tahmin yöntemleri gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda dijital ikiz teknolojisi, tarım tedarik zinciri süreçlerinde mahsul yetiştirme ve sulama sistemlerini taklit etmek ve iyileştirmek için kullanılmaktadır (Ustalı ve Tekin, 2023).

Bulut Bilişim

Bulut bilişim; “hemen her türlü networke dahil olabilen cihazın bağlanabildiği, internet servisleri üzerinden donanımsal ve yazılımsal mevcut envanter ve kaynaklarımızın kullanıcılara ve cihazlara aktif olarak paylaşılabildiği hizmet ve servislerin oluşturduğu

internet platformunu ifade etmektedir”. Bulut bilişim, “her yerde bulunan, kullanışlı, talep üzerine ağır etkinleştirilmesi için bir modeldir ve yapılandırılabilir hesaplama kaynaklarının paylaşılmış bir havuzuna hızlı bir şekilde hazırlanıp yayımlanabilir minimum yönetim çabası veya servis sağlayıcıdır” (Breiter, 2011).

Bulut bilişimin farklı birçok tanımı bulunmakla birlikte İngilizcede “Cloud Computing” olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) bulut bilişimi “Yönetim seviyesi düşük olan ya da servis sağlayıcı etkileşimleri ile veri kaynaklarının havuzuna istendiği zaman erişim sağlanmasını mümkün kılan model” şeklinde tanımlamaktadır (Mell ve Grance, 2011).



Şekil 8. Bulut Bilişim Teknoloji Yapısı
Kaynak: Alabay, 2023

Günümüz ticari faaliyetlerinde her bir operasyonda milyarlarca veri akışı gerçekleşmekte ve bu verilerin saklanması ve erişiminin kolay olması oldukça önemli konuların başında gelmektedir. Bu kapsamda bulut bilişim teknolojisi ticari işletmeler açısından vazgeçilmez bir teknoloji olmuştur. Lojistik alanında bulut bilişim, dinamik olarak ortaya çıkan lojistik taleplere dayalı olarak otonom lojistik uygulamalarının esnek bir şekilde ölçeklendirilmesine olanak sağlamaktadır (Schuldt ve ark., 2010).

Ayrıca bulut bilişim teknolojisi gıda lojistiği sürecinde de birçok avantajı bünyesinde barındırmaktadır. Bu avantajlardan öne çıkanlar ise şunlardır (Jagtap ve ark., 2020):

- Bilgiler, farklı departmanlardan ve hatta kuruluşlardan personel tarafından kolayca paylaşılabilir ve gerçek zamanlı olarak erişilebilir. Bu durum, gıda tedarik zincirinde yer alan farklı üyeler arasındaki iletişimi ilerletmekte ve lojistikte ilgili faaliyetlerdeki süreçlerin hızlanmasına katkı sunmaktadır.
- Veri depolamaya ilişkin sorumluluklar veri depolama işlemi gerçekleştiren şirkete devredilerek sorumluluk azaltılabilir ve bu faaliyetten doğan ilgili maliyetler en aza indirilmektedir.
- Bulutu kullanmanın bir maliyeti olsa da kullanıcı yalnızca kullandığı kadar ödeme yapmaktadır. Alternatif olarak, işletme kendi verilerini depoluyorsa,

normalde sunucularında ve yedekleme cihazlarında kullanılmayan fazla kapasiteye sahip olacaktır. Ayrıca, bulutu kullanmanın genellikle aylık masraflara yol açtığını, verilerin kendi kendine depolanmasında ise maliyetlerin genellikle tek seferlik olduğunu da unutmamak gerekmektedir.

- Bulutu kullanmak işletmelerin enerji tüketiminin azaltılmasına ve enerji maliyetlerini düşürmesine olanak tanımaktadır.
- Bulut sisteminde yer alan veriler genellikle birden çok sunucuda, genellikle farklı yerlerde bulunduğundan, verilerden kaynaklı oluşacak riskler azaltılmaktadır.
- Ana sunuculara bulut üzerinden erişen şirketler, ana sunucunun sağladığı uygulamalar gibi farklı hizmetleri de kullanabilmektedir.

