



**BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNDE DÜŞÜK KODLU PLATFORMLARIN  
KULLANIMI VE ENDÜSTRİ 4.0 ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**HİLAL GÜVEN**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi  
Danışman: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN  
Yıl: 2022**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNDE DÜŞÜK KODLU PLATFORMLARIN**  
**KULLANIMI VE ENDÜSTRİ 4.0 ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**HİHAL GÜVEN**

**ORCID: 0000-0002-7461-4510**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Danışman: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN**

**TEMMUZ-2022**

**Her hakkı saklıdır.**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hilal GÜVEN tarafından hazırlanan “Blok Zinciri Teknolojisinde Düşük Kodlu Platformların Kullanımı ve Endüstri 4.0 Üzerindeki Etkileri” isimli bu çalışma, 27/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Başkan:** Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları sağladığımı onaylıyorum. ....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Ulviye POLAT

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Ozan ÇAPRAZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini Enstitü Yönetim Kurulu adına onaylıyorum.

.....  
Doç. Dr. Bahar UYMAZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNDE DÜŞÜK KODLU PLATFORMLARIN KULLANIMI VE ENDÜSTRİ 4.0 ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hilal GÜVEN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN

Dijital dönüşüm özellikle covid-19 salgınının tedarik zincirini ve çalışma koşullarını etkilemesiyle büyük önem kazanmıştır. Sektörel ihtiyaçlara göre dijital teknolojilerin entegrasyonu ve buna bağlı olarak iş akışlarının, çalışanların kültürünün değişim ve gelişim yaşadığı teknolojiler bütünü dijital dönüşüm oluşturmaktadır. Dijital dönüşüm ile birlikte pazar paylarını kaybetmek istemeyen kuruluşlar birçok teknolojik yeniliği firmalarına entegre etmeleri gerekmektedir. Bu dönüşümü doğru gerçekleştirebilen firmalar güçlenmeye devam ederken, bu dijital dönüşüme uzak kalan ve doğru şekilde entegre edemeyen firmalar kayıplar yaşamaya devam edecektir. Dijital dönüşüm Endüstri 4.0, Blok zinciri ve kodsuz/düşük kodlu platformlar ile sağlanmaktadır. Bu çalışma ile blok zincir teknolojisinin Endüstri 4.0 ile ilişkisi ile düşük kodlu platformların blok zincir teknolojisi gelişimi için kullanılması araştırılmıştır. Bununla birlikte düşük kodlu platformlarda kanban kartlarının işleyişi, Endüstri 4.0 ile yalın üretim arasındaki ilişki, sektörler bazında dijital dönüşümün etkileri araştırılmıştır. Bu tez çalışmasının uygulama kısmında düşük kodlu platformların Endüstri 4.0 ve blok zinciri ile birlikte kullanımında oluşan beklentiler tespit edilmeye çalışılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda kullanmak üzere firmaların blok zinciri ile düşük kod teknolojisinin birlikte kullanılmasından firmaların beklenti ve faydalarını ölçebilmek için araştırma taslağı geliştirilmiştir. Türkiye’de bu teknolojilerden yararlanılarak yapılabilecek çalışmalar önerilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin dijital dönüşüme geçişinin gelişmiş ülkelere oranla daha fazla zaman alacağı vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Blok Zinciri, Endüstri 4.0, Düşük Kodlu Platform, Kanban, Hyperledger, Yalın Üretim

## **ABSTRACT**

### **USING LOW CODE PLATFORMS IN BLOCK CHAIN TECHNOLOGY AND ITS IMPACT ON INDUSTRY 4.0**

Hilal GÜVEN

Department of Industrial Engineering

MSc Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN

Digital transformation has become very important, especially with the COVID–19 pandemic affecting the supply chain and working conditions. Digital transformation is the integration of digital technologies according to sectoral needs and, accordingly, the technologies through which workflows, employees' culture are experiencing changes and development. Organizations that do not want to lose their market share with digital transformation need to integrate many technological innovations into their companies. While the companies that can perform this transformation correctly will continue to strengthen, the companies that are far away from this digital transformation and cannot integrate it correctly will continue to suffer losses. Digital transformation is provided by Industry 4.0, Blockchain and no/low-code platforms. In this study, the relationship of blockchain technology with Industry 4.0 and the use of low-code platforms for the development of blockchain technology were investigated. With this, the functioning of kanban cards on low code platforms, the relationship between Industry 4.0 and lean manufacturing, and the effects of digital transformation on the basis of sectors were investigated. In the application part of this thesis study, it was targeted to determine the expectations with from the use of low-code platforms together with Industry 4.0 and blockchain. A research draft has been developed to measure the expectations and benefits of companies from using the blockchain and low code technology together for use in future studies. Studies that can be done by using these technologies in Turkey are suggested. It has been emphasized that the transition of developing countries to digital transformation will take more time than developed countries.

**Keywords:** Blockchain, Industry 4.0, Low Code Platform, Kanban, Hyperledger, Lean Manufacturing

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Literatür Özeti .....	2
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	6
<b>2. BLOK ZİNCİRİNDE DÜŞÜK KODLU PLATFORMLARIN KULLANIMI</b> .....	<b>9</b>
2.1. Blok Zinciri .....	9
2.1.1. Blok Zincirinin Çalışma Modeli .....	10
2.1.2. Blok Zincirinin Avantajlarını ve Dezavantajları .....	13
2.1.3. Blok Zinciri Çeşitleri.....	15
2.2. Düşük Kodlu Platformlar .....	18
2.3. Kodsuz Platformlar .....	26
2.3.1. Kodsuz Geliştirme Platformları .....	27
2.4. Blok Zinciri ile Düşük Kodlu Platformlar Arasındaki İlişki .....	29
2.5. Blok Zinciri ile Düşük Kodlu Platformlarının Birlikte Kullanımı .....	30

<b>3. ENDÜSTRİ 4.0 VE YALIN ÜRETİM .....</b>	<b>32</b>
3.1. Endüstri 4.0 .....	32
3.1.1. Endüstri 4.0 Prensipleri .....	34
3.1.2. Endüstri 4.0'in Avantajları ve Dezavantajları .....	34
3.1.3. Endüstri 4.0 Sisteminin Uygulanabilirliği .....	35
3.1.4. Endüstri 4.0 ile Hayatımıza Giren Teknolojiler .....	36
3.2. Yalın Üretim .....	39
3.2.1. Tedarikçi ve Müşteri İlişkileri .....	40
3.2.2. Üretim Süreci .....	44
3.2.3. İstatiksel Süreç Kontrolü .....	46
3.2.4. İşçi Katılımı .....	47
3.3. Endüstri 4.0'da Düşük Kodlu Platformların Yeri .....	48
3.3.1. Sanal Fabrika Açık İşletim Sistemi (vf-OS) Platformu .....	48
3.3.2. Endüstride Düşük Kodlu Geliştirme Platformları .....	52
3.3.3. Düşük Kodlu Platformların İmalat Endüstrisindeki Avantajları .....	56
3.3.4. Düşük Kodlu Üretim Endüstrisinde Uygulama Adımları .....	58
<b>4. SAHA ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....</b>	<b>62</b>
4.1. Saha Araştırmaları .....	62
4.1.1. Düşük Kodlu Platform Geliştirme Operasyonları .....	65
4.1.2. Gıda Sektöründe Bir Blok Zincir Saha Araştırması Tasarımı .....	83
4.2. Uygulama Örnekleri .....	88

4.2.1. Hyperledger Platform İncelemesi .....	94
4.2.2. Codebeamer Platformunda Kanban Kartlarının İşleyişi .....	104
4.3. Uygulamalardan Elde Edilen Bulgular .....	124
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>137</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>146</b>
<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER.....</b>	<b>152</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>153</b>





## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması .	23
Çizelge 2.2. Düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması .	25
Çizelge 2.3. Kodsuz/Düşük Kod ve Geleneksel Yazılım geliştirme karşılaştırılması.....	28
Çizelge 3.1. Sanal fabrika açık işletim sistemi (vf-OS) işlevleri.....	50
Çizelge 3.2 . Düşük kodlu platformlar ve vf-OS’ ın temel özellikleri.....	52
Çizelge 4.1. Grupların özellikleri .....	67
Çizelge 4.2. Ulaşılan bulgular .....	72
Çizelge 4.3. Orijinal ve düzeltilmiş değerlendirme anketi maddeleri (*= ters derecelendirme) .....	74
Çizelge 4.4. Likert ölçeği değerleri .....	74
Çizelge 4.5. Düşük kodlu platformlarda geliştirme altyapısını değerlendirme.....	76
Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan Devops yeteneklerini.....	82
Çizelge 4.7. Üretim sektöründe geliştirilmiş iş süreçleri .....	132

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Görselleştirilmiş simetrik kriptografi .....	11
Şekil 2.2. Blok Zinciri çeşitleri.....	15
Şekil 3.1. Endüstri devrimlerinin kronolojisi .....	32
Şekil 3.2. Yalın üretim unsurları.....	40
Şekil 3.3. Endüstri 4.0 ‘ in tedarikçi faktörleri üzerindeki etkisi.....	41
Şekil 3.4. Endüstri 4.0 ‘ın süreç faktörlerine etkisi .....	44
Şekil 4.1. Outsystems Service Studio'da (sağ taraf) mobil uygulamanın tasarımı (sol taraf). .	93
Şekil 4.2. SimbaChain'de işlemlerin (mavi) ve varlıkların (kırmızı) veri modeli için görsel bir düzenleyici kullanan akıllı sözleşme tasarımı .....	93
Şekil 4.3. Linux Vakfının geliştirdiği açık kaynak kodlu projeler .....	94
Şekil 4.4. Yayın biriktirme listesi yönetimi .....	109
Şekil 4.5. Cardboard ikonu.....	113
Şekil 4.6. Kanban kart örneği.....	114
Şekil 4.7. Kanban kart hikeye gösterimi .....	115
Şekil 4.8. Widget kullanımı.....	116
Şekil 4.9. Hamburger icon.....	116
Şekil 4.10. Gruplama kartları .....	117
Şekil 4.11. Grup başlığı, bu gruptaki kartların sayısını, hikaye puanlarının toplamını ve grup etiketi gösterimi .....	117
Şekil 4.12. Simgeye göre sırayı kullanarak kartların sırasını (sütunları içinde) değiştirme ..	118
Şekil 4.13. Sorunları doğrudan cardboardlar üzerinden güncelleme.....	118
Şekil 4.14. Yer tutucular .....	119
Şekil 4.15. Yer tutucu bilgi ekranı.....	120
Şekil 4.16. Cardboard erişim kontrolü .....	120
Şekil 4.17. Karton yapılandırma sayfası .....	122
Şekil 4.18. Karton yapılandırma sayfası .....	122
Şekil 4.19. Kanban board configuration menüsü.....	123

Şekil 4.20. Kartların farklı bölümlerini etkinleştirmek/devre dışı bırakma gösterimi..... 123



## SİMGELER DİZİNİ



## KISALTMALAR DİZİNİ

AI	Yapay Zeka
ART	Çevik Yayın Treni
BHT	Bizans Hata Toleransı
CoE	Etkinleştirme Merkezi
CRM	Müşteri İlişkileri Yönetimi
CPS	Siber-Fiziksel Sistemler
DSRM	Tasarım Bilimi Araştırma Yöntemi
EVM	Ethereum Sanal Makinesi
FDM	Fused Deposition Modelling
ICT	Bilgi Ve İletişim Teknolojileri
IoT	Nesnelerin İnterneti
IT	Bilişim Teknolojileri
JIT	Just-In-Time (Tam zamanında)
KYC	Know Your Customer
LCP	Düşük Kodlu Platform
M2M	Makineden Makineye
OT	Operasyonel Teknoloji
P2P	Peer-to-Peer (Eşler Arası)
PoET	Geçen Zaman Kanıtı
PoS	Proof-of-Stake
RPC	Uzaktan Yordam Çağrısı
RFID	Radyo Frekanslı Tanımlama
SCM	Tedarik Zinciri Yönetimi
SEO/SEM	Arama Motoru Pazarlama
SLS	Seçici Lazer Sinterleme
SMED	Tek Dakikalık Kalıp Değişimi
SOA	Hizmet Odaklı Mimari
TPM	Toplam Üretken Bakım
UX/UI	Kullanıcı Arayüzü Tasarımı
Vf-OS	Sanal Fabrika Açık İşletim Sistemi
VM	Görsel Yönetim
VSM	Değer Akış Haritası

## TEŞEKKÜR

Öğrenim hayatım boyunca her zaman maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan ve çalışmalarım sırasında bana gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı annem Hayriye GÜVEN'e ve babam Halim GÜVEN'e teşekkürü borç bilirim. Yüksek Lisans Tez konumda bana yol gösterici olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN'e değerli katkıları için teşekkür ederim.

Hilal GÜVEN

Yüksek Lisans Öğrencisi



## 1. GİRİŞ

Blok zinciri teknolojisi kısaca mevcut internet ortamında veri transferinin yapılmasını sağlayan, değerli varlıkların (bitcoin gibi) transferine olanak sağlayan merkezi olmayan bir şifreleme kayıt defteri olarak tanımlanmaktadır (Anonim, t.y.). Sayısal ve fiziksel verilerin takip edilmesi ile ayrıca verilerin üzerinde yapılan işlemlerin takip edilmesi amacıyla kullanılabilir (Göktaş ve Aksu, 2021). En önemli özelliğinden biri olan herhangi bir merkezi olmaksızın kullanıcılar tarafından bir doğrulama sistemine sahip olması dijital dönüşümde büyük rol oynamaktadır. Blok zinciri süreklilik ve izlenebilirlik sağlamaktadır (Javaid, Haleem, Singh, Khan ve Suman, 2021). “Blok zinciri teknolojisi mevcut veri tabanı mantığından farklı olarak merkezi otoritedeki yetkilerin zincirdeki her bir düğüme dağıtılarak yetki ve sorumluluk paylaşımını sağlamaktadır” (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019). Blok zinciri yapısının doğru kullanılmasıyla ve entegrasyonunun sağlanmasıyla beraber Endüstri 4.0 ile dijital dönüşüm bakımından sektörlere rekabette büyük katkılar sağladığı görülmektedir (Tanrıverdi vd., 2019).

Blok zinciri teknolojisinden ilk olarak 2008 yılında Satoshi Nakamoto isimli bir araştırmacı tarafından ortaya atılmış olup ilk kullanım yeri "Bitcoin" kripto para transferinde olmuştur. Blok zinciri piyasası için öngörü olarak Allied Market Research'ün 2016 verilerinde göre (228 milyon \$) yayınladığı raporda 2023 yılına kadar 5,4 milyar \$ civarında olacağı belirtilmiştir (Tanrıverdi vd., 2019). Blok zincir teknolojisi sadece kripto para için kullanılmamaktadır. Geleneksel veri tabanı yöntemlerini kullanan sistemlerle karşılaştırıldığında değer değişimi, daha hızlı, daha güvenli ve daha ucuz bir şekilde kullanılabilir (Ünal ve Uluyol, 2020). Blok zinciri teknolojisi kurumsal firmalarda kullanımı gitgide yaygınlaşmakta olup bu alanda başı çeken şirketlerden olan IBM, Amazon, Hewlett Packard ve Microsoft gibi firmalar Blokchain-as-a service (BaaS) hizmetlerini müşterileri ile buluşturmak için bu alanda çeşitli çalışmalarını sürdürmektedirler (Tektaş ve Doğan, 2021).

Endüstri 4.0 günümüzde firmaların sistemlerine entegre ettiği birçok teknolojiyi içinde barındıran önemli bir teknolojik devrimdir. Endüstri 4.0 beraberinde birçok sorun da getirmektedir. Bu sorunlar ile başa çıkmak için blok zinciri teknolojisinden yararlanılmalıdır. Blok zincir teknolojisi; kripto paralar, vatandaşlık bilgilerinin kaydı ve yönetimi, elektronik oylama, tedarik zinciri yönetimi gibi birçok uygulama sahasına sahiptir (Anonim, t.y.). Tedarik zinciri, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için birlikte çalışan birden fazla

işletmeden oluşan dinamik bir yapıdır. Blok zinciri tedarik zinciri genelinde süreklilik ve izlenebilirlik sağlamaktadır (Javaid vd., 2021).

Blok zinciri teknolojisi için kullanılacak kodların karmaşıklığından kurtulmak ve daha hızlı entegre edebilmek için düşük kodlu yazılım geliştirme platformları kullanılmalıdır. Bu sayede daha hızlı ve daha az ya da hiç kod bilmeden sisteme entegre edilmesine olanak sağlar.

### **1.1. Literatür Özeti**

Aytaç Yıldız'ın (Yıldız, 2018) 2018 yılında yayınlamış olduğu 'Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar' çalışmasında, bugüne kadar olan endüstri devrimlerine değinmiştir. Endüstri 4.0 olarak da bilinen son sanayi devrimini esas aldığı çalışmada, Endüstri 4.0 in sağladığı katkılara değinmiştir. Çalışmada Endüstri 4.0 bileşenleri için birbirleriyle haberleşen, sensörler ile ortamı algılayabilen ve veri analizi yaparak ihtiyaçları fark edebilen robotlarla üretimi devralıp; daha kaliteli, daha ucuz, daha hızlı ve daha az israf yapan bir üretim yapmayı amaçladığına değinilmiştir. Çalışmada Endüstri 4.0 teknolojisinin işletmelerin rekabet ortamını koruyabilmeleri için benimsemeleri gerektiğine vurgu yapılmış olup, akıllı fabrikalar hakkında bilgi verilerek fabrikalar için dijital dönüşümün Endüstri 4.0 ayağında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Fatih Eroğlu'nun (Eroğlu, 2019) 2019 yılında yayınlamış olduğu 'Nesnelerin interneti tabanlı endüstri 4.0 sanayi uygulaması' çalışmasında, Endüstri 4.0'ın firmalar bazında faydalarına, zorluklarına ve bileşenlerine değinilmiştir. Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki mevcut konumu hakkında gerçekleştirilmiş anket çalışması olan imalat sanayisinin mevcut durumunu gösteren dijital dönüşüm kapsamında atılacak adımları belirlemek amacıyla T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından bir anket çalışmasına yer verilmiştir. Endüstri 4.0 teknolojisinin Türkiye'deki sektörlere yönelik gerçekleştirilen raporlar incelenmiştir. Çalışmada bir endüstriyel tesiste Endüstri 4.0 uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulamada stok takibinin yapılabilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Endüstri 4.0 teknolojilerinden olan IoT(Nesnelerin İnterneti) dijital dönüşüm projesi gerçekleştirilerek stok, üretim, planlama ve servis uygulamaları arasında iletişimi sağlamıştır.

Abdullah Yıldızbaşı ve Pelin Üstünyer 'in (Yıldızbaşı ve Üstünyer, 2019) 2019 yılında yazmış olduğu 'Tarımsal gıda tedarik zincirinde blok zincir tasarımı: türkiye'de hal yasası örneği' makalesinde blok zincir teknolojisinin temel prensiplerine değinilmiştir. Tedarik zincirinde blok zincirinden nasıl yararlanılacağı üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir.



Gıdaları bir aracıya ihtiyaç duymadan tedarik zinciri yönetim süreci boyunca blok zincirinden yararlanarak denetim ve kayıt sistemini kolaylaştırmak için bu çalışma bir öneri olarak hazırlanmıştır.

Niels Hackius ve Moritz Petersen'in (Hackius ve Petersen, 2017) 2017 yılında yayınlamış oldukları 'Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat?' çalışmasında blok zincirinin lojistik ve tedarik zinciri yönetimi konusunda endüstrileri nasıl etkileyeceğinden bahsedilmiştir. Yapılan anket çalışmasında lojistik uzmanlarına blok zinciri için beklentileri ölçülmüştür. Elde edilen verilerde, çoğu katılımcının olumlu yanıt verdiği görülmüştür. Fakat katılımcıların değerlendirmelerini etkileyen faktörler olmuştur. Bu faktörler; blok zinciri deneyimsizliği, çalışanların benimseme durumu, faydalarının net olmaması ve blok zincirinin operatörlere bağlı kalması gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda firmaların teknolojiyi benimsemede kuşkuvarlığının olduğunu, blok zincirinin sektörler üzerindeki etkisinin farkına varmasına rağmen, olası blok zinciri uygulamaları için kaynak ayırma konusunda tereddüt ettikleri görülmektedir.

Giorgio Alessandro Motta, Bedir Tekinerdogan ve Ioannis N. Athanasiadis'in (Motta, Tekinerdogan ve Athanasiadis, 2020) 2020 yılında yayınlamış oldukları 'Blockchain applications in the agri-food domain: the first wave' çalışmasında blok zinciri teknolojisini tarım ve gıda endüstrisinde uygulama potansiyeline değinilmiştir.

Raquel Sanchis, Garcia Perales, Francisco Fraile'in (Sanchis, García-Perales, Fraile ve Poler, 2019) 2020 yılında yayınlamış oldukları 'Low-Code as enabler of digital transformation in manufacturing industry' araştırmalarında imalat endüstrisinde dijital dönüşümün önemli bir parçası olarak düşük kod ele alınmıştır. Şu dönemde işletmelerin değişen pazar gereksinimlerine hızlı ve esnek yanıtlar vermesi gerektiğinden düşük kodlu geliştirme platformları, mevcut kurumsal ihtiyaçları desteklemek ve dijital dönüşümü teşvik etmek için yazılım uygulamalarının geliştirilmesini kolaylaştıracak ve otomatikleştirecek teknoloji mekanizmalarını sağlayacaktır. Çalışmada sanal fabrika açık işletim sistemi (vf-os) platformu çok taraflı düşük kodlu bir çerçeve olarak tanımlanmış olup vf-OS ile diğer düşük kodlu platformlar hakkında bilgi sağlanmıştır. Bu araştırmanın analizinin geliştirilmesi sırasında; geliştirilmiş çeviklik, maliyet azaltma, daha hızlı uygulama oluşturma ve teslim etme gibi hususlar, yazılım geliştirme araçlarının otomasyonunda kilit faktörler olarak vurgulanmıştır. Ancak, düşük kodlu geliştirme platformlarının kullanımının da bazı engeller getirdiğini belirtmişlerdir. İnsanlar doğası gereği değişime isteksizdir ve düşük kodun

evrensel olarak benimsenmesi, şirketlerin değişime direnci nedeniyle azalabilir. İşletmelerin rakiplerinden çok daha hızlı yeni dijital çözümler geliştirmeleri gerektiğinden düşük kodlu geliştirme platformları gibi otomasyon yazılımı geliştirme araçları bu yeni şirketlerin dijital gereksinimlerine yanıt olabilmektedir.

Prince Waqas Khan ve arkadaşlarının (Khan, Byun ve Park, 2020) 2020 yılında yayınlamış oldukları "IoT-Blockchain enabled optimized provenance system for food Industry 4.0 using advanced deep learning" çalışmasında gıda endüstrisinde yapay zeka teknikleri ile IoT ve blok zinciri teknolojisinin birlikte kullanılmasına değinilmiştir. Yapılan çalışmada gıda sektöründe Endüstri 4.0 için optimize edilmiş bir tedarik zinciri kaynak sistemi önerilmiştir. Sistem ilk kullanıcıdan son kullanıcıya kadar gıdanın her adımını takip eden bir tedarik zinciri olarak kurulmuştur. Sistemin modeli ve mimarisi üç grup ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak önerilen yöntemlerinin çok sayıda kullanıcıyı idare edebileceğini ve bunun sistem performansını etkilemeyeceğini gözlemlemişlerdir.

Taehyun Ko ve arkadaşlarının (Ko, Jaeram ve Ryu, 2018) 2018 yılında yayınlamış oldukları "Blockchain technology and manufacturing industry: real-time transparency and cost savings" isimli çalışmada blok zinciri teknolojisinin imalat endüstrisinde gerçek zamanlı şeffaflık ve maliyet tasarrufu sağlama mekanizmalarını açıklamak için finans endüstrisindeki ve tedarik zincirlerindeki mevcut blok zinciri teknolojisi uygulamalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak imalat firmalarının blok zinciri teknolojisinin iki özelliği olan gerçek zamanlı şeffaflık ve maliyet tasarrufu aracılığıyla karlarını artırabileceğinin altını çizmişlerdir. Bu nedenle firmaların blok zincirinin benimsemeleri gerektiğinin üzerinde durulmuştur.

S. Matthew English ve Ehsan Nezhadian'ın (English ve Nezhadian, 2017) 2017 yılında yayınlamış oldukları "Application of bitcoin data-structures & design principles to supply chain management" çalışmalarında etkili bir tedarik zinciri yönetim sistemi tasarlamak için blok zinciri mimari bileşenlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak tedarik zincirleri için bir blok zincirinin özel olması gerektiğinin altı çizilmiştir. Blok zinciri uygulamalarının önizlemesi, tedarik zincirlerindeki mevcut izleme ve izleme sorunlarını gerçek zamanlı bilgilerle çözebileceğini söylemişlerdir.

Henry M. Kim ve Marek Laskowski (Kim ve Laskowski, 2016) 2016 yılında yayınlamış oldukları "Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance" çalışmalarında Nesnelerin İnterneti ve blok zinciri teknolojisinin

kombinasyonunun altını çizmişlerdir. Çalışmada blok zinciri özelliklerinden otomasyon (akıllı sözleşme), artıklık (kuruluşlar arası kayıt tutma), düşük sürtünme (hafif finansal sistemler), değişmezlik (kaynak takibi), paylaşılan ve genel veri tabanı odaklanılmıştır.

Pınar Göktaş ve Berkay Aksu'nun (Göktaş ve Aksu, 2021) 2021 yılında yayınlamış oldukları “Endüstri 4.0 ile beraber blok zincir (blockchain) teknolojisi, bitcoin ve sanal paraların gelecekteki olası etkileri” adlı çalışmalarında Türkiye'nin blok zincir teknolojisine bakış açısına denilmiştir. Türkiye'nin blok zincir konusunda nasıl bir yol izleyeceğinin tartışıldığına ve TCMB, Hazine Müsteşarlığı ve Takasbank gibi kurumların bu konuyu takip ettiğini, desteklediklerini belirtmişlerdir. Endüstri 4.0 ile dijital dönüşüm sürecinde büyük ilerleme kaydedileceğinin ve insanlarla sistemlerin birbirleriyle bağlantısının yaygın ve etkin bir şekilde sağlanacağını altı çizilmiştir.

Feng Tian'nın (Tian, 2016) 2016 yılında yayınlamış oldukları “An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology” çalışmalarında Çin'in gıda güvenliği sorununa değinmişlerdir. RFID (Radyo Frekans Tanımlama) ve blok zinciri teknolojisinin kullanım ve geliştirme durumu incelenmiştir. Daha sonra tarım-gıda tedarik zinciri izlenebilirlik sisteminin oluşturulmasında RFID ve blok zinciri teknolojisini kullanmanın avantaj ve dezavantajları analiz edilmiştir. Ayrıca sistemin yapım süreci gösterilmiştir.

André Leal ve arkadaşları (Leal, Rodrigues ve Pereira, 2020) 2020 yılında yayınlamış oldukları “Sec lending chain a blockchain experimentation at banco de Portugal” çalışmalarında blok zincirinin farklılaşan yeteneklerini, Merkez Bankaları perspektifinden zorlukları daha iyi anlamak ve blok zinciri tabanlı çözümlerin nasıl geliştirilip dağıtılacağını öğrenmek için bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Banco de Portugal'da (BdP) gerçekleştirilen denemede, Hyperledger Fabric 1.3 blok zinciri platformu kullanılmış ve blok zinciri DLT ortamına yerleştirilmiştir. CLI, REST API ve Web arayüzü düşük kodlu platform olan OutSystems ile geliştirilmiştir. Blok zinciri ağı iki tane ulusal bankaya kadar genişletilmiştir. Ağın ulusal bankalara kadar genişletilmesinin zorluklarına değinilmiştir. Bu araştırma sonucunda BdP'nin blok zinciri teknolojisi ve dağıtılmış eşler arası ağlar hakkındaki bilgisi artırılmıştır. Otomatik komut dosyalarıyla birlikte bir Experimentation Framework kullanımı, daha hızlı ve daha anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Manuela Dalibor ve arkadaşları (Dalibor vd., 2022) tarafından 2022 yılında yayınlamış oldukları “Generating customized low-code development platforms for digital twins” çalışmalarında alan uzmanlarının en uygun modelleme dillerini kullanarak siber-fiziksel sistemler için dijital ikizler oluşturmasını ve çalıştırmasını sağlayan, dijital ikizler için düşük kodlu geliştirme platformlarının model güdümlü mühendisliği entegrasyonu için hazırlanmıştır. Bu yöntemi kullanarak, yazılım mühendisleri, alan uzmanları dijital ikizler oluşturmak için oluşturulan platformdan yararlanmadan önce, dijital ikizler için düşük kod geliştirme platformunu oluşturmak üzere bilgi sistemini gerekli modelleme dilleriyle yapılandırmalarını sağlamak amaçlanmıştır. Bu yöntem ile özel düşük kodlu geliştirme platformları oluşturulup, çeşitli uygulamalar için özelleştirilmiş dijital ikizler oluşturmak ve çalıştırılmasını kolaylaştırmak sağlanmıştır. Bu yöntem, özel düşük kodlu geliştirme platformları oluşturmanın yanı sıra çeşitli uygulamalar için özelleştirilmiş dijital ikizler oluşturmayı ve çalıştırmayı kolaylaştırmıştır.

Faysal Cemil ve arkadaşları (Jamil, Ahmad, Iqbal ve Kim, 2020) tarafından 2020 yılında yayınlamış oldukları “Towards a remote monitoring of patient vital signs based on iot-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals” çalışmalarında blok zincirinin ilaç endüstrisinde verilerin gizliliği ve şeffaflığı özelliklerinden yararlanılmıştır. Blok zincirine dayalı akıllı sözleşmeler kullanarak hastanın yaşamsal belirtilerini izlemek hedeflenmiştir. Hyperledger Fabric kullanılarak önerilen sistem tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu yaklaşım hastalara herhangi bir yerden tıbbi bilgilere küresel erişim gibi çeşitli faydalar sağlamıştır. Libelium e-Sağlık araç seti ile elde edilen veriler kullanılmıştır. Tasarlanan ve geliştirilen sistemin performansı, Hyperledger Caliper olarak bilinen standart bir kıyaslama aracı kullanılarak saniye başına işlem, işlem gecikmesi ve kaynak kullanımı açısından değerlendirilmiştir. Önerilen sistemin, hasta verilerini izlemek için geleneksel sağlık sisteminden daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur.

## **1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Covid-19 salgını ile üretimde ve tedarik zincirinde birçok aksama yaşanmıştır. Firmalar bu aksamalar ile başa çıkmak için Endüstri 4.0, blok Zinciri ve düşük kodlu platformları sistemlerine entegre etmek durumunda kalmışlardır. Bu üç teknolojiyi birbirleri ile etkileşim halindedirler. Bu sayede dijital dönüşüm ve yeni teknolojilerin entegre edilmesi daha da hız kazanmıştır. Covid-19 süreci ile birlikte tedarik zincirinin aksaması durumunda yaşanabilecek olumsuzluklar karşısında blok zincirinin sağladığı yeni iş

süreçlerinin benimsenmesinin önemi fark edilmektedir. Firmalar geliştirilen yeni üretim anlayışları ile pazar paylarını stabil tutup daha da arttırmayı hedeflemektedirler. Ülkemizde de başta Endüstri 4.0 olmak üzere diğer teknolojik gelişmeler içinde yol haritası oluşturulmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada ilk bölümde blok zinciri teknolojisi ve düşük kodlu platformlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Blok zinciri ile düşük kod teknolojisi arasındaki ilişki ile blok zinciri teknolojisinde düşük kodlu platformların yardımı ile sağladığı kullanım kolaylığına değinilmiştir. İkinci bölümde Endüstri 4.0 bileşenleri ve yalın üretim hakkında bilgi verilmiş, iş süreçlerinde Endüstri 4.0 teknolojisinin yalın üretimdeki yeri ve ilişkisi açıklanmıştır. Ayrıca aynı bölümde Endüstri 4.0'da düşük kodlu platformların yerine değinilmiş olup, düşük kodlu platformların imalat endüstrisinde sağladığı avantajlar ile üretim endüstrisinde uygulama adımları açıklanmıştır. Saha araştırmaları ve uygulama örnekleri bölümünde blok zinciri ile Endüstri 4.0 ve düşük kodlu platformlarından firmaların beklentileri ve faydaları üzerine değerlendirmeler yapılmış olup ülkemizde firmalar düşük kodlu platform kullanımı daha yeni olduğu için bir araştırma alanında kullanılamasak ta farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş dört farklı anket çalışması incelenerek firma çalışanlarının düşük kodlu geliştirme platformu hakkında düşündüklerini ve çalışanların bilgi seviyelerine göre farklılıklarının tespiti yapılmış olup karşılaştırılmıştır. Bir sonraki alt bölümde gıda sektöründe daha sonraki çalışmalarda kullanılabilme üzere bir araştırma taslağı oluşturulmuştur. Uygulama kısmında blok zinciri ile Endüstri 4.0 ve düşük kodlu platformlarından yararlanılarak gerçekleştirilmiş uygulamalar incelenmiştir. Ayrıca Hyperledger ile geliştirilmiş projelere değinilerek IBM blok zinciri sayesinde gıda sektöründe geliştirilmiş uygulamalar açıklanmış olup firmaların blok zincirinin faydalarını ve şirketlerine ne ölçüde etki edeceğinin altı çizilmiştir. Codebeamer platformunda kanban kartlarının işleyişi açıklanarak hem program hakkında bilgi verilerek yapabilecekler aktarılmıştır.

Bu dijital dönüşüm bileşenlerinin derinlemesine incelenmesinin amacı firmaların bu teknolojileri neden benimsemesi gerektiğini, nasıl ve neye göre tercihlerde bulunması gerektiği, dijital dönüşüm teknolojilerini firmalarına adapte ederken nelere dikkat etmeleri gerektiği vb. konularda yol gösterici olmak amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu anlamda firmaların bu teknolojik gelişmelere ayak uydurmadıkları zaman pazar paylarından saf dışı kalarak yerini yeni teknolojik gelişmelere ayak uyduran firmalara bırakacaklarının altı çizilmiştir. Blok zinciri ve Endüstri 4.0 teknolojisinde düşük kod platformlarının önemli yer

edindiğini, bu iki teknolojinin düşük kodlu platformlar sayesinde açıklarının kapatılarak daha kullanışlı olmalarını sağlayacağı kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın bütünü firmaların hangi noktalarda bu teknolojileri birleştirmesi gerektiği, nelere dikkat etmeleri gerektiğinin aktarılması hedeflenmiştir.

Çalışmanın amacı henüz dijital dönüşümle tanışmamış ya da daha yeni adımlar atan firmalar için süreç sonunda elde edilen avantajların ortaya konulması, bu dijital dönüşüm potansiyelinin ülkeye yayıldığında firmalara sağlayacağı rahatlık ve ekonomik katkılarının fark edilmesi amacıyla yapılmıştır. Ayrıca düşük kodlu platformların Endüstri 4.0 ve blok zincirine ve blok zincirinin Endüstri 4.0 bileşenlerine sağladığı katkılar ele alınmıştır. Firmaların dijital dönüşümde nasıl bir yol izlemesi gerektiği sunulmuştur.



## 2. BLOK ZİNCİRİNDE DÜŞÜK KODLU PLATFORMLARIN KULLANIMI

Blok zinciri teknolojisi kripto para odaklı düşünülse de aslında kuruluşlar için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Blok zinciri sayesinde firmalar şeffaflık ve güvenilirliği daha kolay sağlamaktadır. Blok zinciri teknolojisi büyüdükçe karmaşık bir ağ yapısına sahip olmaktadır. Sıfırdan bir blok zinciri platformu oluşturmak karmaşık olup hem maliyet hem de yetenek gerektirmektedir. Firmaların bu durumla başa çıkabilmeleri için devreye düşük kodlu platformlar girmektedir. Düşük kodlu platformlar kodlama bilgisi az olan kullanıcı ve firmalar için büyük avantaj sağlar. Bu iki teknoloji firmalara maliyet ve zaman açısından fayda sağlayacaktır. Bu bölümde blok zinciri ve düşük kodlu platformlar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bu iki teknolojinin birlikte kullanılması ile aralarındaki ilişkiye de değinilmiştir.

### 2.1. Blok Zinciri

Blok zincir teknolojisinden ilk defa Satoshi Nakamoto 2008 yılında blok zinciri ve P2P (peer-to-peer) para transferlerini anlattığı makalesin de bahsetmiştir (Topcu ve Sarıgül, 2020). Yayında blok zincirini açıklarken, gerçekleştirilen her işlemin ağda bulunan ve erişilebilir katılımcılar tarafından kaydedilip ve paylaşılacak bir veri yapısı olduğu şeklinde tanımlamıştır (Tanrıverdi vd., 2019). Blok zinciri; kripto paralar, vatandaşlık bilgilerinin kaydı ve yönetimi, elektronik oylama, tedarik zinciri yönetimi gibi birçok alanda kullanılıp uygulanmaktadır (Anonim, t.y.).

Teknolojik gelişmelerin hız kazandığı yıllarda ve insanların birbiri ile çok sık iletişim halinde olduğu bir dijital dönemde bulunmaktayız. Bu dönemde gerek insanların gerekse globalleşmeye yönelik adımlar atmaya çalışan şirketlerin ihtiyaçları doğrultusunda yeni teknolojilere yönelmeye çalışmaları kaçınılmazdır. Bu noktada blok zinciri önem arz eden bir teknolojiler başında yer almaktadır.

Blok zinciri teknolojisi her sektörün yararlanabileceği özellikleri içinde barındırmaktadır. Blok zinciri teknolojisini yaygınlaşması için sektörün içinde yer alan her çalışanın bu teknolojinin gerekliliğini anlaması ve kabul etmesi gerekmektedir. Bu teknolojinin yaygınlaşması ile bilinirliği farklı sektörler tarafından artacaktır.

Blok zinciri temel olarak kayıt ve bilgiyi korumak için kullanılmaktadır. İşlem verimliliğini arttırmak için blok zinciri teknolojinin sektörlere adapte etmek önemlidir. Bu

teknolojiyi geliştirilmiş akıllı fabrikalarda kullanmak bilgi güvenliğini sağlamak açısından ciddi bir öneme sahiptir (Javaid vd., 2021).

Genel olarak izinsiz veya izinli olarak sınıflandırılan birçok blok zinciri uygulaması vardır. İzinsiz olanlar genel olarak herkese açıktır böylece dışardan herkes müdahalede bulunabilir, izinli veriler ise kısıtlı ve özel olarak kullanılmaktadır. İzinsiz ağlar, kripto para birimleri gibi genel alanlarda kullanılmaktadır, ancak kurumsal bir ortamda ve birçok endüstride izinli ağların kullanımı önemlidir (Subramani, 2020).

### **2.1.1. Blok Zincirinin Çalışma Modeli**

Blok zinciri sisteminin temel bileşenleri asimetrik kriptografi, işlemler, güvenli dağıtılmış defter ve konsensüs mekanizmalarıdır (Bhushan, Sahoo, Sinha ve Khamparia, 2020).

**Asimetrik Kriptografi:** Açık anahtarlı kriptografi olarak da bilinen asimetrik kriptografi, blok zinciri teknolojisinin temel bileşenlerinden biridir. Bu kriptografi biçimi, herkesin işlemlerin bütünlüğünü doğrulamasını, verilerin çalınmasına karşı korumak gibi birçok işlevi vardır. Asimetrik kriptografiyi açıklamadan önce kriptografinin ne olduğunu anlamak gerekir. Kriptografi, verileri belirli bir biçimde depolamak ve iletmek için kullanılan ileri matematiksel ilkeleri kullanma yöntemidir. Bu sayede yalnızca belirli kişiler verileri okuya bilir ve işleyebilir. Şifreleme kriptografide önemli bir kavramdır asimetrik kriptografi de bu şifreleme yöntemlerinden biri olmaktadır (Hackernoon, 2021).