Tüm bu avantajların yanında bulut teknoloji ağ üzerinden herkesin erişebileceği ve tüm bilgilerin yer aldığı bir teknoloji olması dolayısıyla önemli bir veri güvenliği dezavantajını da bünyesinde bulundurmaktadır. Bu kapsamda gıda lojistiği işletmelerinin bulut teknolojilere yatırım yapmanın yanı sıra bu teknolojileri güvenli bir şekilde kullanımı sağlayacak siber güvenlik teknolojilerine de yatırım yapmaları gerekmektedir.

Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AR) "Fiziksel dünyanın üzerine bilgisayar desteğiyle oluşturulmuş görsel unsurların, sesin veya diğer duyuşsal uyaranların kullanılmasıyla oluşturulan bir katman olarak tanımlanabilir." (Toy, 2019). AR sisteminin temel amacı, gerçekliği aynı alanda bir arada var gibi görünen 3 boyutlu sanal nesnelere tamamlayarak kullanıcının algısını geliştirmek ve gerçek dünyayla etkileşimi kolaylaştırmaktır. AR, teknolojinin fiziksel ortamı bilgisayar tarafından oluşturulan üst üste bindirilmiş görüntülerle güçlendirmeye olanak sağladığı, gerçekliğin geliştirilmiş bir versiyonudur. AR, sanal gerçeklikten (VR) farklıdır çünkü VR, kullanıcıların gerçeklikten tamamen kopuk bir sanal dünyaya tamamen dalmasını temsil ederken sanal gerçeklik (VR), gerçek dünyayı simüle etmeyi ve kullanıcıyı bilgisayar tarafından oluşturulan bir ortama dahil etmeyi amaçlamaktadır (Rejeb ve ark., 2021).

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin gıda endüstrisi paydaşlarına sağladığı faydalar akademik araştırmalarda sıklıkla tespit edilmektedir. Örneğin, AR teknolojilerinin kullanımı, gıda işletmelerine stokların konumu hakkında tam zamanında bilgi sağlama, farklı gıdaların anında tanımlanması, hazırlama alanları üzerinde artan durumsal farkındalık ve görünürlük ve potansiyel gıda tehlikelerinin tanınmasını sağlamaktadır. AR'nin görselleştirme kapasitesi, insan sınırlarını aşar ve gıda operatörlerinin gıda depolama ve lojistiğini optimize etmesine olanak tanır (Beck ve ark., 2016).

Verilerin dinamik görselleştirilmesi, sipariş toplama gibi gıda tedarik zinciri süreçlerini de kolaylaştırmaktadır. AR yenilikçi bir teknolojidir, akıllı gıda lojistiğinin geliştirilmesinde bir değişime yol açarak gıda ürünlerinin daha esnek taşınması, depolanması ve paketlenmesine yol açmaktadır. Artan verimliliğin faydaları yalnızca maliyet tasarrufu ve daha iyi kaynak kullanımı açısından ifade edilmemekte ayrıca karar verme desteği gibi diğer süreçleri de içermektedir (Vanderroost ve ark., 2017).

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin gıda lojistiğinde sağladığı avantajlar ise şunlardır (Jagtap ve ark., 2021):

Çalışan güvenliğini ve verimliliğini artırma

Artırılmış gerçeklik, tedarik zinciri sürecinde çalışanların gıda ürünleri ile ilgili işlemler yaparken uymaları gereken denetim veya işleme faaliyetleriyle ilgili işlemlerde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çalışanların ürünleri işlemeleri sırasında kontaminasyona veya bozulmaya yol açabilecek süreçleri kaçırmamalarını sağlayarak gıda ürününün geri çağırılması vakalarının azaltılmasına da katkı sunmaktadır (Jagtap ve ark., 2021).

Çalışanlara eğitim verilmesi süreçlerine katkı sunması

Gıda tarım endüstrisi, yoğun emek gerektiren sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle yeni personellerin işe alınması ve bunların eğitilmesi maliyet ve zaman gerektiren önemli bir süreçtir. Çalışanlara uygun eğitimin verilmemesi ve çalışanların bu eğitimleri sürdürmemesi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Bu sonuçların büyük çoğunluğu basit şeylerin anlaşılmasından, bilgi eksikliğinden veya yanlış iletişimden kaynaklanmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisiyle birlikte, eğitmenin fiziksel olarak eğitim verilen mekânda olması gerekliliğini kaldırmakta, yani daha az kaynakla daha fazlasının yapılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu teknolojiyle birlikte çalışanlar daha etkili daha hızlı ve daha güvenli süreçler gerçekleştirmektedir (Sorko ve Brunnhofer, 2019). Bu açıdan gıda tarım tedarik zincirinde çalışanların eğitimi hususunda artırılmış gerçeklik teknolojisi katkı oranı yüksek bir teknoloji haline gelmiştir.