Asimetrik kriptografi, simetrik kriptografiye benzemektedir ancak daha karmaşık ve simetrik kriptografinin dezavantajına karşı bir çözüm barındırmaktadır. Simetrik kriptografiden farklı olarak anahtar çiftlerini kullanmasıdır, asimetrik şifreleme verileri şifrelemek ve şifresini çözmek için paylaşılan bir anahtar yerine çift anahtar kullanmaktadır. Anahtar çiftleri biri public key(genel anahtar) diğeri private(özel anahtar) olmak üzere 2 tane bölümden oluşmaktadır. Public key kullanıcı adı olarak düşünülebilir. Herkes tarafından kullanılabilen ve bu kullanıcı adıyla değişikliklerin herkesle paylaşılabilceğini göstermektedir. Private key'de kullanıcı adı bir parolaya bağlı olup sadece kullanıcı adıyla parolaya ulaşamaz. Ayrıca üzerinde bir değişiklik yapılmasına izin verilmesi mümkün değildir (Hackernoon, 2021). Private key belirli bir kullanıcı adına sahip bir hesabın şifresi olarak görülebilir. Herkese açık değildir ve kimseyle paylaşılmamalıdır. Private key, hesaplardaki işlemleri yetkilendirmek için kullanılır. Normal hesaplardan farklı olarak, hesaba



erişmek veya hesap üzerinde herhangi bir işlemi yetkilendirmek için yalnızca private key gereklidir (Hackernoon, 2021).

Şekil 2.1'de güvenli bir şekilde mesaj gönderirken bu tuşların pratikte nasıl çalıştığı yer almaktadır. Öncelikle gönderici, mesajı alıcının açık anahtarıyla şifreler, daha sonra gönderici (şifreli) mesajı güvenli bir şekilde gönderebilir, çünkü mesajı görmenin tek yolu, sadece alıcının sahip olduğu ilgili özel anahtarla şifreyi çözmektir. Alıcı daha sonra mesajı alır ve özel anahtarı kullanarak mesajın şifresi çözülür (Hackernoon, 2021).



Şekil 2.1. Görselleştirilmiş simetrik kriptografi (Hackernoon, 2021)

Anahtar çiftlerinin kullanılması nedeniyle asimetrik kriptografi, verileri şifrelemenin (çok) daha güvenli bir yoldur ve yalnızca alınması gerekenlerin alınmasını sağlar (Hackernoon, 2021).

İşlemler (Transactions): Düğümler arasında bilgi alışverişi ve paylaşımı P2P bazında blok zinciri tarafından etkinleştirilir. Kaynak bir dosya oluşturup bunu aktarım bilgilerini içeren tüm ağa yayımlar. Düğümler tarafından sürekli olarak bloklar halinde oluşturulan ve toplanan bu işlemler geçerli blok zinciri durumunu temsil etmektedir. Tüm adreslerdeki geçerli bakiye her düğüm tarafından bilindiğinden önceki işlemlerin geçmişini tutan mevcut blok zinciri kopyasını korur. Her işlemten sonra blok zincirinin durumunda bir değişiklik vardır. Her saniye oluşturulan sayısız işlem nedeniyle, meşru olanları doğrulamak son derece önemlidir (Bhushan vd., 2020).

Konsensüs Mekanizması (Consensus mechanism): Konsensüs mekanizmaları diğer adıyla uzlaşma mekanizmaları bulunan ağdaki işlem kayıtlarının onaylı ve doğru şekilde yapılıp yapılmadığını kontrolünü sağlayan algoritmadır. Genel olarak ağ içerisinde güvenliği sağlamaktadır. Blok zincirlerinde birden fazla ödeme yapılmasını önlemek için oluşturulmuş sistemlerdir. Bu da ağ içerisinde bulunan en önemli sorunlardan birini oluşturmaktadır. Bu algoritma sayesinde doğrulama için gereken bütün işlemler oluşturulan kurallar ile bir

uzlaşma mekanizması üzerinden gerçekleştirilmektedir. İşlem kayıtları sistemden şeffaf bir şekilde izlenebilirken aynı zamanda gerçekleştirilen işlemler uzlaşma mekanizmaları tarafından doğrulanabilir ve değiştirilemezdir (Yener, 2020). Yani kısaca dağıtık bir ortam içerisinde kullanıcıların veya makinelerin koordine bir şekilde hareket edebilmelerini sağlayan bir mekanizmadır (Başaran, 2021).

Uzlaşma mekanizmalarının finansal alanda kullanımı ile paranın bir hesaptan başka bir hesaba aktarımında doğrulama ihtiyacı sorunu ortadan kalkmaktadır. Algoritma ile birlikte gerekli olan doğrulama işlemleri belirli kurullarla oluşturulmuş uzlaşma mekanizması ile sistem tarafından yürütülmektedir. Şeffaf bir şekilde takip edilen işlem kayıtları uzlaşma mekanizmaları sayesinde doğrulanmakta ve değiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu uzlaşma mekanizmaları üzerinde çalışmaya ve mevcut mekanizmalardaki zorlukları aşmak için kurumlar çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Yener, 2020).

Proof of work (İş kanıtı) ve proof of stake (hisse ispatı) uzlaşma mekanizmaları arasında en çok bilenenlerdendir. Konsensüs mekanizması için ilk olarak proof of work (PoW) fikri 1993'te Cynthia Dwork ve Moni Naor tarafından ortaya atılmıştır, daha sonra Satoshi Nakamoto tarafından Bitcoin makalesinde yer almıştır (Anonim, 2019). PoW katılımcılar arasındaki koordinasyonu sağlamak için geliştirilmiş. PoW konsensüs mekanizmaları arasında en çok kullanılan algoritmalarından biri olup madencilik(mining) olarak tanımlanır (Tanrıverdi vd., 2019).

Konsensüs mekanizmasının amacı, düğümlerin birbirine güven olmadığı bir ortamda tüm düğümleri anlaşmalı olarak getirmek, yani birbirine güvenmektir. Yeni bloktaki tüm işlemler daha sonra doğrulanır ve ardından yeni blok, en uzun yüksekliğe sahip blok zincirine eklenir (Anonim, 2019). Madenciler (ağdaki özel bilgisayarlar) bloğa eklemek için karmaşık matematik problemini hesaplamak için proof of work algoritması kullanılır.

Doğrulayıcılar konsensüs mekanizmasında bir çözüme ulaşıncaya kadar verileri ekleyip hash edebilmektedir. Verilerin hash fonksiyonundan geçmesiyle random olarak harf ve sayılar oluşturulmaktadır. Tekrardan hash edilen verilerden yine aynı sonuçlar ortaya çıkar. Verilerin üzerinde yapılacak küçük değişikliklerde bile sonuç değişecektir (Başaran, 2021).

Fonksiyona bakıldığı zaman çıktıya göre girdinin ne olduğunun bilinmesi mümkün değildir. Verilere sahip olduğumuzu kanıtlayabilmek için hash fonksiyonları ideal olmaktadır.

Verilerin paylaşılması durumunda çıktının aynı olduğunu kontrol edebilmek için hash fonksiyonundan veri geçirilmelidir (Başaran, 2021).

Proof of work'ta protokol, mevcut herbir blok'u geçerli hale getirebilecek şart ortaya koymalıdır. Örnek olarak protokol, sadece 00 ile başlamış hash değerinin bloklar için geçerli olduğunu söylenebilir. Madenci, birden fazla girdi ile deneme yapabilir ve belirtilen kombinasyona uygun bir hash değerine erişebilmektedir. Madenci, aynı zamanda parametre üzerinde küçük değişiklikler yaparak doğru hash'i tespit edene kadar farklı bir çıktı oluşturabilmektedir (Başaran, 2021).

Proof of stake (PoS), PoW protokolüne alternatif olarak geliştirilmiştir ve PoW protokolünden farklı olarak enerji tasarrufu sağlayan bir uzlaşma protokolüdür (Tanrıverdi vd., 2019). 2012 yılında Sunny King ve Scott Nadal'ın yayınladığı makalede PoS protokolünün Bitcoin madenciliğinin temel sorunu olan yüksek enerji tüketimini ortadan kaldırmaya odaklanmış diğerine göre daha adil bir madencilik sistemi barındıran bir oybirliği mekanizmasıdır. Değerin ispatının en önemli özelliği sermaye gücüdür. Değerin ispatı protokolünde varlık miktarını fazla tutan bir kullanıcı, ağdaki gücünü de arttırabilmektedir (Anonim, 2020).

Doğrulama işlemini gerçekleştirebilmek için bazı temel kurallar vardır. "POS protokolünde varlık miktarı büyük olan kişilerin doğrulama işlemlerinde kullanılma ihtimali daha yüksektir ama bu sebepten dolayı adalet yönü eksiktir. "Staking" kavramı da buradan gelmektedir. POS protokolü, cüzdan sahiplerinin işlem onaylayarak kazanç elde etmesine dayanmaktadır. Daha fazla varlığı olan kullanıcı, gelirden daha fazla pay almaktadır. Ancak bunun tüm POS türlerinde aynı şekilde işlemediğini ifade etmek gerekir "(Anonim, 2020). Proof of stake, ağ güvenliğinin çoğunu sağlamak için proof-of-work'ün yerini almıştır. Her teknoloji gibi blok zincirinin de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

### **2.1.2. Blok Zincirinin Avantajlarını ve Dezavantajları**

Blok zincirinin avantajları (Tanrıverdi vd., 2019);

- Bütün kullanıcılar yapılan işlemleri ayrıntılı şekilde görebilir bu da şeffaflık sağladığını göstermektedir.

- Verilerin tüm kopyasının her kullanıcı tarafından kaydedilmesi veri kaybını ve tahribatını önlemektedir. Aynı zamanda herkes tarafından bu verilere erişim sağlanarak gerçekleştirilen değişiklikleri görülür.
- Yapılan işlemler blok zinciri üzerinden bağlı olduğundan veriler üzerinden herhangi bir değişiklik yapılamaz veya silinemez.
- Blok zinciri teknolojisi merkezi olmayan bir sistemdir ve bu da en önemli avantajıdır. Merkezi otoritenin olmaması dağıtık yapısı sayesinde kontrol edilemez, iptal edilemez veya kapatılamaz.
- Bu kaydın sonuçları, blok zincirinin şeffaflığını, değişmezliğini ve güvenilirliğini sağlamaktadır (Golosova ve Romanovs, 2018).
- Blok zinciri teknolojisi, iki veya daha fazla taraf arasındaki sözleşmelerin şartlarını dahil ederek geleneksel sözleşmelerle örtüşür, ancak koşullar karşılandığında dağıtılmış bir ortamda sözleşmelerin yürütülmesini otomatikleştirerek akıllı sözleşmeler sayesinde bunları aşmasını sağlamaktadır (Khan, Loukil, Ghedira-Guegan, Benkhelifa ve Bani-Hani, 2021).

Blok zincirinin dezavantajları (Golosova ve Romanovs, 2018):

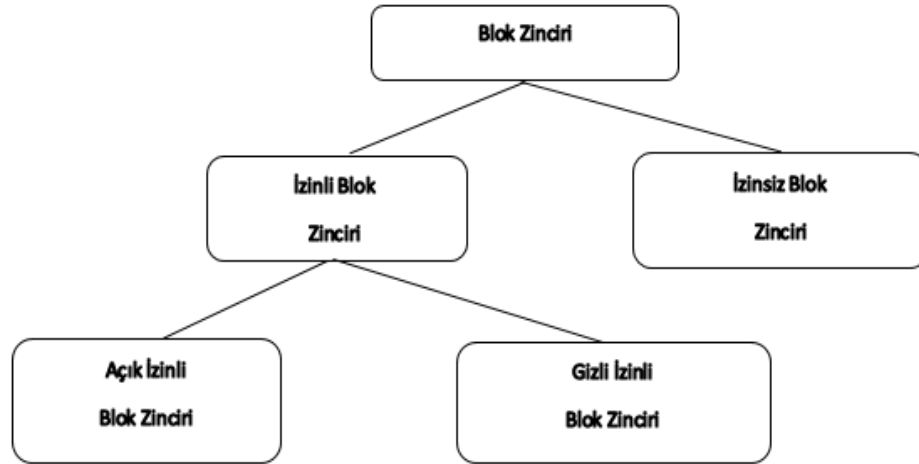
- Blok zincirinin en büyük dezavantajı yüksek enerji tüketimidir. Gerçek zamanlı bir defter tutmak için güç tüketimi gereklidir. Yeni düğüm her oluşturulduğu zaman ve aynı zamanda her düğümle iletişim kurar. Bu şekilde şeffaflık yaratılır.
- İmza doğrulaması, blok zincirinin zorlukları arasında yer alır. Her işlem için kriptografik şema ile imzalanmalıdır, büyük hesaplama gücü hesaplama işlemi için gereklidir. Yüksek enerji tüketiminin bir nedenini de bu oluşturmaktadır.
- Yazılım çatalı, protokoldeki bloklar için yeni kural kümesini oluşturur. Düğümler, soft fork'un kurallarını uygulamak için güncelleştirilir. Daha önce geçerli olduğu düşünülen blok, yeni soft fork(yumuşak çatallanma) kurallarını ihlal ederse, soft fork aktivasyonundan sonra blok dikkate alınmaz.
- Blok zincirinin bir diğer sorunu, düğümlerin miktarı ile kullanıcılar için uygun maliyetler arasındaki dengedir. Blok zincirinin doğru ve güçlü çalışması için düğümler

eksik olduğundan maliyetler daha yüksektir, çünkü düğümlerin karşılığı daha yüksek olup düğümler yoğun çalışmadığı için işlemler daha yavaş tamamlanmaktadır.

- Blok zinciri, zincire bağlı yeni bloklar ve bilgi işlem gereksinimleri arttığından dolayı büyüyen bir yapı oluşturur. Tüm düğümler gerekli kapasiteyi sağlayamaz ve iki sorun oluşturmaktadır. Birincisi daha küçük defterdir, çünkü düğümler blok zincirin tam kopyasını taşıyamaz ve blok zincirin değişmezliğini ve şeffaflığını kırar; ikincisi blok zinciri daha merkezi bir sistem haline getirmektedir.

### 2.1.3. Blok Zinciri Çeşitleri

Blok zincirinin net bir şekilde anlaşılması için merkezi olmayan ve merkezi sistemler arasındaki fark için izinli ve izinsiz blok zincirinin farklarından bahsetmemiz gerekmektedir. Blok zinciri teknolojisi izinli ve izinsiz blok zinciri olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Aşağıda bu blok zinciri çeşitlerinin alt grupları ile şekil 2.2’de gösterilmektedir (Anonim, 2020).



Şekil 2.2. Blok Zinciri çeşitleri

İzinsiz blok zinciri: İzinsiz blok zincirleri etkileşim gerçekleştirmek için herhangi bir izin gerektirmemektedir. Halka açık blok zinciri olarak bilinmektedir. İzinsiz blok zincirleri dijital para birimlerini yönetmek için kullanılmaktadır. İzinsiz bir blok zincirinde, bir kullanıcı kişisel bir adres oluşturur daha sonra ağın işlemlerini doğrulamasına yardımcı olur ya da diğer bir işlem olan ağdaki başka bir kullanıcıya işlem göndererek ağ ile etkileşime girmesini sağlar (Anonim, 2020).

Bitcoin ilk izinsiz blok zinciri türüdür. Kullanıcıların dijital para birimlerini kendi aralarında transfer etmelerini sağlamaktadır. Ayrıca kullanıcılar madencilik sürecine katılarak ağ ile etkileşime girmektedir.

Karmaşık matematiksel denklemleri çözmek ve ardından bunu işlemleri doğrulamak için kullanma sürecidir. Bunun için Bitcoin tarafından kullanılan konsensus algoritması, Proof-of-Work (İş Kanıtı)'dır (PoW) geliştirilmiştir. Diğer bir izinsiz blok zinciri de Ethereum (ETH), konsensus algoritması olan Proof-of-Stake(PoS) kullanmaktadır. Ayrıca akıllı sözleşmelerde de kullanılmaktadır (Anonim, 2020).

İzinsiz blok zincirlerinin önemli özelliklerine aşağıda değinilmiştir. Bu özellikler (Anonim, 2020);

- Merkezileşme sorunu: İzinsiz blok zincirleri yüksek düzeyde merkeziyetsizleşmeye sahiptir.
- Anonimlik: İzinsiz blok zinciri herkese açıktır. Herhangi bir kısıtlama olmaksızın ağa erişim sağlanabilir. Ağa katılmak ve ağda gezinmek için bir KYC'ye ihtiyaç olmadığı için ağa katılan herkes anonim kalabilmektedir.
- Şeffaflık: Public (genel) düğümler işlemleri görebilerek ağı şeffaf hale getirebilir.
- Güven: Yapılan işlemler kolayca takip edilebilmekte ve okunabilmektedir. Böylece izinsiz blok zincirinden daha fazla güven sağlamaktadır.
- Değişmezlik: Platformdaki her veri istediğimiz zaman değiştirilememektedir.
- Gelişmiş güvenlik: Şifreleme ve diğer güvenlik parametreleri, izinsiz blok zincirlerini daha güvenli hale getirmektedir.

Bu özellikleri dışında izinsiz blok zincirlerinin en önemli özelliği de isteyen herkesin ağa katılabilesidir.

İzinsiz blok zincirlerinin avantajları (Anonim, 2020):

- İzinsiz blok zincirleri herkese açıktır.
- Tüm kullanıcılara ve etkileşime giren sistemlere güven sağlamaktadır.

- İzinsiz blok zincirleri ayrıca kullanıcıları ağ faaliyetlerine katılmaya teşvik eder.

İzinsiz blok zincirlerinin dezavantajları (Anonim, 2020):

- İşlem hızı yavaştır.
- Bu tür blok zincirlerinin ölçeklenmesi daha zordur.
- Tüm izinsiz blok zincirleri enerji açısından verimli değildir ve işlem doğrulamak için iyi bir hesaplama gücü gerektirmektedir.

İzinsiz blok zinciri kullanım alanları (Anonim, 2020):

- Dijital Kimlik,
- Oylama,
- Bağış.

İzinli blok zinciri: İzinli blok zincirleri izinsiz blok zincirlerinin tam tersi özelliklerine sahiptir. İzinli blok zincirlerini kasıtlı olarak kapatmanın birçok nedeni vardır. İzinsiz ve izinli blok zinciri arasındaki en büyük fark, herkesin blok zincirine katılamamasıdır. Ağa katılmak için ağ yöneticisinden veya sahibinden özel izin alınması gerekmektedir. Bu blok zincirinde izin verilen kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen eylemleri yöneten blok zincirinin üzerinde bir kontrol katmanı çalışır. İzinli blok zincirleri özel ve genel blok zincirlerinden tamamen farklı çalışmaktadır. Merkezi sistemden yönetsel olarak açık vermeden blok zincirinden yararlanmak için hazırlanmıştır (Anonim, 2020).

İzinli blok zincirinin kullanılmasındaki neden gizli bir blok zinciri ağı oluşturmaktadır. Bu sayede şirket ve kurumlar verilerini güvence altına almaktadır. Birçok popüler izinli blok zinciri yazılım sistemi vardır; Hyperledger, Quorum, Corda vb. (Anonim, 2020).

İzinli blok zincirlerinin önemli özellikleri (Anonim, 2020):

- Değişen ademi merkezîyetçilik: Kullanıcının menfaatini korumak için ademi merkezîyetçiliği büyük önem sağlar.

- Yönetim: İzin verilen ağlar kuruluş tarafından yönetilir. İş ağı için üyeler atanır ve ağın çoğunun merkezi olmayan bir yapıya sahip oldu düğümleri dahil etmek için karar verebilmektedir.
- Özelleştirilebilirlik: Kuruluşlar, ağları gereksinimlerine göre özelleştirebilir.
- Verimli: İzin verilen blok zincirleri, işlem hızı ve ölçeklenebilirlik konusunda verimlidir.
- Anonimlik ve şeffaflık: Özel blok zincirleri şeffaflıkları ile bilinmektedir.

İzinli blok zincirlerinin önemli avantajları: İzin verilen blok zinciri, kendi fikir birliği yöntemini seçebildikleri ve doğrulama amacıyla her düğüme ihtiyaç duymadıkları için hızlı olma eğilimindedirler. İzinsiz blok zincirine karşın çok daha ölçeklenebilirdir. Kuruluşlar için izinli blok zinciri (konsorsiyum) daha fazla özelleştirilebilirlik sunmaktadır. İzinli blok zincirleri de yönetim yapısını takip edebilir (Anonim, 2020).

İzinli blok zincirinin dezavantajları: İzinli blok zincirleri gerçekten merkezi olmayan bir yapıya sahip değildir, izinsiz blok zincirine göre daha az şeffaf, üyenin ağa katılabilmesi için KYC'nin yöneticisinin onayı gerekir ve daha az anonimdir (Anonim, 2020).

İzinli blok zinciri örnek olarak arama, ürün takibi ve banka işlemlerde kullanılabilmektedir (Anonim, 2020).

## 2.2. Düşük Kodlu Platformlar

Düşük kodlu/kodsuz platformlar, şirketlerin iş süreçlerini iyileştirmelerine ve dijital dönüşüm yolculuklarında daha çevik ve verimli olmalarına yardımcı olmaktadır. Bu bölümde kodsuz/düşük kodlu platformlar hakkında bilgiye yer verilmiştir.

Düşük kod temel olarak yeni bir yazılım geliştirme yaklaşımı olarak adlandırılabilir. Geleneksel programlamanın eksikliklerinden dolayı ortaya çıkmış olan düşük kod geleneksel oranla daha hızlı ve çevik bir süreci içinde barındıran işlevsel yaklaşım olarak geliştirilmiştir. Düşük kodlu platform görsel modeller ve sürükle bırak çalışma mantığında geliştirildiğinden dolayı hızlı bir biçimde uygulama geliştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede kod yazmadan ya da çok az kod yazarak hızlı geliştirilecek uygulamalar daha güvenilir olmaktadır (Gürer, 2019). Düşük kod terimi ilk olarak 2014 yılında Forrester



Research tarafından ortaya atılmıştır. Genel olarak firmalarda hızlı ve sürekli olduğu için düşük kodlu yazılım tercih edilmektedir (Sanchis vd., 2019).

Düşük kodlu platformların karakterizasyonunun analizi için iki sonuç önermektedir. Bu öneriler düşük kodlu platformların iş bilgi sistemlerinin araştırmalarında rol alması ve bunlar arasında üretkenliği artırmak ve kurumsal yazılım sistemlerini geliştirme ve sürdürme maliyetlerini azaltmak, kuruluşların yazılım sistemlerini hızla değişen gereksinimlere uyarlama yeteneğini geliştirmek ve kullanıcıları güçlendirmek yer almaktadır (Bock ve Frank, 2021).

Düşük kodlu platformların firmalara sağladığı faydalar:

- Esneklik: Düşük kodlu platformlar sistem üzerinde kodlamayı basit olarak gerçekleştirmekte olup karmaşık kodlamadan kullanıcıları kurtarmaktadır. Esnek yapıya sahip olduğundan uygulamayı geliştirme aşamasında ve kullanılırken ortaya çıkan ihtiyaçların karşılanmasında sağladığı kolaylıklar ile uygulamayı daha çevik hale çevirmektedir (Gürer, 2019).
- Hızlı geliştirme ve yüksek verimlilik: Geleneksel programlamalarda kodlama uzun sürdüğünden geliştirilen projelerin tamamlanması daha uzun sürerken düşük kodlu platformlarda geliştirilen projeler karmaşıklık yapısına göre çok daha kısa zamanda tamamlanabilir. Düşük kodlu platformlar daha fazla uygulamanın daha az zamanda oluşturulmasını sağlar (Gürer, 2019).
- Azalan maliyetler: Kısa zamanda geleneksele oranla daha çok uygulama geliştirilebildiğinden maliyet düşmektedir. Ayrıca uzman geliştiricilere duyulan ihtiyaç azaldığından dolayı işe alım maliyetlerinin de azalmasını sağlar. Düşük kodlu platformlar üretkenlikte sağlamaktadır (Gürer, 2019).
- Daha hızlı dönüşüm: Düşük kodlu platformlar, karmaşıklığın oluşmasının önüne geçtiğinden dolayı dönüşümü ve teknolojik gelişimi hızlandırmaktadır (Gürer, 2019).
- Kullanıcı deneyimi: Düşük kodlu platform sayesinde hız kazanan firmalar olağan üstü durumlarda pazar değişikliklerine ve müşteri gereksinimlerine hızla adapte olmalarını sağlar (Gürer, 2019).

Düşük kodlu platformlar organizasyonların ihtiyaçlarına göre şekillendirilebildiği için her firma kendine uygun modülleri ve sayfaları ihtiyaçları doğrultusunda hazırlayabilmektedir. Bu sayede kullanıcıların görmek istemediği ya da sistemde kullanmak istemediği şeyleri basit bir şekilde eklemesine veya çıkarmasına olanak sağlamaktadır (Gürer, 2019).

Sektörde ihtiyaçlara göre birçok düşük kodlu platform mevcuttur. En çok kullanılan platformlar aşağıda yer almaktadır.

Appian: Basit bir tasarıma sahip olan Appian yazılım geliştirmek için düşük kodlu bir uygulamadır. Şirketlerin işini otomatikleştirmenize yardımcı olmaktadır. Özellikleri (Anonim, t.y.):

- Kullanımı kolay kullanıcı arayüz oluşumu,
- Mac, PC, Android, iOS dahil birçok platformda tek bir tasarım kullanabilme imkanı,
- Appian ile özel tasarım modeli oluşturma olanağı,
- Bu düşük kodlu platform, AI (Yapay Zeka) kullanarak iş sonuçlarını artırmaya olanak tanır.

OutSystems: OutSystems, kurumsal mobil ve web uygulamaları için gelişmiş yeteneklere sahip, düşük kodlu hızlı uygulama geliştirme için çok önemli bir platformdur. OutSystems ile birkaç kullanıcı aynı anda bir modül geliştirebilir. Geliştiriciler, geliştirmenin tüm yaşam döngüsünü kapsayan entegre bir geliştirme ortamı kullanır (Lytochenko ve Savvin, 2019).

OutSystems platformu, uygulama performansını izlenmesine olanak tanır ve performans darboğazlarının belirlenmesine ve bunların giderilmesi için gerekli önlemlerin alınmasını kolaylaştırır. Çevik geliştirme metodolojisi için yerel destek sunan bir sisteme sahiptir. Ayrıca küçük işletmeler için sınırlı işlevselliğe sahip ücretsiz bir sürümü vardır (Lytochenko ve Savvin, 2019).

Aşağıda bu platformun özellikleri yer almaktadır. Özellikleri (Anonim, t.y.):

- Tam yığın görsel geliştirme: Tam yığın, platformlar arası uygulamalar oluşturmak için sürükle ve bırak kullanıcı arabirimi, iş süreçleri, mantık ve veri modelleri

barındırmaktadır. Gerektiğinde geliştiriciler tarafında kendi kodlarını ekleyebilme ve hiçbir zaman kilitleme özelliği bulunmaktadır.

- Karmaşık uygulamalar geliştirme imkanı: Geliştirilmek istenen işlem ve uygulama ne kadar karmaşık olsada istenildiği zaman rahatlıkla uygulama oluşturabilme ve reaktif web, AI / ML, IoT, RPA ve mikro hizmetler gibi teknolojiler ile kolaylıkla geliştirme imkanı tanımaktadır.
- Asla duvara çarpma(never hit a wall): OutSystems ile dūřuk kod, sınır olmadığı anlamına gelir. Geliřtiriciler kendi yazdıkları kodu eklemek için birçok yazılım dili kullanabilir ve platformu genişletebilir.
- Sıkıcıdan uzak durun(stay away from the boring): Kodu otomatik olarak göndermesi sağlayan özellikleri vardır. Uygulamalarda, tek tıkla ürünleri üretim aşamasına getiren DevOps'a hazır bir ortamda oluşturulması sağlanır.

KissFlow: KissFlow bulut tabanlı bir BPM form otomasyon zmdr. İş süreci kullanıcılarının iş uygulamalarını kolayca tasarlamasını, oluşturmasını ve zelleştirebilmesine yardımcı olmaktadır (Anonim, t.y.).

Çalışanların işe alınması, satıcı ödemesi, satın alma siparişi ve çok daha fazlası dahil olmak üzere yaklaşık 50'den fazla önceden tanımlanmış iş uygulamalarını içermektedir. Her büyüklükteki ve sektördeki işletmeler için uygundur (Anonim, t.y.).

Bilgilere erişmek için Google Dokmanlarını ve Dropbox Dokümanları kolayca eklenebilir. Aşağıda bu platformun özellikleri yer almaktadır (Anonim, t.y.).

zellikleri (Anonim, 2021):

- Kodlama ihtiyacını tamamen ortadan kaldırır,
- Alanları eklemek ve düzenlemek için sürükle–bırak özelliği,
- Görevler ve mantık, sürükle ve bırak özelliği kullanılarak da oluşturabilme olanağı,
- Formları ve talepleri dijitalleştirmeye olanak sağlar.

Simplifier: Simplifier, IoT(Nesnelerin İnterneti) uygulamasının oluşturulması sağlayan web tabanlı bir yapılandırma çerçevesidir. Değişikliklerin gerçek zamanlı olarak güncellemesini sağlayan Düşük kodlu geliştirme platformlarından biri olmaktadır. Özellikleri (Anonim, t.y.):

- Simplifier, bir mobil uygulama geliştirmek için kullanılabilir.
- Mevcut sistem ve veri kaynakları kolaylıkla bağlanabilir.
- Gelişmiş kullanıcı deneyimi için tek tip bir görünüm ve his oluşturmak için önceden tasarlanmış öğeler sağlar.
- Uygulamayı tarayıcıda veya daha basit bir mobil istemcide test edilebilir.
- Uygulama tarafından sağlanan şablonlar yeniden kullanılabilir.
- Bu araç, yeniden kullanılabilir bileşenle uygulama geliştirmeyi hızlandırmaya olanak sağlar.

Mendix: Mendix, yüksek düzeyde hata toleransını garanti eden bir platformdur. Kullanımı kolay ve sadece tek bir tıklamayla kurulabilmektedir. Çok sayıda kontrol sağlar ve tamamen özelleştirilebilir. Yukarıda bahsettiğimiz diğer platformlardan farklı olarak Mendix açık bir platformdur ve satıcı tarafından kilitlenmez (Lytovchenko ve Savvin, 2019).

Tamamen özelleştirilebilir bir kullanıcı arayüzüne sahiptir. Çok fazla geliştirme deneyimi olmayanlar için Mendix, ayrıntılı örneklerle zengin bir teknik belgeye sahiptir. Mendix'i kullanmanın maliyeti, geliştiricilerin sayısına veya uygulamanın karmaşıklığına değil, uygulama kullanıcılarının sayısına bağlıdır (Lytovchenko ve Savvin, 2019).

Zoho Creator: Zoho Creator , sezgisel bir arayüze sahip, kullanımı kolay ve esnek bir platformdur. Zoho Creator, müşteri takip veritabanını oluşturmak kullanılmaktadır. Veritabanlarından, bilgisayarlarda depolanan dosyaları ve bulut depolama alanındaki dosyaları içe aktarılmasına olanak tanır. Zoho Creator karmaşık projelerde kullanıma uygun değildir (Lytovchenko ve Savvin, 2019).

Çizelge 2.1’de ve çizelge 2.2’de düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 2.1. Düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması (Sahay, Indamutsa, Ruscio ve Pierantonio, 2020)

Özellikler	Outsystems	Mendix	Zoho Cretor	MS Powerapp
<b>Grafiksel Kullanıcı Arayüzü</b>				
Sürükle ve Bırak Tasarımcısı	✓	✓	✓	
İşaretle ve Tıkla Yaklaşımı				✓
Önceden Oluşturulmuş Formlar/Raporlar	✓	✓	✓	✓
Önceden Oluşturulmuş Panolar	✓		✓	✓
Formlar			✓	✓
İlerleme Takibi	✓	✓	✓	✓
Gelişmiş Raporlama				
Yerleşik İş Akışları			✓	
Yapılandırılabilir İş Akışları			✓	
<b>Birlikte Çalışabilirlik Desteği</b>				
Harici Hizmet ile Birlikte Çalışabilirlik	✓	✓	✓	✓
Veri Kaynaklarıyla Bağlantı	✓	✓	✓	✓
<b>Güvenlik Desteği</b>				
Uygulama Güvenliği	✓	✓	✓	✓
Platform Güvenliği	✓	✓	✓	✓
<b>İşbirlikçi Geliştirme Desteği</b>				
Çevrimdışı İş birliği	✓	✓	✓	✓
Çevrimiçi İş birliği	✓	✓		
<b>Yeniden Kullanılabilirlik Desteği</b>				
Yerleşik İş Akışları			✓	
Önceden Oluşturulmuş Formlar/Raporlar	✓	✓	✓	✓
Önceden Oluşturulmuş Panolar	✓		✓	✓

Çizelge 2.1. Düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması  
(devamı)

Özellikler	Outsystems	Mendix	Zoho Cretor	MS Powerapp
<b>Ölçeklenebilirlik</b>				
Kullanıcı Sayısında Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓	✓
Veri Trafiklerinde Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓	✓
Veri Depolamada Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓	✓
<b>İş Mantığı Belirtilen Mekanizmaları</b>				
İş Kuralları Motoru	✓	✓	✓	✓
Grafik İş Akışı Düzenleyicisi	✓	✓		
AI Özellikli İş Mantığı	✓			
<b>Uygulama Oluşturma Mekanizmaları</b>				
Kod Oluşturma	✓			
Çalışma Zamanında Modeller		✓	✓	✓
<b>Dağıtım Desteği</b>				
Bulutta Dağıtım	✓	✓	✓	✓
Yerel Altyapılarda Dağıtım	✓	✓		
<b>Desteklenen Uygulama Türleri</b>				
Olay İzleme	✓	✓	✓	✓
Süreç Otomasyonu	✓		✓	✓
<b>Onay Süreci Kontrolü</b>				
Eskalasyon Yönetimi				
Envanter Yönetimi	✓	✓	✓	✓
Kalite Yönetimi		✓	✓	✓
İş Akışı Yönetimi	✓	✓	✓	✓

Çizelge 2.2. Düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması (Sahay vd., 2020)

Özellikler	Google App Maker	Kissflow	Salesforce App Cloud	Appian
<b>Grafiksel Kullanıcı Arayüzü</b>				
Sürükle ve Bırak Tasarımcısı	✓	✓	✓	✓
İşaretle ve Tıkla Yaklaşımı				
Önceden Oluşturulmuş Formlar/Raporlar	✓	✓	✓	✓
Önceden Oluşturulmuş Panolar Formlar		✓	✓	
İlerleme Takibi	✓	✓	✓	✓
Gelişmiş Raporlama		✓		
Yerleşik İş Akışları		✓	✓	
Yapılandırılabilir İş Akışları		✓	✓	
<b>Birlikte Çalışabilirlik Desteği</b>				
Harici Hizmet ile Birlikte Çalışabilirlik		✓	✓	✓
Veri Kaynaklarıyla Bağlantı	✓	✓	✓	✓
<b>Güvenlik Desteği</b>				
Uygulama Güvenliği	✓	✓	✓	✓
Platform Güvenliği	✓	✓	✓	✓
<b>İşbirlikçi Geliştirme Desteği</b>				
Çevrimdışı İş birliği	✓	✓	✓	✓
Çevrimiçi İş birliği	✓	✓	✓	✓
<b>Yeniden Kullanılabilirlik Desteği</b>				
Yerleşik İş Akışları		✓	✓	
Önceden Oluşturulmuş Formlar/Raporlar	✓	✓	✓	✓
Önceden Oluşturulmuş Panolar		✓	✓	
<b>Ölçeklenebilirlik</b>				
Kullanıcı Sayısında Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓	✓
Veri Trafikinde Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓	
Veri Depolamada Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓	

Çizelge 2.2. Düşük kodlu yazılım geliştirme platformlarının özelliklerinin karşılaştırılması( devamı)

Özellikler	Google App Maker	Kissflow	Salesforce App Cloud	Appian
<b>İş Mantığı Belirtim Mekanizmaları</b>				
İş Kuralları Motoru	✓	✓	✓	✓
Grafik İş Akışı Düzenleyicisi		✓	✓	
AI Özellikli İş Mantığı		✓	✓	
<b>Uygulama Oluşturma Mekanizmaları</b>				
Kod Oluşturma				
Çalışma Zamanında Modeller	✓	✓	✓	✓
<b>Dağıtım Desteği</b>				
Bulutta Dağıtım	✓	✓	✓	✓
Yerel Altyapılarda Dağıtım			✓	✓
<b>Desteklenen Uygulama Türleri</b>				
Olay İzleme	✓	✓	✓	✓
Süreç Otomasyonu	✓	✓		✓
<b>Onay Süreci Kontrolü</b>	✓			
Eskalasyon Yönetimi		✓		
Envanter Yönetimi	✓	✓	✓	✓
Kalite Yönetimi	✓	✓	✓	✓
İş Akışı Yönetimi	✓	✓	✓	✓

### 2.3. Kodsuz Platformlar

Kodsuz platformlar teknik bilgisi olmayan kullanıcıların sürükle-bırak yöntemiyle uygulamalar oluşturmasını sağlayan şablon ve görsel bir geliştirme arabirimi kullanan programlama platformları olarak tanımlanmaktadır. Kod bilgisi olmadan kullanılacak bir platformdur. Kodsuz (NC), kuruluşlara tüm parçaları kendi başlarına yönetmenin karmaşıklığı olmadan uygulamaları geliştirmeleri, çalıştırmaları ve yönetmeleri için tek bir birleşik platform sağlamaktadır. Bu platformlar hem deneyimli geliştiriciler hem de BT dışı



profesyoneller (vatandaş geliştiriciler) için hızlı, esnek uygulama geliştirmeye odaklanılarak geliştirilmiştir (Anonim, 2020).

Kodsuz platformlar ile düşük kodlu platformlar aynı temel amaca dayanmaktadır. İki platformunda kullanım için temel nedeni kod bilgisi olmayan kullanıcılara kolaylıkla yazılım geliştirebilme imkanı sağlamaktır. Kodsuz platformlar ile web sitesi, uygulama oluşturulabilir. Ayrıca firmalar için görevleri otomatikleştirebilir, verileri düzenleyebilir veya kodsuz ödeme alabilmektedir (Anonim, 2020).

### 2.3.1. Kodsuz Geliştirme Platformları

Hubspot CMS: Hubspot Satış Merkezi veya CRM özelliklerine sahiptir. İçerik Yönetim Sistemi (CMS) sayesinde işletme sahiplerine web siteleri, açılış sayfaları, işletme blogları ve ihtiyaç duydukları herhangi bir içeriği oluşturmanın kolay bir yolunu sağlamaktadır (Alban, 2022).

HubSpot Marketing Hub: Hubspot'un pazarlama merkezi şunları yapmanızı sağlar:

- Potansiyel müşterileri yakalamak için pop-up'lar ve embed formları oluşturmaya,
- Müşterileri değiştirmek için cta düğmeleri ve görseller oluşturmaya,
- Otomatik e-postalar oluşturulmasını,
- Zaman kazandıran iş akışları/otomasyonlar oluşturmak için özelliklere sahiptir (Alban, 2022).