Lojistik operasyonlarda verimliliğin artırılması

Tarım gıda ürünleri çabuk bozulabilen raf ömrü sınırlı ürünlerdir. Bu yüzden belirli bir sıcaklık/soğukluk ihtiyacı bulunmaktadır. Bu da tarım gıda süreçlerinde lojistik operasyonlarının önemli bir unsurudur. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, depo faaliyetlerinde ise optimize edilmiş toplama süreçlerini gerçekleştirebilmek için kullanılmaktadır. Örneğin artırılmış gerçeklik projeksiyonları, operatörün toplama konumunu hızlı bir şekilde belirlemesine yardımcı olmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisinde kullanılan akıllı gözlükler sayesinde depolarda verimli sınıflandırma yapılırken, operatörlerin malları istenilen kriterlere göre ayırmasına da katkı sunmaktadır (Cirulis ve Ginters, 2013). Zaman kaybı yaratan bu unsurların artırılmış gerçeklik teknolojisi ile çözümlenmesi lojistik operasyonlarda verimliliğin artmasına yardımcı olmaktadır.

Yeni gıda ürünü geliştirmek

Gıda üreticilerinin çoğunluğu rekabetçi kalabilmek ve pazar paylarını korumak için her yıl birkaç veya daha fazla yeni gıda ürünü piyasaya sürmektedir. Bu nedenle ürün geliştirme, kullanılan zaman ve kaynaklar dikkate alındığında gıda işletmelerinde genellikle operasyonlar maliyetli süreçlerdir. Artırılmış gerçeklik teknolojileri, gıda sektöründe birçok oluşacak problemleri çözmek için kullanılırken, heyecan verici yeni gelişmelere de yol açmaktadır. Örneğin bu teknolojinin geliştirilmesiyle birlikte gıda tarım ürünlerinde, tüketim, biyometri, gıdanın yapısı ve dokusu, duyuşsal güçlendirme ve duyuşsal algının artırılması gibi duyuşsal bilimlerde kullanılabilecek konuma ulaşmıştır (Crofton ve ark., 2019).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi, gıda tarım sektöründe maliyetleri en aza indirmek için gıda ürünü geliştirmenin ilk aşamalarında ve gerçek dünyada veya simüle edilmiş bir ortamda etkileşime geçmek için bir araç olarak yer almaktadır (Jagtap ve ark., 2021).

Satışları artırmak

Artırılmış gerçeklik teknolojisiyle birlikte tarım ve gıda işletmeleri ürünlerinin analizlerini ve etkilerini kolaylıkla simüle ederek gerçekleştirmektedir. Pahalı fiziksel gıda ürünlerine olan ihtiyacı azaltır ve sahibi, tasarımcısı, şefi ve müşterileri arasındaki onay döngüsünü hızlandırmaktadır. Örneğin, gıda satış temsilcileri, satış noktasındaki görünürlüğünü artırmak için ürünlerini mağazada nereye yerleştirebileceklerini görmek için gerçek bir mağazada AR teknolojisini kullanabilmektedirler. Ayrıca AR destekli kataloğa çevrimdışı olarak kolayca erişebilir, mağaza içi simülasyonlarını kaydedebilir, müşterileriyle resim paylaşabilir ve hatta bunu mobil 3D görüntüleyici olarak kullanabilmektedirler. Bu teknoloji ürünün ve onu üreten kişilerin daha iyi anlaşılmasına ve böylece bağlantıların kurulmasına yardımcı olmaktadır (Jagtap ve ark., 2021).

Yapay Zekâ

Yapay zekâ genel olarak doğal dili öğrenebilen, planlayabilen, algılayabilen veya anlayabilen insan zihninin yapay olarak üretilmesini içermektedir. Bilgisayar sistemlerinin teorisi ve gelişimi normalde görsel algılama, sesleri tanıma, seçim yapma ve dil çevirisi gibi insan zekâsı becerilerini gerçekleştirme kapasitesine sahiptir (Kumar ve ark., 2020).