MailChimp: HubSpot gibi MailChimp de pazarlama alanında yer alan bir platformdur. 250'den fazla uygulama entegrasyonu yer almaktadır. Ayrıca MailChimp'i bir e-posta pazarlama aracı olarak bilinmesine rağmen: hedef kitle yönetim araçlarını, bir içerik stüdyosunu kullanabilir, pazarlama süreçlerini otomatikleştirebilir ve analitik araçlarıyla analizlere bakabilme imkanı sağlamaktadır (Alban, 2022).

Çizelge 2.3'te kodsuz/düşük kodlu platformların, geleneksel geliştirmeye oranla ne kadar avantaj sağladığı göstermektedir.

Çizelge 2.3. Kodsuz/Düşük Kod ve Geleneksel Yazılım geliştirme karşılaştırılması (Patel, 2022)

Özellik	Kodsuz/Düşük Kod Geliştirme	Geleneksel Gelişim
<b>Tanım</b>	Kodsuz/Düşük kod geliştirme, grafiksel bir kullanıcı arayüzü, yani görsel modelleme kullanarak yazılım uygulamaları geliştirmektir.	Geleneksel geliştirme, manuel kodlama kullanarak yazılım uygulamaları geliştirmektir.
<b>Araçlar</b>	Mendix, Appian gibi hızlı uygulama geliştirme araçları düşük kodlu web geliştirme için kullanılır.	Web çerçeveleri ve programlama dilleri, geliştiriciler tarafından web uygulamalarını kodlamak için kullanılır.
<b>Kodlama Bilgisi</b>	Minimum bilgi gerekli. Düşük kod geliştiricileri, temel kodlama bilgisi gerektirir.	Gelişmiş kodlama becerilerine ve birden çok web çerçevesi bilgisine sahip profesyonel web geliştiricileri, geleneksel web uygulamalarıyla çalışır.
<b>Gelişim Hızı</b>	Kodsuz/Düşük kod geliştirme platformları, hızlı geliştirmeleriyle bilinir. Sadece 1-3 hafta içinde çalışan bir web uygulaması geliştirme olanağı tanır.	Geleneksel geliştirme, zorlu kodlama gerektirir ve tamamlanması 2-8 ay sürebilir. Ancak performans söz konusu olduğunda, geleneksel daha iyi çalışır.
<b>Özelleştirme</b>	LCDP platformları ile web uygulamalarına çok sınırlı özelleştirme ekleme imkanı tanır.	Geleneksel kodlama ile web uygulaması, özel gereksinimlerinizi karşılayacak şekilde özelleştirilebilir.
<b>Çeviklik</b>	Kodsuz/Düşük kodlu uygulamalar, değişiklikleri hızlı bir şekilde yapabileceğiniz için daha çeviktir. Yeni uygulama sürümlerinin daha hızlı olması ve tüm hatalar hemen geri izlenebilir ve çözülebilir hale gelmesi sağlanır.	Geleneksel özel geliştirme ile değişiklikler yavaş olabilir. Ancak çevik geliştirme uygulamalarını takip ederek geleneksel web uygulamaları çevik olabilir.
<b>Dağıtım</b>	Kodsuz/Düşük kodlu uygulamaları dağıtmak hızlıdır. Ancak sınırlı platformlara erişim sağlanır. Kullanılan düşük kod araçlarına bağlı olarak, yalnızca desteklenen platformlara dağıtım sağlanır.	Geleneksel web uygulamalarıyla, tüm platformlara dağıtmak imkanı vardır.

Çizelge 2.3. Kodsuz/Düşük Kod ve Geleneksel Yazılım geliştirme karşılaştırılması (devamı)

<b>Kalite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bütünleştirilebilirlik ve ölçeklenebilirlik sınırlıdır.</li> <li>• Performans ve hız standarttır.</li> <li>• Canlı hata ayıklama ile uygulama hatasızdır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tüm sistemlerle entegre edilebilir</li> <li>• Yüksek ölçeklenebilirlik</li> <li>• Performans ve hız son derece yüksek</li> <li>• Test etme ve hata ayıklama zaman gerektirir</li> </ul>
<b>Bakım</b>	Kodsuz/Düşük kod uygulamaların geleneksele göre bakımı kolaydır. Sağlayıcı firma tarafından düşük kod platformu güncellediğinde,otomatik olarak güncellenir.	Özel olarak oluşturulan uygulamaların bakımı daha zordur. Kodların her gerektiğinde güncellenmesi için iyi bir IT ekibine ihtiyaç vardır.

#### 2.4. Blok Zinciri ile Düşük Kodlu Platformlar Arasındaki İlişki

Şirketler genellikle blok zincirini benimsemekte tereddüt etmektedir. Kuruluşlar genellikle maliyetlere göre hareket ettiklerinden dolayı sıfırdan bir blok zinciri platformu oluşturmak için gereken yeteneklere sahip olmaları zor olmaktadır. Bununla birlikte erken yatırım yapmayan firmaların gelişen teknolojileri erken benimseyenler tarafından geride bırakılması muhtemeldir. Ancak bu konuda, benimsenmeyi engelleyen zorluklar için kaynak harcaması ve özel geliştirici ekipleri ihtiyacını ortadan kaldıran çözüm düşük kodlu platform teknolojisidir (Subramani, 2020).

Düşük kodlu geliştirme platformları işletmelerin sıfırdan geliştirmeye yönelik değerli zaman ve kaynaklarını ayırmaya gerek kalmadan karmaşık kodun avantajlarından yararlanmalarını sağlamaktadır. "Tak ve çalıştır" özelleştirmesi, kuruluşlarındaki belirli ihtiyaçları ele almalarına ve önce bir altyapı oluşturma stresi olmadan daha küçük ölçekte uygulamaya öncelik vermelerine olanak sağlar (Subramani, 2020).

Özellikle COVID-19 krizi sırasında, düşük kodlu, büyük geliştirici ekiplerinin yeni yazılım uygulamaları geliştirme ihtiyacını ortadan kaldırarak, kuruluşların COVID-19'un olumsuz etkisini en aza indirmeye yardımcı olmak ve kaynaklarını başka alanda kullanabilmesi için akıcı bir şekilde zamanında geçişin sağlanmasına olanak tanımaktadır. Salgının ötesinde, bu avantajlar, riskten kaçınan C düzeyindeki karar vericilere kolay bir yatırım fırsatı sağlamaktadır. Çevikliğin ve dijital dönüşümün artık bir zorunluluk olduğu bir

dönemde, sürekli yenilik için artan ihtiyacı karşılayan güçlü araçlar sağlamaktadır. Aslında, bir kuruluşun düşük kod benimsemesinin ana mantığı söz konusu dijital dönüşümü hızlandırmak ve işletmeye yanıt verme oranını artırmaktır (Subramani, 2020).

Kodsuz/Düşük kodlu platformda blok zinciri yatırımıyla veya bu konuda herhangi bir karmaşık, kaynağa bağlı yazılım yatırımıyla birlikte gelen yukarıda belirtilen giriş engellerini doğrudan ele almaktadır. Kodsuz/Düşük kodlu herhangi bir kod bilgisi olmasa bile yüksek teknoloji uygulamalarını oluşturabilme olanağı sağlamaktadır. Yazılım geliştiricilerin maliyeti ile zaman açısından zorluklarla karşılaşılması nedeni ile, minimum girdi ile aynı kalitede çıktı alabilme yeteneği son derece önemlidir (Subramani, 2020).

İyi yeteneklerin basit maliyetinin ve kıtlığının ötesinde, geliştirme ekipleri genellikle iş taleplerine ayak uydurmalarını zorlaştıran önemli birikimlere sahiptir. Uygulamanın hizmet edeceği işlevi ve genel iş yapısına nasıl uyduğunu genel olarak daha iyi anlayacakları için, geliştirici olmayan bir geliştiricinin geliştirme sürecine yoğun bir şekilde yerleşmiş olmasının da faydaları vardır (Subramani, 2020).

## **2.5. Blok Zinciri ile Düşük Kodlu Platformlarının Birlikte Kullanımı**

Düşük kodlu programlamanın sınırlı kaynaklara ve yeteneğe sahip işletmelere getirdiği göze çarpan faydaların yanı sıra, blok zincirinin yaygın olarak benimsenmesini engelleyen giriş engellerinin değerlendirilmesi üzerine, kodsuz/düşük kodlu blok zincirinin kurumsal endişeleri en aza indirme ve yatırımı haklı çıkarma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Subramani, 2020).

İşletmeler, başlangıçta blok zinciri platformunu sıfırdan oluşturmak için gerekli olacak özel ağ geliştiricilerine olan ihtiyacı azaltarak, kodla değil tıklamalarla güvenilir bir ağ ve sürdürebilecekleri bir zemin oluşturmaktadırlar. Kullanıcılar, tanıdık işlevselliğe sahip blok zinciri nesnelere oluşturabilecek ve paylaşabilecekler, temelde platformla etkileşime girerek, herhangi bir CRM veri nesnesiyle etkileşime girecekleri şekilde donatılmıştır (Subramani, 2020).

Düşük kodlu blok zincirinin basitliği ve kullanım kolaylığı, güvenilir ağların doğal olarak daha hızlı büyümesini sağlayacaktır. Ortak ağının tamamında entegrasyon basittir ve yeni üçüncü tarafların güvenilir ağa katılmalarını kolaylaştırır. Sonuç olarak blok zinciri

platformunu ve kullanıcı ağını uzun vadede katlanarak daha değerli hale getirir (Subramanı, 2020).

Blok zincirinin benimsenmesi, řu anda mevcut olan dűřük kodlu yeteneklerin yardımıyla daha hız kazanacaktır. Dűřük kod teknolojisi ile gelen minimum risk ve kaynak harcaması, blok zinciri benimsenmesini daha kolay hale getirecektir. Dűřük kod, kurumsal benimseme için giriş noktası olarak hizmet ettiđinde, kuruluşlar kendi blok zinciri ađlarının yeteneklerini genişletmeye başlayacak ve nihayetinde daha fazla yenilik getirecektir (Subramanı, 2020).

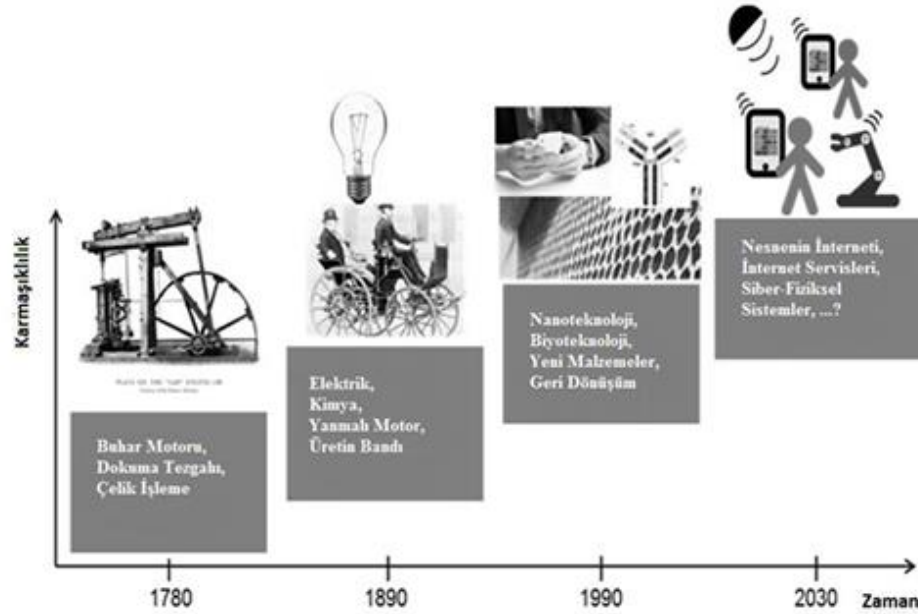


### 3. ENDÜSTRİ 4.0 VE YALIN ÜRETİM

Bu bölümde Endüstri 4.0 teknolojisinin yalın üretimdeki yeri ve ilişkisi açıklanmıştır. Ayrıca aynı bölümde Endüstri 4.0'da düşük kodlu platformların yerine değinilmiş olup, düşük kodlu platformların imalat endüstrisinde sağladığı avantajlar ile üretim endüstrisinde uygulama adımları açıklanmıştır.

#### 3.1. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 teknolojisinin gelişmesiyle birlikte siber-fiziksel sistemlerle daha kaliteli ve hızlı üretime geçilmiştir. Akıllı fabrikalar, 4. sanayi devriminde fabrikalarda bulunan makinaların birbirleri ile iletişim sağlayarak iş süreçlerini (tedarik, depolama, sipariş takibi, üretim süreçleri vb.) yürütmesi ile oluşmaktadır (Anonim, t.y.).



Şekil 3.1. Endüstri devrimlerinin kronolojisi (Göktaş ve Aksu, 2021)

Tarih boyunca dört endüstri devrimi gerçekleşmiştir. Şekil 3.1'de gösterildiği gibi birinci endüstri devrimi buhar motoru, dokuma tezgahı ve çelik işleme işlemlerini kapsamaktadır. İkinci endüstri devriminde petrolün yaygın kullanımı ve elektrik, kimya, yanmalı motorlar, üretim bandı sistemlerinin gelişimi ile üretim verimliliği artmıştır. Üçüncü sanayi devrimi, elektrik-elektronik, bilgisayar ve internet alanında yaşanan hızlı gelişimle gösterilmektedir. Bilgi toplumunun gelmiş olduğu son sanayi devrimi Endüstri 4.0 olarak ifade edilir. Endüstri 4.0 makine gücünün insan gücünün yerini almasına dayanarak, üretim

süreçlerinin otomatik olarak yönetilebilir hale dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir (Göktaş ve Aksu, 2021).

Endüstri 4.0'dan ilk olarak 2011 yılında Hannover fuarında ilk defa bahsi geçmiştir. Endüstri 4.0 kavramı, 2013 yılına gelindiğinde bu kavramın tanıtıldığı ve gelecekte ihtiyaç duyulacak stratejilerin belirtildiği “Endüstri 4.0 Stratejik Girişiminin Uygulanması İçin Öneriler” raporunda yer almıştır (Kagermann, Helbig, Hellinger ve Wahlster, 2013).

2016 yılında Davos'ta düzenlenen Dünya Ekonomik Forumu'nda Endüstri 4.0 kavramından bahsedilmesiyle birlikte bu konuda gelişim ve girişimler zamanla ABD ve Kore haricinde diğer ülkelerde de duyulmaya ve bu gelişim hakkında hazırlıklar yapılmaya başlanmıştır. Geleneksel yöntemler ile birlikte bilişim sistemlerini kullanarak akıllı hizmet ve ürün üretimini, akıllı fabrikaları, Nesnelerin İnternetini ve bunlar gibi birçok yeniliği kapsamakta olan Endüstri 4.0 devrimine geçilmeye başlanmıştır (Şekkeli ve Bakan, 2018).

Klaus Schwab'ın tanımlamasına göre Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden ayırmakta olan en önemli üç özelliğinin hız, genişlik ve derinlik, sistem etkisi olduğunu söylemiştir (Bulut ve Akçacı, 2017).

Hız; ilk üç devrime göre Endüstri 4.0 doğrusal değil üstün bir hızla gelişmiş olarak tanımlanabilir ve geliştirilen her yeniliğin kısa zamanda geliştirilen başka yeniliklerle desteklendiğini belirtmiştir (Bulut ve Akçacı, 2017)

Genişlik ve derinlik; bulunan dördüncü sanayi devriminin gitgide dijital dünya üzerinde değerlendirildiği vurgulanmıştır. Her alanda geliştirilen teknolojilerin finans, iş yaşamı, toplum ve bireyler arasında bir araya gelmesidir (Bulut ve Akçacı, 2017).

Sistem etkisi; toplumlar, sektörler ve şirketler arasında ve bu üç faktörün kendi içlerinde sistemsel dönüşümdür (Bulut ve Akçacı, 2017).

Endüstri 4.0 genel ifadeyle, robotların üretime tamamen katılmasıyla, yapay zekanın iş süreçlerinde rol almasıyla, üç boyutlu yazıcılarla üretimin fabrikalardan evlere kadar taşınmasıyla, büyük miktarda bilgi yığınlarının veri analiz yöntemleriyle ayıklanıp değerlendirilmesi ile incelenebilmektedir. Endüstri 4.0, Siber-Fiziksel sistemlerin kavramına, nesnelerin internetine ve hizmetlerin internetine dayalıdır. Bu yapı akıllı fabrikalar vizyonunun oluşmasına büyük katkı sağlamaktadır (Davutoğlu, 2020).

### 3.1.1. Endüstri 4.0 Prensipleri

Endüstri 4.0'ın prensipleri aşağıda yer almaktadır.

- Birlikte çalışabilirlik: Ciber, insanların ve akıllı fabrikaların nesnelere interneti aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurma yeteneğini ve fiziksel sistemlerin (örneğin iş parçası taşıyıcıları, montaj istasyonları ve ürünler) birbirleriyle iletişim kurma yeteneğini içerir.
- Sanallaştırma: Bu, akıllı fabrikaların sanal bir kopyasıdır. Sistem, sensör verilerinin sanal tesis ve simülasyon modelleriyle bağlanmasından oluşur.
- Özyönetim: Siber-fiziksel sistemlerin akıllı fabrikalarda kendi kararlarını verme yeteneği sağlar.
- Gerçek zamanlı yetenek: Veri toplama ve analiz etme yeteneği. Bu yapı hızlı bir anlayış sağlar.
- Hizmet yönelimi: Siber-fiziksel sistemler, insanlar ve akıllı fabrika hizmetleri internet üzerinden sunulmaktadır.
- Modülerlik: Bireysel modüllerin değişen gereksinimleri için akıllı fabrika esnek adaptasyon sistemi sağlar (Anonim, t.y.).

### 3.1.2. Endüstri 4.0'ın Avantajları ve Dezavantajları

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkması ile birlikte birçok avantaj ve dezavantaj da söz konusu olmuştur.

Avantajları:

- Sistemin izlenmesinin ve arıza teşhisinin kolaylaştırılması,
- Sistemlerin ve bileşenlerinin öz farkındalık kazanması,
- Sistemin çevre dostu ve kaynak tasarrufu davranışlarıyla sürdürülebilir olması,
- Daha yüksek verimliliğin sağlanması,
- Üretimde esnekliğin artırılması,



- Maliyetin azaltılması (Anonim, 2021),
- Yeni hizmet ve iş modellerinin geliştirilmesi (Anonim, t.y.).

Dezavantajları (Anonim, 2018):

- Yüksek maliyetler: Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsenmesi doğal olarak maliyete sebep olmaktadır. IoT, Artırılmış Gerçeklik ve AI gibi yeni teknolojiler hakkında az bilgi sahibi olunması da yanlış ve gereksiz kullanımda maliyetlerin gereksiz yere daha da artmasına da neden olabilmektedir.
- Endüstri 4.0 tabanlı süreçlerde çalışanların şirketler tarafından sürekli olarak gerekli eğitimlerden geçirerek becerilerini iyileştirmeleri de ekstra maliyete neden olmaktadır.
- Yüksek başarısızlık oranı: Endüstri 4.0 girişimlerini başlatmanın zorluğu, hedeflerin belirlenmesi söz konusu olduğunda genellikle bir yön eksikliği olmasıdır. Bunlar genellikle birçok paydaşı olan çapraz işlevli projelerdir, bu da projelerin çatışan hedeflere takılı kalındığında boşa çaba serf edildiği anlamına gelmektedir.
- Siber güvenlik: İnsanlar, ürünler ve ekipman internete bağlı ve giderek daha da artmaktadır. Bu durum bulut aracılığıyla verilere daha fazla erişim sağlasa da veri güvenliğini riske atmaktadır.
- Yüksek nitelikli işgücü ihtiyacı: İmalat ve bir bütün olarak sanayi, üretimi sağlamak için insanlara güvenmeye devam ediyor. Bununla birlikte, dijital olarak bağlı sistemlere geçişle birlikte, düşük vasıflı işgücü ihtiyacını istemeden azaltabilecek yüksek vasıflı işgücüne daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

### **3.1.3. Endüstri 4.0 Sisteminin Uygulanabilirliği**

Endüstri 4.0 sisteminde üretim, makinelerin hizmet verdiği ve ürünlerle gerçek zamanlı olarak bilgi paylaştığı bir sisteme benzetilmektedir. Örneğin, ürünlerin ve üretim makinelerinin birbirleriyle nasıl iletişim kurabileceğini göstermek için sabun şişelerini kullanırlar. Boş sabun şişelerinin üzerinde, makinelerin şişelerin rengini belirlemesini sağlayan radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri bulunur. Bu sistem sayesinde bir ürünün radyo sinyalleri ile ilettiği bilgileri üretimin başlangıcından itibaren dijital ortamda depolamak mümkündür. Bu şekilde siber-fiziksel bir sistem olarak ortaya çıkmaktadır (Anonim, t.y.).

### 3.1.4. Endüstri 4.0 ile Hayatımıza Giren Teknolojiler

Endüstri 4.0 beraberinde birçok yenilik getirmiştir. Endüstri 4.0 teknolojisinden mümkün olduğunca en üst seviyede yararlanabilmek için Endüstri 4.0 ile birlikte firmaların hayatına giren yeniliklerin birbiri ile uyumlu şekilde çalışması ve en doğru şekilde gerekli ihtiyaca göre entegrasyonun yapılarak mümkün olacaktır.

Endüstri 4.0 bileşenleri aşağıda açıklanmıştır.

3 boyutlu 3D yazıcılar: Üç boyutlu yazıcıların kullanımı 1970'lerin sonlarında bir katı maddenin yazdırılma işlemi 1982 yılında Hideo KODAMA tarafından gerçekleştirilmiştir. 3D Systems Corp.'un kurucusu Charles HULL tarafından ilk üç boyutlu yazıcı 1984 yılında üretilmiştir. O yıllardaki teknolojiyle üç boyutlu yazıcılar boyutsal anlamda çok büyük ve maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı prototip üretiminde kullanılmıştır (Anonim, 2020).

1988 yılında ilk renkli baskıları üreten yazıcılar için Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri keşfedilmiştir. Seçici lazer sinterleme (SLS) bir toz yatağı baskı teknolojisidir. Küçük naylon tozu parçalarını kaynaştırmak, dijital olarak dilimlenmiş CAD modellerinin geometrisini katman katman izlemek ve parçanın altından yukarıya doğru çalışmak için bir lazer kullanmaktadır (Anonim, t.y.). FDM, 3D baskı teknolojilerinde bulunan ölçüsel doğruluğu ve tekrarlanabilirliği sayesinde üretimde güçlü, dayanıklı ve boyutsal olarak standart parçalar üretmek için kullanılan bir katmanlı imalat teknolojisidir (Mwema ve Akinlabi, 2020).

Üç boyutlu yazıcıların pazara girmesi 1995 yılında gerçekleşmiştir. İlk yüksek çözünürlüğe sahip ürünlerin üretimi için üç boyutlu yazıcıyı 1996 yılında Z Corporation tasarlanmıştır. 21. Yüzyılda teknolojinin gelişmesinden itibaren üretim maliyetlerinin düşmesini sağladığından dolayı kullanımı daha da artmaktadır. 2009 yılından beri sadece sanayi ağırlıklı kullanılan üç boyutlu yazıcılar Makerbot ve 3D Systems şirketlerinin pazara sunduğu Cubify gibi modellerle evlerde de kullanılma imkanına kavuşmuştur (Sönmez, Kesen ve Dalgıç, 2018).

Şirketler, parçaların prototipini oluşturmak ve üretimini yapmak için, üç boyutlu baskı teknolojisi gibi eklemeli üretim tekniklerini kullanmaktadırlar. Bu yöntem sayesinde özellikle karmaşık ve hafif tasarımlar gibi alanlarda, özel ürünleri az sayıda üretmek amacıyla daha da yaygın olarak kullanılmaya başlanacaktır. Sonuç olarak yüksek performanslı ve merkezi

olmayan eklemeli üretim sistemleri, lojistik maliyetlerini ve stok seviyelerinin azaltılmasını etkileyecektir (Seyhan, Bayram ve Toğay, 2021). Yani kısaca tek bir ürün üretilebileceği gibi verilen siparişlere göre ve minimum maliyette küçük gruplar halinde de üretim gerçekleştirilebilir.

IoT (Nesnelerin İnterneti): Nesnelerin interneti Kevin Ashton tarafından ilk olarak ortaya atılmıştır. Nesnelerin İnterneti kavramı sayesinde otomatik düzenleme, verilerin toplanması, paylaşılması ve çoğaltılıp organize edilebilmesini sağlarken aynı zamanda durumlar ve ortamdaki değişiklikler karşısında tepki verme ve hareket etme kapasitesine sahip açık ve kapsamlı bir akıllı nesne ağıdır (Madakam, Ramaswamy ve Tripathi, 2015).

Tedarik zincirindeki ürün ve süreçlere bilgi ekleyerek endüstrilerin Endüstri 3.0'dan Endüstri 4.0'a geçmesini sağlayan bir teknoloji olarak geliştirilmiştir. Teknik açıdan bakılırsa internet tabanlı iletişim ve veri takasını sağlayan bilişenler sistemini içerir. Büyük verilerden kullanılarak siber-fiziksel sistemi harekete geçirerek bilgiye dönüştürür (Şekkeli ve Bakan, 2018).

Endüstriyel IoT'nin bazı örnekleri gerçek zamanlı olarak izleme ve süreçlerin kontrolü, akıllı denetleyicileri görevlendirme, akıllı makineleri, akıllı sensörleri, yüksek hassasiyete sahip otomasyon ve kontrol sayesinde güvenliği en üst seviyeye çıkartmak, robotik, freze makineleri, 3D yazıcılar ve montaj hattı bileşenleri, kimyasal karıştırma tankları, motorlar gibi çok geniş cihazlar içermektedir (Oral ve Çakır, 2017).

Artırılmış gerçeklik: Artırılmış gerçeklik teknolojisi gerçek dünya ile bağlantısını sürdüren aynı zamanda bilgi ve görüntülerin gerçek dünyada bulunan görüntüler ile bağdaştırılabildiği, gerçeklik ve sanallığın birlikte algılanmasını sağlayan bir zemin olarak düşünülebilir (İçten ve Bal, 2017).

Artırılmış gerçeklik ile ürünler üretilmeden önce tasarımı ve işleyişi tecrübe edilebilmek, bir ürünün ambalajı açılmadan içindekinin görülebilmesine olanak sağlayabilmektedir. Aynı zamanda makinelerin işleyişi sırasında oluşan problemin nereden ve niçin kaynaklandığı makine sökümü yapılmadan bulunabilmekte, mekanlara gidilmeden yerinden gezilebilmekte ve hatta izlenmesi istenilen mekandaki rüzgârı, nemi, kokuyu vs. hissedebilmek mümkün hale gelebilmektedir (Kesayak, t.y.).

Sanal gerçekliğin devamı olarak Artırılmış Gerçeklik görülmektedir. İkisi arasında bir kıyas yapılırsa sanal gerçeklikte dünya benzetimi bulunurken, var olan dünya gerçekliği yerine kullanılabilir. İki teknolojiye aslında birbirinin zıttı olarak düşünülmemelidir. Gerçek dünyadan görüntülerin dijital işlemlerle aktarılması sonucunda, geliştirilip ve grafik zenginliği katılmasından sonra Artırılmış Gerçeklik ortaya çıkar (Bulut, 2017).

Artırılmış gerçeklik ve simülasyon teknikleri sayesinde yeni ürünler oluşturulmasına, oluşturulan ürünlerin test edilmesi için kullanılacak ortamlar sağlamaktadır. Olası sorunların önüne geçmek için çeşitli senaryolar oluşturulması sayesinde olası problemler sanal ortamda deneyimlenir gerçekleşmeden çözümler üretilebilmesi sağlanır. Ayrıca mevcut birçok aksaklığın önüne geçilerek daha verimli kararlar alınabilmesini sağlamaktadır (Kumari ve Polke, 2018).

Otonom robotlar: Otonom robotlar otomatik iş yapma özelliğinin dışında yapay zekaya sahip robotik sistemler olarak düşünülmelidir. 1940'lı yıllarda geliştirilen otomatik kontroller sayesinde çalışan boya makinesi ve bunun öncüsü olmasıyla robot olarak ağırlıklı endüstriyel robotların farklı türleri geliştirilmiş ve sanayiye adapte edilmeye başlanmıştır. Bu durum sanayi üretiminde önemli bir yer kazanmasını sağlamıştır (Yazıcı, 2016).

Covid-19'un etkisiyle otonom robotların kullanımı daha da önem kazanmıştır. Çevre hakkında bilgi toplamak için kullanılabilirken, ayrıca herhangi bir yardım almadan çok uzun süre kullanılabilirler. Robotik ve yapay zekanın bir alt teknolojisi olarak kabul edilmektedir (Javaid vd., 2020). Üretim sistemlerinde Endüstri 4.0 kapsamında kullanılacak otonom robotlar aslında büyük ölçüde geliştirilmiştir. Bu robot gruplarından en önemlileri otonom arabalardır (Yazıcı, 2016).

Geliştirilen akıllı fabrikalar da olması gereken gelişmeler;

- Geleneksel üretim sistemlerinden olan sabit üretim tezgâhları ve robot kollar yerine firmaların üretimde en yararlı şekilde yararlanabileceği şekilde geliştirilmiş herhangi bir noktada konumlanabilen otonom üretim tezgahları ve robot kolları,
- AGV, TGV gibi tanımlı bir rotada taşıma yapan sistemler yerine kendi konumunu bilen ve etrafı algılayarak otonom olarak hareket eden otonom robot taşıyıcılar,

- Sabit iş planları yerine birbirleri etkileşimi ve olası arızaları dikkate alarak iş planları üretebilen ve problem durumunda birbirlerinin yerini kendi kendine alacak otonom robotik sistemler,
- Endüstri 4.0 için kullanıldığı bir diğer alan ise esnek üretim sistemleridir. Otonom robot sistemlerinin üretime adapte edilmesiyle mevcut yaklaşımlarda da köklü değişime neden olmuştur. Otonom robot uygulamalarının yaygınlığı giderek artması başka alanları da etkileyecektir (Yazıcı, 2016).

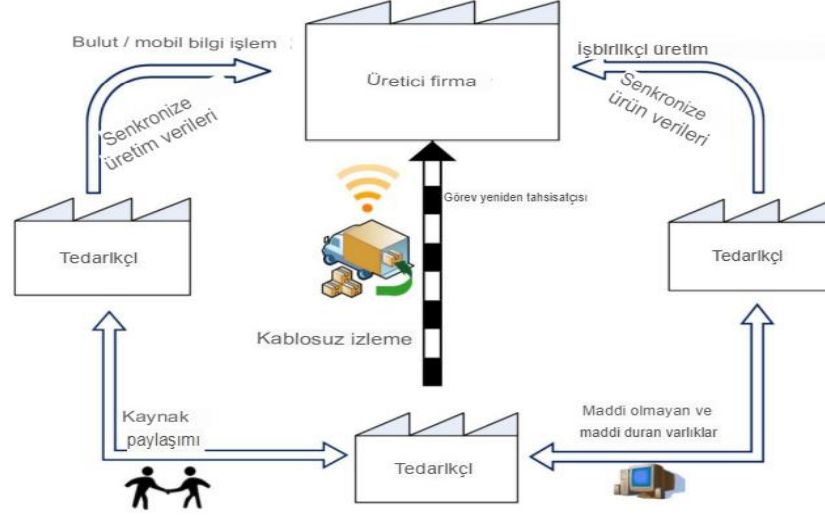
### 3.2. Yalın Üretim

Yalın üretimin çıkış noktası Toyota Üretim Sistemi (TÜS), 1950 yılında Ford'un Detroit'teki Rouge tesiste yapılan incelemede esneklik konusunda yoksun olmaları ve seri üretimin katı bir hiyerarşiye dayanamaması sonucunda kendi üretim sistemlerinin geliştirmek istemelerine dayanmaktadır. Yalın üretimin değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik olmak üzere beş temel ilkesi vardır (Başak, Yılmaz, & Deniz, 2019). Tam zamanında (JIT), heijunka, kanban, değer akış haritası (VSM), toplam üretken bakım (TPM), tek dakikalık kalıp değişimi (SMED), görsel yönetim (VM) ve poka yoke gibi yöntemleri kullanmaktadır.

Yalın üretim, entegre bir sistemde tam zamanında üretim/dağıtım, kalite sistemleri, çalışma ekipleri, hücreli üretim, tedarikçi yönetimi, vb. dahil olmak üzere çok çeşitli yönetim uygulamalarını kapsayan çok boyutlu bir yaklaşımdır (Yıldız, 2018).

Şekil 3.2'de gösterildiği gibi Yalın Üretim; üretim verimliliği, genel performansın yeniden işlenmesi, kalite ve personel verimliliği ve bunların çoşkusu dahil olmak üzere çok çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Yalın üretimin bir diğer avantajı, bu sistemin aşırı işleme, fazla üretim, iletim, envanter ve kusurlardaki israfı en aza indirmenin yanı sıra ekipman veya personelin gereksiz hareketlerini azaltma ve bir sonraki üretim prosedürlerini ve adımlarını bekleme yeteneğidir (Demirkol ve Al-futah, 2020).





Şekil 3.3. Endüstri 4.0 'in tedarikçi faktörleri üzerindeki etkisi (Sanders vd., 2016)

Tedarikçi geribildirimi: Üreticiler ve tedarikçiler arasında uygun olmayan bilgi aktarımı, ürün kadar süreç açısından da önemli bir israf kaynağıdır. Tedarikçiler, sağladıkları ürün ve hizmetlerin durumu ve durumu hakkında düzenli olarak bilgilendirilmelidir. Bu, herhangi bir tutarsızlık durumunda anında müdahale ve yeterli eylemin yolunu açmaktadır. Ancak üreticiler ve tedarikçiler arasındaki iş modelleri, operasyon ve veri bakım uygulamaları arasındaki fark, üreticilerin diğer iş ortakları ile kolayca bilgi iletişim kurmasına izin vermemektedir (Sanders vd., 2016).

Her endüstri, gerekli tüm alanlarda uzmanlığa ve kaynağa sahip olması mümkün değildir. Endüstri 4.0, tedarikçilere anında ve otomatik geri bildirim ile bürokrasileri ve yetersiz iletişim kanallarını aşmak için gerekli araçları sağlamaktadır. Endüstri 4.0 bağlamında işbirlikçi üretim ve geliştirme ortamları, özellikle sınırlı kaynaklara sahip KOBİ'ler için bu amaçlara yeterince hizmet etmektedir. İş birliği yapılan firmaların birleşik uzmanlığı, felaket durumunda faydalı risk azaltma ile birlikte iş ufku genişletir. Ürünlere ve üretim süreçlerine ilişkin veriler, tek tek endüstrilerin sınırlarının ötesinde paylaşılarak yüksek düzeyde senkronize olmalarını sağlar (Sanders vd., 2016).

Bir işletmedeki ortaklar arasındaki geleneksel iletişim mekanizmaları, bulut bilişim ve mobil bilişim hizmetleri aracılığıyla yenilenir. Sadece internete ve ortak buluta bağlı akıllı telefonlar ve tabletler aracılığıyla, iş ortakları arasında kolay entegrasyon ve daha iyi ilişkiler sürdürülebilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, iş birliği, senkronizasyon ve daha iyi iletişim mekanizmaları, etkili tedarikçi geri bildirimlerinin sürdürülmesini (Sanders vd., 2016).

Tedarikçiler tarafından tam zamanında teslimat: Toyota Üretim Sistemi aracılığıyla yaygınlaştırılan tam zamanında felsefesi, sıfır değerinde bir envanter seviyesi gerektirir. Sadece gerekli sayıda ürün, kullanılmadan önce saklamaya gerek kalmadan doğru zamanda üreticiye ulaşmalıdır. Ancak mevcut lojistik sistemlerinde, sevk edilen malın eksik durumu, gerekli ve taşınan malın uyumsuzluğu ve malın nakli sırasında beklenmeyen zaman gecikmeleri gibi nedenlerle zamanında teslimat her zaman mümkün (Sanders vd., 2016).

Nesnelerin İnterneti, taşınan mallar hakkındaki bilgileri yöneten iletişim için farklı entegre cihazlarla donatılmıştır. Halihazırda bir sevk irsaliyesi ile saklanan her ürün, menşei, varış yeri ve mevcut durumu hakkında kablosuz olarak izlenebilecektir(Sanders vd., 2016).

Her ögenin etiketlenmesi, doğru ürünlerin doğru yerlere gönderilmesini ve dağıtım sürelerinin azalmasını sağlamaktadır. Bu, yalnızca ürünlerin zamanında teslim edilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda seyahat rotalarının optimizasyonunu ve lojistikte güvenilirliği de sağlamaktadır (Sanders vd., 2016).

Bir tedarikçi, mallarının müşteriye tam olarak ne zaman ulaşacağını yorumlama yetkisine sahiptir, böylece güvenilirliğini artırır ve müşterilere değer katarak öngörülemeyen trafik sıkışıklığı veya başka herhangi bir kısıtlama nedeniyle zamanında teslimatın mümkün olmaması durumunda, akıllı bir görev dağıtıcı, zorlu zaman kısıtlamalarını karşılamak için bir siparişin yeniden tahsis edildiği simüle edilmiş bir ticaret sürecini başlatır(Sanders vd., 2016).

Bu nedenle, her ögenin etiketlenmesi, kablosuz takip ve siparişlerin akıllı şekilde yeniden tahsis edilmesinin, malların tedarikçiler tarafından tam zamanında teslim edilmesini önemli ölçüde desteklediği gözlemlenmektedir (Sanders vd., 2016).

Tedarikçi geliştirme: Yalın bir ekosistem oluşturmak ve bunu sürekli iyileştirmek için üretici ile birlikte tedarik zincirindeki tüm ortakların da gelişmesi gerekir. Yalnızca üretici yalın üretimi uygulamaya çalışırsa ve tedarikçiler eski işletim uygulamalarını takip etmeye devam ederse, bu mal ve bilgi akışında bir uyumsuzluk yaratabilir ve olumsuz etkilere yol açabilir. Yetersiz kaynaklar ve uzmanlık, tedarikçilerin üreticilerle eşit büyümesini engellemektedir (Sanders vd., 2016).

Endüstri 4.0 sayesinde, iş birliği yapan farklı ortaklar arasında teknolojik ağlar kurulur. Bu ağlar, veri ve bilgi biçimindeki araştırma ve bilgi gibi maddi olmayan varlıkların yanı sıra, somut kaynakların paylaşılmasına yardımcı olur (makineler, ekipman ve insan



uzmanları). Bu kaynaklar farklı organizasyonların parçasıdır ancak ortak bir hedefe ulaşmak için hareket ederler. Bu tür sanal organizasyonlar, sadece dış kaynak kullanımı iş modeli ile değil, ürün geliştirmeden üretim ve satışa kadar daha sinerjik iş birliği ile tedarikçi firmalara farklı açılardan fayda sağlamaktadır (Sanders vd., 2016).

Bu ortamda, tedarikçilerin gelişimi ve üretici ile eşit duruma gelmek için bilgi yönetimine ağırlık verilmektedir. Tedarikçiler ve üretici arasındaki donanım ve yazılımın uyumluluk sorunları da işbirlikçi geliştirme için önemli bir dezavantajdır. Kesintisiz bilgi akışını engelleyen iki farklı hizmet sağlayıcı arasında uyumsuz veri formatları mevcuttur, ancak bunlardan kaçınılabilir (Sanders vd., 2016).