Makine öğrenimi ve derin öğrenme, en yaygın kullanılan yapay zekâ yöntemlerinden ikisidir. Bu modeller veriler üzerine kuruludur ve bireyler, şirketler ve devlet kurumları tarafından tahmin yapmak için kullanılmaktadır. Gıda endüstrisindeki bilgilerin karmaşıklığı ve öngörülemezliği için makine öğrenimi yöntemleri şu anda geliştirilmektedir (Negi ve Rajesh, 2019).

Gıda insanlar için vazgeçilmez durumdadır. Bu yüzden gıda israfını azaltmak, tedarik zincirini optimize etmek ve gıda lojistiğini, gıda dağıtımını ve gıda güvenliğini geliştirmek kritik öneme sahiptir. Yapay zekâ ve makine öğrenimi bu hedeflerin gerçekleştirilmesine büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Standart, güvenilir ürün kalite kontrol yöntemleri tasarlama ve aynı zamanda düşük maliyeti korurken müşterilere ulaşmanın ve hizmet vermenin yeni yollarını aramayı amaçlayan gıda endüstrilerinde, daha iyi müşteri deneyimi, etkili bir tedarik zincirinin yönetimi, geliştirilmiş operasyonel verimlilik elde etmek için yapay zekanın kullanımı oldukça önemli bir konu haline gelmiştir (Ramirez-Asis ve ark., 2022).

Yapay zekâ teknolojisi tarım gıda endüstrisi ürünlerinin verimliliğini artırmayı sağlayacak olan tohum seçimi, mahsul izleme, sulama ve sıcaklık izleme gibi en uygun süreçleri incelemekte ve geliştirilmesini sağlayabilmektedir. Yapay zekanın kullanımı bu alanda sadece uygulamalarla kalmamakta birçok süreçte de kullanılmaktadır. Ayrıca gıda işleme, depolama ve gıda ürünlerinin sevkiyat süreçlerinde de katkı sunabilmektedir. Aynı zamanda gıda malzemelerinin teslim edilmesine, ürüne zarar verebilecek tehlikeli ortamlarda görevin

tamamlanmasına ve kaliteli ürünlerin oluşumuna da yardımcı olmaktadır (Kumar ve ark., 2021).

Bu bağlamda, fiyat tahmini, üretim süreci optimizasyonu, envanter yönetimi ve lojistik yönetiminin tamamı yapay zekâ tarafından desteklenmektedir. Gıda üretiminde yapay zekâ, tüm tedarik zinciri sürecini izlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca gıda lojistiğinde yapay zekâ taşıma, fiyatlandırma, stok yönetimi ve envanter talebini tahmin etme süreçlerinde oldukça etkili sonuçlar vermektedir (Hebbat, 2020).

Sonuç ve Öneriler

Tarım-gıda tedarik zincirinde ürünlerin yaklaşık 3'te 1'i zincir boyunca israf olmaktadır. Tarım ve gıda ürünlerinin tarladan elde edilip, nihai kullanıcıya ulaştırılmasına kadar olan tüm süreç, tarım ve gıda tedarik zinciri tarafından ele alınmaktadır. Tarım-gıda tedarik zincirindeki en önemli faaliyetler lojistik faaliyetlerden oluşmaktadır.

Endüstri 4.0 devrimi tüm sektörleri doğrudan etkileyen bir teknoloji haline gelmiştir. Bu teknolojilerin her bir sektör özelinde incelenmesi ve uygulamaların ortaya konulması şarttır. Bu çalışmada gıda tarım tedarik zincirinde lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması incelenmiş ve detaylandırılmıştır.

Teknolojinin hızlı gelişimi tarım gıda tedarik zincirinde de lojistik faaliyetlerde kullanımını artırmıştır. Çalışma sonucunda gıda tarım tedarik zincirinde lojistik faaliyetlerde endüstri 4.0 teknolojilerinden robotik ve otonom teknolojiler, yapay zekâ, simülasyon, dijital ikiz, artırılmış gerçeklik, nesnelere interneti, blok zincir teknolojisi, bulut bilişim ve siber güvenlik teknolojilerinin oldukça fazla kullanıldığı ve sektörel uygulamaları adaptasyonun gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tarım-gıda tedarik zincirinde endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik faaliyetlere adaptasyonu ile birlikte müşteri hizmet düzeyi artarken, tedarik zinciri süreçlerinin ise daha hızlı, hatasız, etkin ve verimli gerçekleştirilmesi ile operasyonel süreçler iyileşmektedir.