Küresel standardizasyon enstitüleri, aralarındaki ara yüzleri standardize etmektedir (satıcıya özel donanım ve yazılımı destekleyen ekipmanlar). Birçok otomasyon teknolojisi çözüm sağlayıcısı, kendi varlıklarını ve iletişim protokollerini standartlaştırmaya isteklidir, böylece Endüstri 4.0'in ortak hedefi doğrultusunda iş birliği yapmaktadır.

Bu nedenle, sanal organizasyonlar ve standartlaştırılmış ara yüzler aracılığıyla, profesyonel olarak yalnız yetkilendirilmiş tedarikçiler, üreticilerle senkronize olur (Sanders vd., 2016).

Müşteri yönetimi, yalnız üretime ulaşmak için müşterinin ihtiyaçlarını karşılamaya ve bunları iş süreciyle bütünleştirmeye odaklanır. Müşteri katılımı boyutu aşağıdaki bölümde tartışılmaktadır (Sanders vd., 2016).

Müşteri katılımı: Müşterilere doğrudan ürün ve çözümler sunma şeklindeki yaygın eğilime karşı, ürün geliştirme aşamalarından itibaren müşterilerin katılımı sağlanmalıdır. Müşteriler, her işletme için büyük önem arz etmektedir (Sanders vd., 2016).

Ancak üretim için spesifikasyonlar belirlendikten sonra, müşterilere daha sonraki bir aşamada bunları değiştirmeleri için çok az esneklik sağlanır. İmalatta akıllı sistemler sayesinde donma döneminin başlangıcı, yani üretim parametrelerinin dondurulduğu ve değiştirilemediği dönem, değiştirilemeyen parametrelerin ürüne dahil edildiği noktaya kadar uzatılabilir (Sanders vd., 2016).

Bu, üretim yürütme sistemi, B2C uygulamaları vb. gibi farklı sistemlerin entegrasyonu ile oldukça zahmetsizce elde edilir. Bu, müşterilerin gerçek üretim aşaması ve beklenenler

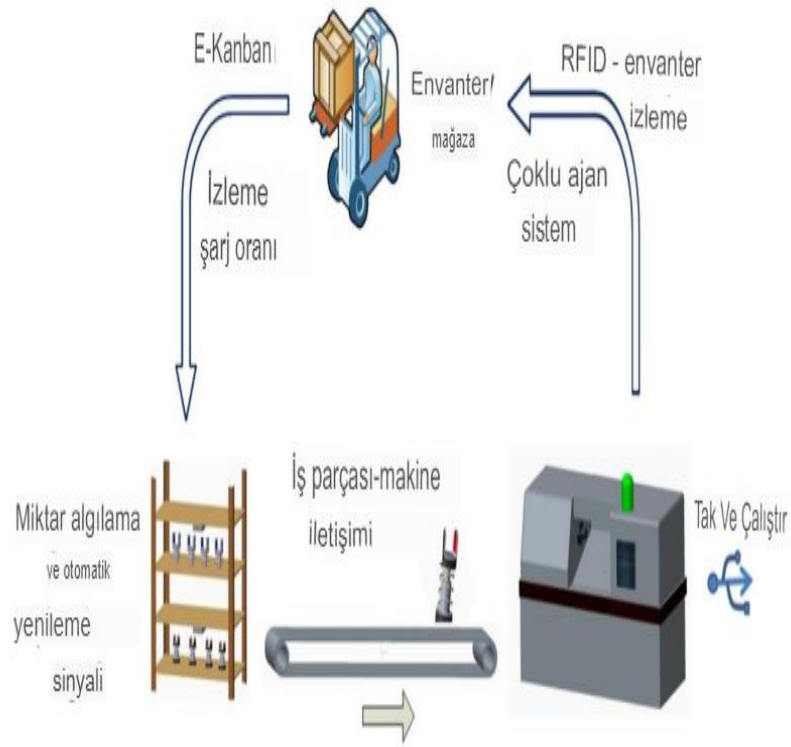
hakkında bilgilendirilmesini ve siparişin tamamlanmasını sağlayan bir sistem sağlamaktadır. İş modelleri, hizmetlerle birlikte ürün sağlamaya dönüşmüş olacaktır(Sanders vd., 2016).

Yükseltme ve yenileme gibi gelişmiş hizmetler, mevcut müşterilerin deneyimlerini artırırken yeni müşterilerin kazanılmasını sağlarken mevcut siparişin tamamlanması ile müşteri memnuniyetini artırılmasını sağlamaktadır (Sanders vd., 2016).

### 3.2.2. Üretim Süreci

Atölyede gerçekleştirilen işlemlerin sırası ve üretim aşamasından itibaren ürünlerin akışı, hammaddeden mamul mallara yalın uygulamak için dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir.

Bunlar faktörler aşağıda tartışılmıştır ve Endüstri 4.0'ın bu faktörler üzerindeki etkisini Şekil 3.4'te gösterilmiştir (Sanders vd., 2016).



Şekil 3.4. Endüstri 4.0 'ın süreç faktörlerine etkisi (Sanders vd., 2016).

Çekme Üretimi: Bir sektörde bir operasyon ancak talep edildiğinde yapılmalıdır. Talep müşteriden kaynaklıdır ve buna dayalı olarak bir üretim siparişinin oluşturulması gerekir.

Bunun anlamı her sonraki işlem, öncekinin işlemini başlatmak zorunda olmasıdır (Sanders vd., 2016).

Normal bir itme üretimi, fabrikada fazladan envantere, satılmayan mallara ve dolayısıyla ekstra üretim, bakım vb. maliyetlere yol açmaktadır. Üretim hattına tedarik edilen malzeme miktarının yanlış takibi ve malzeme tedarikinden sonra programdaki değişiklikler çekme üretim sistemini ciddi şekilde etkilemektedir (Sanders vd., 2016).

Kanban, ardışık bir istasyonun belirli bir istasyon için işlemi başlatmak üzere kanban kartları oluşturduğu çekmeli üretim uygulamasının en iyi yöntemlerindedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanan bir e-kanban sistemi, sensörler aracılığıyla eksik ve boş kutuları otomatik olarak tanır ve ikmal işlemini tetiklemektedir (Sanders vd., 2016).

Kutunun şarj seviyesi de izlenebilir ve veriler kablosuz olarak gerçek zamanlı olarak bir envanter kontrol sistemine iletilebilir. Üretim yürütme sistemindeki gerçek envanter ve değer eşleştiği sürece, üretim kontrolünde hatalar kayıp kanban nedeniyle önlenemez (Sanders vd., 2016).

Kablosuz bilgi ve iletişim sistemleri, malzeme partilerinin durumunu, sayısını ve konumunu izlemek için bu izleme işlemlerini radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri aracılığıyla gerçekleştirir (Sanders vd., 2016).

Zamanlamalardaki değişiklikler de sürekli olarak izlenebilir ve kanban parametreleri bu teknolojiler aracılığıyla güncellenebilir. Böylece genel üretim akışı, Endüstri 4.0'ın otomatik malzeme ikmal izleme, program izleme ve kanban güncelleme tesisleri aracılığıyla çekme sistemine dönüştürür (Sanders vd., 2016).

Sürekli akış: Hammadde, yarı mamul ve mamul akışının, belirlenmiş bir değer akışına göre sürekli olması gerekir. Tam zamanında üretim felsefesinin temel kavramlarından biri olan malzemeler sadece üretim anında ulaşmalıdır ve uzun süreler bekletilmemeli veya stok olarak saklanmamalıdır (Sanders vd., 2016).

Her sürecin değer katması ve akıcı bir operasyon akışıyla sonuçlanması gerekir. Çoğu durumda, stok sayımındaki hatalar, kapasite eksiklikleri ve karar vermede gecikmelere yol açan merkezi kontrol sistemleri nedeniyle akışta bir kesinti meydana gelir (Sanders vd., 2016).

RFID teknolojisini kullanan Endüstri 4.0 çözümleri, envanerin gerçek zamanlı tam takibiyle envanterle ilgili hataların ortadan kaldırılmasına yardımcı olur. Hatasız bir envanter durumu, düşük bir envanter seviyesinin korunmasına ve malların zamanında sipariş edilmesine yardımcı olur. Modern çağın ağ bağlantılı işletmeleri de taşeronlaşmayı kolaylaştırır, böylece ihtiyaç duyulduğunda kaynak ve yardım alırlar, bu da kapasite eksikliğini yönetilmesine yardımcı olur (Sanders vd., 2016).

Holonik üretimin gelişiyile, malzeme taşıma, planlama ve kontrol için çok etmenli sistemlerin kullanılmasıyla, sistem daha modüler hale geldi ve karar verme merkezi hiyerarşik yapılardan merkezi olmayan araçlara kaydırılmıştır (Sanders vd., 2016).

Karma model bir montaj atölyesi için JIT üretim ortamında Nesnelerin İnternetine dayalı bir malzeme dağıtım yöntemi önerilmiştir. Her istasyondaki üretim düzenine ve malzeme bilgisine dayalı olarak malzeme dağıtımını için matematiksel bir model oluşturulur. Bu modeli çözmek için akıllı bir optimizasyon algoritması geliştirilmiş olup, optimize edilmiş bir malzeme dağıtım planı ile sonuçlanmıştır. Kesintiyi, üretim hattında beklemeyi ve programdaki gecikmeleri ortadan kaldırarak sürekli akıcı bir akış sağlamaktadır. Bu şekilde, gerçek zamanlı envanter takibi, taşeronluk ve merkezi olmayan karar verme, üretim hattında sürekli akıcı bir akışa yol açar (Sanders vd., 2016).

### **3.2.3. İstatiksel Süreç Kontrolü**

Ürünlerin kalitesi her imalat endüstrisinde büyük önem taşımaktadır. Süreçler her zaman kontrol altında olmak zorunda olduğundan süreçleri değerlendirmek için kalite yönetimi alanında çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Ancak azalan ürün ömrü, azalan geliştirme süresi, rekabetçi fiyatlandırma ve artan ürün karmaşıklığı, süreç kontrolünü yüksek risk altına sokmaktadır (Sanders vd., 2016).

Bir operasyonu gerçekleştiren operatörlerin tecrübesizliği ve süreci varyasyonlar için izleyememek, ürünlerdeki kalite kusurlarına önemli ölçüde katkıda bulunur. Endüstri 4.0 senaryosunda, akıllı ürünler üzerlerinde yapılacak işlemler hakkında detaylarla birlikte gelmektedir. Bir ürün üzerinde gerçekleştirilecek işlemlerin sırası zaten o ürünün taşıyıcısına yüklenmektedir. Bu bilgiler, otomatik işlemler için makineye iletilir ve manuel işlemler için daha iyi görselleştirme ara yüzleri ile gösterilir (Sanders vd., 2016).

Geliştirilmiş insan-makine ara yüzleri de bilgiyi daha çekici bir şekilde sunar ve üretim süreçlerinde hata yapma olasılığını önlemektedir. RFID etiketlerinde depolanan bilgileri okuyarak varyasyonlar için süreçlerin otomatik olarak algılanmasını sağlar. IoT, farklı makinelerden gelen bilgi ve verileri birleştirerek farklı değer katan süreçlerin entegrasyonuna yardımcı olmaktadır (Sanders vd., 2016).

Gelişmiş analitik, mevcut verilerden anlamlı eğilimleri ve ilişkileri hesaplayarak iş zekasını süreç iş akışlarının yönetimiyle birleştirir. Bu üç teknoloji birlikte izlenebilirlik, görünürlük, bellek ve yerleştirme gibi özellikleriyle Altı Sigmanın makro aşamalarına katkıda bulunur. Böylece iş parçası-makine iletişimi, geliştirilmiş insan-makine ara yüzleri ve süreç takibi, entegrasyonu ve yönetimi, hatasız ürünlerin üretilmesini ve müşterilere satılmasını sağlar (Sanders vd., 2016).

#### **3.2.4. İşçi Katılımı**

Yalın üretim, çalışanların güçlendirilmesine büyük ölçüde vurgu yapmaktadır. Çalışanlar, fiilen çalışmaktan ve ürün ve hizmet yaratmaktan sorumludur, bu nedenle onlara fikir ve önerilerini kabul etme konusunda yeterli esneklik ve önem verilmelidir. Çalışanların farklı görevlere yanlış atanması, uygun olmayan performans değerlendirmesi ve eğitimi ve monoton çalışma, çalışma ortamındaki düşük moral için önemli katkılardır (Sanders vd., 2016).

Çoğu durumda, işçiler ayrıca mevcut işyerlerinde önerilerini ve geri bildirimlerini ifade etmekte zorlanmaktadırlar. Bu noktada Endüstri 4.0 ortamında üretim çalışanları, kendi akıllı telefonları ve tabletleri aracılığıyla gerçek zamanlı verilerle üretim koşullarına ilişkin anında geri bildirim sağlamaktadır. Bu sayede çalışanların endişelerini ve geri bildirimlerini işyerinde kaydetmeleri için son derece rahat bir ortam sunmaktadır (Sanders vd., 2016).

Karar vericinin mekânsal ve zamansal uygunluğundan bağımsız olarak sosyal medyadan yararlanılarak, çalışanların uygunluklarına göre farklı operasyonlara atanma süreci CPS tarafından desteklenmektedir. Yönetici, kullanılabilirliği kontrol edebilir ve işçileri el tipi akıllı cihazlar aracılığıyla farklı işlemlere tahsis edebilir. Bu, yöneticinin işgücünü koordine etme ve sürdürme çabalarını büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Çalışanların hız, doğruluk, performans ve motivasyon faktörleri açısından değerlendirilmesi de özel çalışan destek sistemleri aracılığıyla basitleştirilmiştir. Çalışanlar için daha iyi ara yüzler veya özel eğitim süreçleri geliştirmeye katkıda bulunurlar (Sanders vd., 2016).

Çalışanların memnuniyetsizliğinin en önemli faktörlerinden biri monotonluk ve rutin faaliyetlerin yürütülmesidir. Akıllı cihazlar gerçek zamanlı veriler elde eder, rutin görevleri otonom olarak yürütür ve şekil ve grafikler olarak temsil eder. Bu bilginin bilişsel olarak elde edilmesi ve geliştirilmiş insan-makine ara yüzü, çalışanları rutin görevlerden kurtarır ve çeşitlendirilmiş çalışma ve öğrenme görevlerine odaklanmaya yardımcı olmaktadır. Monoton ve vasıfsız faaliyetler, işin doğasının değişmesine yol açacak şekilde otomatikleştirilir, yani işçiler kalibrasyon, veri işleme ve benzeri tekrarlanmayan diğer görevler üzerinde çalışmak üzere eğitilirler (Sanders vd., 2016).

Çalışanlar ara bağlantı için kendi akıllı cihazlarını kullanıcılarından dolayı Endüstri 4.0, yönetim tarafından zorlanmak yerine çalışanların kendileri tarafından motive edilmelidir. Böylece akıllı geri bildirim cihazları, çalışan destek sistemleri ve geliştirilmiş insan-makine ara yüzü, çalışanların organizasyona daha iyi güçlendirilmesini ve katılımını kolaylaştırır (Sanders vd., 2016).

### **3.3. Endüstri 4.0'da Düşük Kodlu Platformların Yeri**

Farklı endüstriyel sektörlere yönelik düşük kodlu geliştirme platformları vardır. Endüstriyel olarak firmaların düşük kodlu platformları kullanım özelliklerine göre seçmeleri önemlidir. Düşük kodlu platformlarında Endüstri 4.0 teknolojileri ile birlikte doğru şekilde kullanıldığı zaman firmalara kolaylık sağlayacağı aşikârdır.

#### **3.3.1. Sanal Fabrika Açık İşletim Sistemi (vf-OS) Platformu**

Açılımı Sanal Fabrika Açık İşletim Sistemi olan Endüstri 4.0 projesi Vf-OS, 723710 sayılı Hibe Anlaşması kapsamında Avrupa Komisyonu'nun H2020 Çerçeve Programı tarafından finanse edilen ve Ekim 2016'dan Ağustos 2019'a kadar olan dönemde yürütülen bir projedir. Genel anlamda vf-OS daha çok teknik ve iş konseptlerini daha ileriye götürmeye odaklı olup insanların, uygulamaların ve cihazların (IoT) birbirine bağlı ortamda sorunsuz bir şekilde iletişim kurmasını ve birlikte çalışmasını sağlayan, iş birliğine dayalı bir üretim ve lojistik ortamının genel ağını yönetebilen ve gereksinime yanıt veren açık çok taraflı bir çerçeve olarak tanımlanabilir (Sanchis vd., 2019).

Çeşitli teknik çözümler uygulanmasında yer almaktadır. İç süreçleri daha ayrıntılı olarak tanımlayan fonksiyonel ve teknik özellikler hazırlanarak iletişim düzeyini tanımlar. Endüstri 4.0' da vurgu güvenlik üzerine yapılmaktadır. Bu da özellikle hassas verilerin

korunması gerektiğini, endüstriyel süreçlerin internete bağlanması sonucunda kötüye kullanım riskinin artmasına dolayısıyla yeni risklerin oluşmasına yol açmaktadır. Bu tehlikeleri en aza indirmek veya önlemek için vf-OS, ana tehlike kaynaklarını ve çözümlerini listeleyen bir güvenlik ve gizlilik kavramı geliştirmiştir (Pape, Hinz, Perales ve Fraile, 2018).

Vf-OS ekosistemini temellendirmek için tüm vf-OS mimarisini oluşturduğu bir Hizmet Odaklı Mimari (SOA) yaklaşımı kullanır. Bu yaklaşımı uygulamak için, tüm bileşenler proje içinde uygulanacak mesajlaşma veri yolu ile veri alışverişine (öncelikle) izin veren bir REST arabirimi uygular ve yayınlar. vf-OS Farklı bileşenlerin etkileşim modellerine karar verebilmesi ve iç /dış olaylara tepki verebilmesi için Olay Odaklı SOA (Event Driven SOA ) özelliklerini desteklemektedir (Pape vd., 2018)

Genel olarak geleneksel fabrikalar giderek dijital üretim ortamlarına dönüştürülecektir, ancak şu anda üretimde ICT için tam potansiyel tam olarak kullanımdan uzaktır. Bu, vf-OS projesinin temel motivasyonu oluşturur (Sanchis vd., 2019).

Uygulama oluşturma sürecini kolaylaştırmak ve kullanıma hazır olarak ve üçüncü taraf yazılımlara bağımlı olmaması için kodlama düzeyini en aza indiren iş uygulamalarını tasarlamak, oluşturmak, özelleştirmek ve dağıtmak için düşük kodlu geliştirme platformları hızla ortaya çıkmıştır. Bir sonraki hedefi de IoT cihazlarını içeren uygulamalardır (Sanchis vd., 2019).

Düşük kodlu platformlar için bir sonraki gelişim sensörleri ve aktüatörleri içeren uygulamalar olacağı aşikardır. Bu anlamda, vf-OS, kullanıcıların, uygulamaların ve cihazların (IoT) birbirine bağlı ortamda sorunsuz bir şekilde iletişim kurmasını ve birlikte çalışmasını sağlayan, iş birliğine dayalı bir üretim ve lojistik ortamının genel ağını yönetebilen çok taraflı bir çerçevedir (Sanchis vd., 2019).

Vf-OS, bulutta ve şirket içinde dağıtılabılır. Vf-OS, daha iyi üretim ve lojistik süreçlerini entegre etmek için geleceğin bağlı fabrikalarına farklı hizmetler sunarak, organizasyonlar arası üretim desteğine dayalı iş birliğine dayalı üretime ve mobil üretime olanak tanımaktadır (Sanchis vd., 2019).

Çizelge 3.1'de, vf-OS'nin sunduğu işlevleri göstermektedir (Sanchis vd., 2019).