Bu çalışma kapsamında Endüstri 4.0 teknolojilerinin ele alınması ve gıda tarım tedarik zincirinde sunduğu avantajların ortaya konulması hedeflenirken, henüz teknolojiler gelişmelere uyum sağlayamayan işletmelere farkındalık yaratması ve süreçlerini hızlandırması için öncülük etmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara da temel bir kaynak halinde hazırlanarak bundan sonraki çalışmalara katkı sunması beklenmektedir. Araştırmacılar sonraki çalışmalarında gıda tarım sektöründeki lojistik faaliyetlerin (taşımacılık, depolama, stoklama, elleçleme vb.) her birini tek tek detaylı bir şekilde ele alarak endüstri 4.0 teknolojilerinin etkisini inceleyebilirler. Ayrıca sayısal verilerden yararlanılarak nicel analizlerde gerçekleştirebilirler.

Kaynaklar

- Agyemang, M., Kusi-Sarpong, S., Agyemang, J., Jia, F., & Adzanyo, M. (2022). Determining and evaluating socially sustainable supply chain criteria in agri-sector of developing countries: insights from West Africa cashew industry. *Production Planning & Control*, 33(11), 1115-1133.
- Alabay, D. (2023). Bulut Bilişim, <https://dralabay.wordpress.com/2014/01/20/bulut-bilisim/> Erişim Tarihi: 08. 02. 2024.

- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15), 2787-2805.
- Aydın, N. (2022). Tarım Sektöründe Bilgi Teknolojileri. *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 8.
- Balçı, E. (2020). Lojistik Sektörünün Uluslararası Alanda Dijitalleşme Süreci ve Türkiye'ye Etkileri, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Banger G. (2017). Endüstri 4.0-Ekstra. Ankara: Dorlion Yayınları
- Bavassano, G., Ferrari, C., & Tei, A. (2020). Blockchain: How shipping industry is dealing with the ultimate technological leap. *Research in Transportation Business & Management*, 34, 100428.
- Beck, D. E., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., & Shabatura, J. C. (2016). Taking food safety to the next level—An augmented reality solution. *Journal of foodservice business research*, 19(4), 382-395.
- Bhat, S. A., Huang, N. F., Sofi, I. B., & Sultan, M. (2021). Agriculture-food supply chain management based on blockchain and IoT: a narrative on enterprise blockchain interoperability. *Agriculture*, 12(1), 40.
- Bijman, J., Omta, S. W. F., Trienekens, J. H., Wijnands, J. H. M., & Wubben, E. F. M. (2006). *International agri-food chains and networks: management and organization*. Wageningen Academic Publishers.
- Breiter, G. (2011). IBM Cloud Computing Architecture Some Selected Aspects, IBM Distinguished Engineer Tivoli Chief Architect Cloud Computing.
- Cirulis, A., & Ginters, E. (2013). Augmented reality in logistics. *Procedia Computer Science*, 26, 14-20.
- Cooper, C. (2015). Cybersecurity in food and agriculture. *Protecting our future*, 2.
- Crofton, E. C., Botinestean, C., Fenelon, M., & Gallagher, E. (2019). Potential applications for virtual and augmented reality technologies in sensory science. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 56, 102178.
- Dahabieh, M. S., Bröring, S., & Maine, E. (2018). Overcoming barriers to innovation in food and agricultural biotechnology. *Trends in food science & technology*, 79, 204-213.
- Deepu, T. S. ve Ravi, V. (2021). "Exploring Critical Success Factors Influencing Adoption of Digital Twin and Physical Internet in Electronics Industry Using Grey-DEMATEL Approach", *Digital Business*, 1(2), 100009
- Duong, L. N., Al-Fadhli, M., Jagtap, S., Bader, F., Martindale, W., Swainson, M., & Paoli, A. (2020). A review of robotics and autonomous systems in the food industry: From the supply chains perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 355-364.
- Duong, L. N., Wood, L. C., & Wang, W. Y. (2018). Effects of consumer demand, product lifetime, and substitution ratio on perishable inventory management. *Sustainability*, 10(5), 1559.
- Ejmont, K., Gładysz ve B., Kluczek, A. (2020). "Impact of industry 4. 0 on sustainability – bibliometric literature review". *Sustainability*, 12 (14), s. 1-29
- Elferink, M., & Schierhorn, F. (2016). Global demand for food is rising. Can we meet it. *Harvard business review*, 7(04).
- Gerdan, D., Koç, C., & Vatandaş, M. (2020). Gıda ürünlerinin izlenebilirliğinde blok zinciri teknolojisinin kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(2), 8-14.
- Granillo-Macias, R., González Hernández, I. J., & Olivares-Benitez, E. (2023). Logistics 4. 0 in the agri-food supply chain with blockchain: a case study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-21.
- Gružasuskas, V., Baskutis, S., & Navickas, V. (2018). Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 184, 709-717.
- Guiochet, J., Machin, M., & Waelynck, H. (2017). Safety-critical advanced robots: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 94, 43-52.
- Handayati, Y., Simatupang, T. M., & Perdana, T. (2015). Agri-food supply chain coordination: the state-of-the-art and recent developments. *Logistics Research*, 8, 1-15.
- Hebbar, N. (2020). Freshness of food detection using IoT and machine learning. In *2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ic-ETITE)* (pp. 1-3). IEEE.
- Hoffa-Dabrowska, P., & Grzybowska, K. (2020). Simulation modeling of the sustainable supply chain. *Sustainability*, 12(15), 6007.
- Jagtap, S., Bader, F., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Fadji, T., & Salonitis, K. (2020). Food logistics 4. 0: Opportunities and challenges. *Logistics*, 5(1), 2.
- Jagtap, S., Saxena, P., & Salonitis, K. (2021). Food 4. 0: implementation of the augmented reality systems in the food industry. *Procedia CIRP*, 104, 1137-1142.
- Karabegović, I., Karabegović, E., Mahmić, M., & Husak, E. J. A. I. P. E. (2015). The application of service robots for logistics in manufacturing processes. *Advances in Production Engineering & Management*, 10(4).
- Khan, Z. H., Khalid, A., & Iqbal, J. (2018). Towards realizing robotic potential in future intelligent food manufacturing systems. *Innovative food science & emerging technologies*, 48, 11-24.
- Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., & Husain, S. (2021). Opportunities of artificial intelligence and machine learning in the food industry. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-10.
- Kumar, Y., Kaur, K., & Singh, G. (2020). Machine learning aspects and its applications towards different research areas. In *2020 International conference on computation, automation and knowledge management (ICCAKM)* (pp. 150-156). IEEE.
- Lin, I., and Zhou, D. (2005). On the Construction of Food Quality and Safety Traceability System (in Chinese). *Commercial Research* 21: 41-44.
- Lin, W., X. Huang, H. Fang, V. Wang, Y. Hua, J. Wang, H. Yin, D. Yi, and L. Yau. (2020). "Blockchain Technology in Current Agricultural Systems: From Techniques to Applications. " *IEEE Access* 8: 143920–143937. doi:10.1109/ACCESS.2020.3014522.
- Manzini, R., & Accorsi, R. (2013). The new conceptual framework for food supply chain assessment. *Journal of food engineering*, 115(2), 251-263.
- Mathupriya, S., Banu, S. S., Sridhar, S. ve Arthi, B. (2020). "Digital Twin Technology on IoT, Industries & Other Smart Environments: A Survey", *Materials Today: Proceedings*, DOI: 10.1016/j.matpr.2020.11.358
- McCarthy, U., Uysal, I., Badia-Melis, R., Mercier, S., O'Donnell, C., & Ktenioudaki, A. (2018). Global food security—Issues, challenges and technological solutions. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 11-20.
- Negahban, A., & Smith, J. S. (2014). Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. *Journal of manufacturing systems*, 33(2), 241-261.
- Negi, A., & Rajesh, K. (2019). A review of ai and ml applications for computing systems. In *2019 9th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology-Signal and Information Processing (ICETET-SIP-19)* (pp. 1-6). IEEE.
- Özkan, Ö. (2019). Blockchain Türkiye Platformu Üretim, Lojistik ve Ulaşım Çalışma Grubu Raporu. s. 21, https://bctr.org/dokumanlar/Tedarikci_Tanima_Platformu.pdf
- Öztuna, B. (2017). Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ile çalışma yaşamının geleceği. *Gece Kitaplığı*, Ankara
- Paciarrotti, C., & Torregiani, F. (2021). The logistics of the short food supply chain: A literature review. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 428-442.
- Pal, A., & Kant, K. (2019). Using blockchain for provenance and traceability in internet of things-integrated food logistics. *Computer*, 52(12), 94-98.

- Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A. P., & Leitão, P. (2019). Digital twin in industry 4. 0: Technologies, applications and challenges. In 2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN) (Vol. 1, pp. 721-726). IEEE.
- Rajabzadeh, M., & Fatorachian, H. (2023). Modelling Factors Influencing IoT Adoption: With a Focus on Agricultural Logistics Operations. *Smart Cities*, 6(6), 3266-3296.
- Ramirez-Asis, E., Vilchez-Carcamo, J., Thakar, C. M., Phasinam, K., Kissanuk, T., & Naved, M. (2022). A review on role of artificial intelligence in food processing and manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 51, 2462-2465.
- Rehman, T. U., Mahmud, M. S., Chang, Y. K., Jin, J., & Shin, J. (2019). Current and future applications of statistical machine learning algorithms for agricultural machine vision systems. *Computers and electronics in agriculture*, 156, 585-605.
- Rejeb, A., Rejeb, K., & Keogh, J. G. (2021). Enablers of augmented reality in the food supply chain: a systematic literature review. *Journal of Foodservice Business Research*, 24(4), 415-444.
- Rejeb, A., Simske, S., Rejeb, K., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2020). Internet of Things research in supply chain management and logistics: A bibliometric analysis. *Internet of Things*, 12, 100318.
- Remondino, M., & Zanin, A. (2022). Logistics and agri-food: digitization to increase competitive advantage and sustainability. Literature review and the case of Italy. *Sustainability*, 14(2), 787.
- Sabzi, S., & Arribas, J. I. (2018). A visible-range computer-vision system for automated, non-intrusive assessment of the pH value in Thomson oranges. *Computers in Industry*, 99, 69-82.
- Schuldt, A., Hribernik, K., Gehrke, J. D., Thoben, K. D., & Herzog, O. (2010). Cloud computing for autonomous control in logistics.
- Sorko, S. R., & Brunnhofer, M. (2019). Potentials of augmented reality in training. *Procedia Manufacturing*, 31, 85-90.
- Suprem, A., Mahalik, N., & Kim, K. (2013). A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector. *Computer Standards & Interfaces*, 35(4), 355-364.
- Toy, E. (2019). Ambalaj tasarımında artırılmış gerçeklik kullanımı. 5. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Bandırma, 59-70.
- Tripoli, M., and Schmidhuber, J. (2018). Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry. FAO and ICTSD: Rome and Geneva. Licence: CC BY-NC-SA, 3.
- Tsolakis, N. K., Keramydas, C. A., Toka, A. K., Aidonis, D. A., & Iakovou, E. T. (2014). Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Biosystems engineering*, 120, 47-64.
- Ustalı, N. K., & Tekin, M. (2023). Tedarik Zincirinde Dijital İkiz. *Lojistiğin Geleceği-2*, Duvar Yayınları. 107.
- Vanderroost, M., Ragaert, P., Verwaeren, J., De Meulenaer, B., De Baets, B., & Devlieghere, F. (2017). The digitization of a food package's life cycle: Existing and emerging computer systems in the logistics and post-logistics phase. *Computers in Industry*, 87, 15-30.
- Vigneault, C., Thompson, J., Wu, S., Hui, K. P. C. ve LeBlanc, D. I. (2009). Transportation of fresh horticultural produce, Postharvest Technologies for Horticultural Crops, 2, 1-24.
- Vilas-Boas, J. L., Rodrigues, J. J., & Alberti, A. M. (2023). Convergence of Distributed Ledger Technologies with Digital Twins, IoT, and AI for fresh food logistics: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Information Integration*, 31, 100393.
- Yılmaz, E. N., Gönen, S., Şanoğlu ve S., Karacayılmaz, G., (2021). "Endüstri 4.0'ın gelişim sürecinde unutulmuş bileşen: Siber güvenlik". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (4), s. 1142-1158.
- Yılmaz, Ü. & Kuvat, Ö. (2021). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Lojistik Faaliyetlerindeki Uygulama Alanları ve Verimliliğe Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 746-754.
- Zhao, J. L., Fan, S., & Yan, J. (2016). Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. *Financial innovation*, 2, 1-7.