Çizelge 3.1. Sanal fabrika açık işletim sistemi (vf-OS) işlevleri (Sanchis vd., 2019)

---

### **Sanal Fabrika Girişi/Çıkış Arayüzü (VF-IO)**

---

Fabrikanın gerçek varlıklarını sanallaştıran ve bunları vf-OS'deki görüntülerine bağlayan bir dizi modüldür. vf-IO, fabrika kaynaklarının sorunsuz/açık erişimi ve akıllı sanallaştırması için tak ve çalıştır mekanizmaları ve aygıt sürücüleri uygular; aygıt sürücüleri, uygulama programlama arabirimi (API) bağlayıcıları, güvenlik ve veri erişiminden oluşur. Bu nedenle, vf-IO, eski kurumsal kaynak planlaması (ERP'ler) veya müşteri ilişkileri yönetimi (CRM'ler), siber-fiziksel sistemler (CPS'ler), akıllı nesnelere veya kablosuz sensör ağları gibi varlıklara bağlantı sağlayan modüllerden oluşur.

---

### **Sanal Fabrika Middleware (vf-MW)**

---

CPS, akıllı nesnelere, radyo frekansı tanımlama (RFID) cihazları ve kablosuz sensör ağları dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere rastgele kaynaklardan gelen verileri entegre etmek için bir dizi modül sağlayan sistem hizmetlerinden ve bir veri yolundan oluşur.

Ayrıca, bulut tabanlı veri depolama kullanımı, satıcıya bağlı kalma sorunlarını önler ve sistem arızası riskini en aza indirir. Verilerin erişilebilirliği, bağlayıcılar ve sarmalayıcılar aracılığıyla kolaylaştırılır.

---

### **Sanal Fabrika Cihazları Sürücüleri ve Açık Uygulama Programlama Arayüzleri**

---

Açık API'ler, ara bağlantı modülleri ve sürücüleri, fabrika ve vf-OS uygulamaları arasında birlikte çalışabilirlik mekanizmaları görevi görür. Her ikisi arasındaki entegrasyon sorunsuz ve güvenlidir. Fiziksel varlıklara (örneğin, sensörler) ve sanal varlıklara (örneğin, ERP sistemleri ve veriler) arayüzler sağlar ve vf-OS'de kullanımlarını kolaylaştırır.

---

### **Sanal Fabrika Sistemi Çekirdeği (VF-SK)**

---

İşletim sisteminin çekirdeğidir, anahtar sistem kaynaklarını ve sistemin diğer bileşenlerine açık ve erişilebilir olan bir dizi özel hizmeti sağlamaktan sorumludur.

---



---

### **Sanal Fabrika Açık Uygulamaları Geliştirme Kiti (vf-OAK)**

---

Yazılım üreten topluluğa hitap eden eksiksiz ve tamamen açık bir geliştirme kiti. Amaç, tüm endüstriyel sektörlerde ve senaryolarda vf-OS'de çalışan belirli uygulamaların büyümesini garanti altına almak için ele alınmıştır. Uygulama geliştirmek için bir yazılım geliştirme kitinden (SDK), bir sistem panosundan, OAK Ön Uç Ortamı, OAK Development Studio ve geliştiricilerin ilgisini çekmek için bir geliştirici etkileşim merkezidir. SDK, vApps geliştirmek için gereken tüm gerekli API'leri uygular. OAK Sistem Kontrol Paneli, sistem izleme ve yapılandırmaya izin vermek için temel yazılım hizmetlerini temsil eder; OAK Ön Uç Ortamı, vApp'lere genel bir 'görünüm, his ve kompozisyon' yapılmasını kolaylaştıran ve OAK Studio aracılığıyla iş mantığı da dahil olmak üzere UI öğelerinin bir derlemesini sağlayarak hızlı geliştirmeye yardımcı olan bir çerçeve sağlar; vf-OS Development Studio, yazılım geliştiricilerin uygulamalarını vf-OS içinde çalışacak şekilde oluşturmalarını kolaylaştıran bir masaüstü geliştirme ortamıdır.

---

### **VF-OS Uygulamaları (VAPPS)**

---

Akıllı uygulamalar üretmek, tüm üretim sektörlerinde ve üretim ve lojistik süreçlerin tüm aşamalarında tedarik ağları arasında iletişim ve iş birliğini mümkün kılar ve optimize eder: talep tahmini, planlama, tedarik, üretim, dağıtım, depolama, değiştirme ve geri dönüşümdür.

---

### **Sanal Fabrika Platformu (VF-P)**

---

Bu, vf-OS'nin sağladığı tüm hizmetlerin ve son kullanıcı uygulamalarının temelini oluşturan bütünsel bir hizmet platformudur. vf-P, bileşenler, bağlayıcılar, OAK işlevleri, pazar, hizmet çerçevesi (içsel hizmetlerin çalıştırılmasını destekleyen) arasında arabirim ve çalışma zamanı ortamı olarak kapsülendir ve işlev görür ve vApps) ve son kullanıcı uygulamaları/geliştiricileri. vf-P yerel olarak ve bulut ortamlarında çalışabilir.

---

Çizelge 3.1. Sanal fabrika açık işletim sistemi (vf-OS) işlevleri (devamı) (Sanchis vd., 2019)

---

### **VF-OS Store (VF-Store)**

---

Sanal Fabrika İmalatı Uygulama Mağazası, tüketici ve geliştiriciler için modern bir e-Ticaret platformunun temel hizmetlerini sunmaktadır. Bir yandan, vf-Store, yazılım geliştiricilerin talep edilen varlıkları veya inisiyatifi sunmalarını sağlar ve diğer yandan kullanıcılar mevcut vApp'leri arayabilir, edinebilir ve derecelendirebilir. Ayrıca, vf-Store geliştiriciler ve kullanıcılar arasında bir arabulucu görevi görür. Bu nedenle, vf-Store, geliştiricilerin kullanıcılarla iletişim kurması için merkezi bir noktadır. vf-Store, derecelendirmeleri görüntülemeye/ayarlamaya, incelemeye ve varlığın davranışı hakkında teknik bilgi sağlamaya ek olarak, kullanıcıların yeni varlıklar için fikirler sunmak üzere geliştiricilerle iletişime geçmelerini destekler.

---

### **3.3.2. Endüstride Düşük Kodlu Geliştirme Platformları**

Farklı endüstriyel sektörlere yönelik yalnızca bazı düşük kodlu geliştirme platformları vardır. Bununla birlikte, endüstriyel sorunları çözmek için otomatik bir şekilde çalışan uygulamalar oluşturup, dağıtması üzerine açık standartlarda geliştirilen enine platformların eksikliği vardır (Sanchis vd., 2019).

Çizelge 3.2 . Düşük kodlu platformlar ve vf-OS' ın temel özellikleri (Sanchis vd., 2019)

---

### **Düşük Kod Geliştirme Platformları ve Açıklaması**

---

#### **PTC ThingWorx (Sürüm 8.5, PTC, Boston, MA, ABD, 2019)**

---

ThingWorx, süreçleri düzenlerken ve güçlü web, mobil ve AR deneyimleri sunarken verileri kaynaklama, bağlamsallaştırma ve sentezleme yeteneği sağlar. Ürün sayfalarında iddia edildiği gibi, ThingWorx aşağıdaki yollarla endüstriyel inovasyon sunmanın en hızlı yoludur: Hizmetlerin performansını artırmak için bağlı ve kurumsal sistem verilerinden yararlanılmalı ve müşteri deneyimi, destek ve kullanılabilirlik açısından değerlendirilmelidir. Verimliliği artırmak gerçek zamanlı verileri mevcut kurumsal sistemlerle birleştirerek iş süreçlerini optimize edilmelidir. Yeni iş modellerinin ve fırsatlarının kilidini açmak için yeni gelir akışları sağlanmalıdır. İnovasyon hızını artırmak için ürün ve hizmet tekliflerini farklılaştırılmalıdır.

---

Çizelge 3.2. Düşük kodlu platformlar ve vf-OS' in temel özellikleri(devamı) (Sanchis vd., 2019)

---

**Siemens Mindsphere (Sürüm 3.0, Siemens, Berlin, Almanya, 2019)**

---

MindSphere, Siemens'in gerçek şeyleri dijital dünyaya bağlayan ve iş başarısını artırmak için güçlü endüstri uygulamaları ve dijital hizmetler sağlayan bulut tabanlı, açık Nesnelerin İnterneti (IoT) işletim sistemidir. MindSphere'in açık PaaS'ı, zengin bir iş ortağı ekosisteminin yeni uygulamalar geliştirmesine ve sunmasına olanak tanır. MindSphere kullanıcıların şunları yapmasına olanak tanır:

- Ortama kurulumu kolay güvenli bağlantı ekleyerek ve bağlantı için açık standartları kullanarak gerçek olanı dijital dünyaya bağlanması sağlanır.
- Bulut tabanlı hizmetleri, PaaS'ı, destek, açık uygulama geliştirme ve veri /meta veri karakterizasyonu.
- Filo yönetimi gibi dağıtım süresini kısaltmak için yerleşik uygulamaları ve gerçek kullanım durumlarını kullanın, kontrol döngüsü performans analizi.

---

**Microsoft Azure IoT Suite (Microsoft, Redmond, WA USA, 2019)**

---

Azure IoT Paketi, hızlı bir başlangıcı kolaylaştıran ve müşterinin belirli gereksinimlerini karşılamak için özelleştirilebilen önceden yapılandırılmış bir dizi çözümdür. Müşterinin abonelik araçları kullanılarak Azure'a dağıtılabilen ortak bir IoT çözüm desenlerinin açık kaynaklı bir uygulamasıdır. Önceden yapılandırılmış her çözüm, belirli bir IoT senaryosunu veya senaryosunu uygulamak için özel kodu ve Azure hizmetlerini birleştirir. Özellikleri:

Kapsanan senaryolar: veri görselleştirme, kurallar ve alarm yapılandırması, cihaz yönetimi işleri zamanlama, fiziksel ve/veya sanal cihaz sağlama ve sorun giderme.

- Mevcut çözümler: uzaktan izleme, kestirimci bakım ve bağlı fabrika.
  - Kullanılabilir Azure hizmetleri: IoT Hub, Event Hubs, Zaman serisi içgörülere, kapsayıcı hizmetleri, akış analizi, web uygulamaları, cosmos DB, Azure depolama.
-

Çizelge 3.2. Düşük kodlu platformlar ve vf-OS' ın temel özellikleri(devamı) (Sanchis vd., 2019)

---

**GE Predix (GE, Boston, MA, ABD, 2019)**

---

Predix, gelişmiş varlık modelleme, büyük veri işleme, analitik ve uygulamaları bir araya getirir endüstriyel operasyonlar için BT temelini aşağıdaki gibi sağlar;

- Uç varlıkları gerçek anlamda kontrol etmek için işleme ve analiz gücü dağıtmak için uçtan buluta platform buluttaki büyük veriler zamanlanmalı veya analiz edilmelidir. Varlık performansını anlamak, tahmin etmek ve optimize etmek için dijital ikiz kullanılmalıdır. Oluşturmak ve dağıtmak için endüstriyel analitik kütüphanesini kullanmak üzere analitik ve makine öğrenimi anormallikleri algılayan ve bakımı öngören makine öğrenimi modelleri tercih edilmeli. Özel uygulamalar ve uçtan uca çözümler oluşturmak için uygulama kataloğu sağlanmalıdır. Tasarım gereği güvenli ve esnek, uçtan buluta veri koruması, güvenlik standartları içerir destek, tam kiracı ayrımı ve erişim denetimleri bulundurulur. Tüm doğru hizmetler, araçlar, teknikler ve Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) uygulamalarını hızla geliştirmek ve dağıtmak için topluluğu desteklemek gerekir.

---

**IBM Cloud (formerly IBM BlueMix) (IBM, Armonk, NY, USA, 2019)**

---

IBM Cloud (Bluemix), bulutta uygulamalar oluşturmak, çalıştırmak, devreye almak ve yönetmek için entegre DevOps'un yanı sıra çeşitli programlama dillerini ve hizmetlerini destekleyen bir bulut PaaS'tır. Bluemix, kendi ve üçüncü taraf uygulamaların aşağıdaki özelliklerle dağıtımları için yüklendiği bir katalogla birlikte gelir:

- Mobil uygulamalar geliştirmek ve verilerden tüm bilgileri çıkarmak için araçlar,
- IoT, yapılandırılmamış veriler (Watson aracılığıyla) ve uygulama programlama arabirimi (API) Connect Secure Gateway aracılığıyla üçüncü taraf kaynakların entegrasyonu dahil olmak üzere farklı veri kaynaklarına bağlantı,
- Donanım güvenlik modülü ve Intel'in güvenilir yürütme teknolojisinden yararlanarak güvenli bir ortam. Tüm uygulamalar SSL Sertifikalıdır ve ileti merkezinin kurallarını geliştirmek için blok zinciri veya güvenli ve yüksek düzeyde kullanılabilir uygulamaları dağıtmak için Kubernetes kümelerindeki kapsayıcılar gibi teknolojiler içerir.

Çizelge 3.2. Düşük kodlu platformlar ve vf-OS' ın temel özellikleri (devamı) (Sanchis vd., 2019)

---

**Software AG ADAMOS ( DMG MORI, Dürr, Software AG and ZEISS as well as ASM PT, Germany, 2019)**

---

ADAMOS IIoT platformunun temel işlevselliği, cihaz bağlantısı ve yönetimi, gerçek zamanlı analitik ve görselleştirme, iş akışı otomasyonu ve kurumsal ve bulut entegrasyonunun temel alanlarında sunulmaktadır. ADAMOS, aşağıdaki özelliklere sahip makine ve tesis mühendisliği işletmeleri için mevcut ürünler etrafında dijital olarak ağa bağlı bir üretim ve akıllı hizmetler dünyasını öngören açık ve üreticiden bağımsız bir IIoT platformudur:

- Platform altyapısı, bulut hizmeti olarak isteğe bağlı olarak kullanılabilir. Altyapıdan bağımsızdır ve herhangi bir altyapı sağlayıcısı ile gereksinimlere göre esnek bir şekilde çalıştırılabilir.
- Makine öğrenimi: Makine verileri, üretimde karar vermeyi optimize etmek için makine öğrenimi modelleri tarafından gerçek zamanlı olarak değerlendirilebilir (örneğin, tahmine dayalı bakım).
- Gerçek zamanlı analitik: Platformda gerçek zamanlı olarak değerlendirilen ve çok çeşitli uygulamalarda yeniden kullanılabilen önceden tanımlanmış veya bireysel analiz kurallarının kullanımı.
- Veri depolama: Platform içindeki verilere erişim (örneğin, makine ve sensör verileri).
- Güvenlik: Fiziksel güvenlik, ağ, erişim ve uygulama güvenliği için en gelişmiş güvenlik kavramlarının ve standartlarının kullanılması.
- Cihaz bağlantısı: sertifikalı ağ geçitlerine, IoT protokollerine ve SDK'lara dayalı heterojen makine ortamları için esnek bağlantı seçenekleri.
- Cihaz yönetimi: Ürün yazılımı ve yazılım yönetimi, gerçek zamanlı alarm yönetimi, bağlantı ve yapılandırma yönetimi gibi açık ve kapalı alana kadar verimli cihaz kullanımı için cihaz yaşam döngüsü yönetimi.
- Panolar: Makine durumu ve anormallikler gibi izleme ve analiz için ayrı ayrı yapılandırılabilir ve genişletilebilir gerçek zamanlı panolar.
- Entegrasyon: Makineden bulut entegrasyonuna ve uygulamalar aracılığıyla tüm değer zincirini dijitalleştirmek için tüm IIoT entegrasyon senaryolarının desteği.

Çizelge 3.2'de özellikleri belirtilen düşük kodlu geliştirme platformları olarak: (i) PTC ThingWorx, (ii) Siemens MindSphere, (iii) Microsoft Azure IOT Suite, (iv) GE Predix, (v) IBM Cloud (eski adıyla IBM BlueMix), ve (vi) Software AG ADAMOS yer almaktadır (Sanchis vd., 2019).

### 3.3.3. Düşük Kodlu Platformların İmalat Endüstrisindeki Avantajları

Düşük kod, ekibin OT (Operasyonel Teknoloji) ve BT iş akışlarını entegre etmesini, üretim otomasyonunu geliştirmesini ve saha operasyon ekiplerine yardımcı olmasını kolaylaştırmaktadır. Düşük kod metodolojilerinin kullanılması, hızlı uygulama geliştirmeyi mümkün kılmaktadır. Birçok zaman kaybına yol açan görevler ortadan kaldırılarak profesyonel programcıların daha hızlı çalışmasına olanak sağlar. Metodoloji, uygulamaların oluşturulma şeklini büyük ölçüde basitleştirdiği için, düşük kod, uygulama geliştirmeyi programcı olmayanlara kadar açmaktadır (Salamone, 2021).

Aynı zamanda süreçleri ve veri analizini otomatikleştiren uygulamaların geliştirilmesini hızlandırmaktadır. Düşük kodun endüstriyel ortamlarda yardımcı olmasının sağlayan dört yol bulunmaktadır (Salamone, 2021);

**Vatandaş Geliştiricilerin Güçlendirilmesi:** Düşük kod teknolojisi, vatandaş geliştiricilerin BT'yi beklemeden uygulamalar oluşturmasına olanak tanır. BT departmanları tarafından geliştirilmeye çalışılan basit uygulamaların geliştirilmesi bile uzun zaman almaktadır. Düşük kod teknolojisi, ekip üyelerinin kodlama dilleri ve geliştirme kavramları hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olmasa bile kolay şekilde çözümler oluşturmasına olanak sağlamaktadır. Vatandaş geliştiriciler için çözümleri hızlı bir şekilde, bazen birkaç saat içinde çalıştıran temel, sürükle ve bırak çerçevesinde sunulmuştur (Salamone, 2021).

Düşük kod, C-suite veya BT departmanının önceliklerine göre değil, programlarına göre kendilerine uygun çözümler oluşturmasına olanak tanır. Bunun en iyi yanı, atölyenin uzmanlığın olduğu yer olmasıdır ve atölyedeki insanlar makinelerin ve süreçlerin ayrıntıları hakkında bilgi sahibi olmasıdır. Bu ekip üyelerine kendi uygulamalarını oluşturmaları için bir yöntem sağlamak, bir şirketin bu toplu uzmanlığı otomatik süreçler veya sistemlerin nasıl çalıştığına dair iç görüler biçiminde yakalamasına yardımcı olmaktadır (Salamone, 2021).

**Gözetim ile Deneme Özgürlüğü Sağlaması:** Vatandaş geliştiricileri güçlendirmenin bir dezavantajı vardır. Güvenlik faktörlerinin ele alınmasını sağlayacak uzmanlığa sahip

olmayabilirler. Aslında, iş birimlerinin meseleleri kendi ellerine aldığı “gölge BT” çabaları genellikle güvenlik riskleriyle sonuçlandığı tespit edilmiştir. Bu noktada düşük kod yardımcı olmaktadır. Düşük kod, BT'nin ve profesyonel programlama personelinin operasyonları denetlemesini sağlar. Gündelik ve büyük bir zaman yatırımı gerektiren bir şekilde denetlemek değildir. Bu, düşük kod kullanma amacını ortadan kaldırır (Salamone, 2021).

Bunun yerine, BT ve profesyonel programlama personeli, düşük kodlu uygulamalar oluşturmak için kullanılan birleştirilebilir öğelerin şirket güvenliği ve veri gizliliği standartlarını karşılamasını sağlamaktadır. Ayrıca, düşük kodlu bir uygulamada hangi veri kümelerinin kullanılabilmesi konusunda kısıtlamalar getirebilme olanağı vardır. Bu tür bir gözetim, bir uygulama kritik görev veya kuruluş çapında sistemlere dokunduğunda özellikle önemlidir (Salamone, 2021).

Düşük kod, hızlı uygulamalara olanak tanır: Kurumsal geliştirme ve BT ekipleri, genellikle mevcut projelerle aşırı derecede yoğun olmaktadır. IoT'den en etkin şekilde yararlanmak için bu ekiplerin IoT uygulamalarını hızlı ve verimli bir şekilde uygulaması gerekmektedir. Bu tür çözümlerle, bu ekipler, özel IoT yazılımını hızlı bir şekilde uygulayabilir. Ayrıca kullanıma sunma, aşırı gergin ekipleri daha da fazla zorlayan başka bir görev haline gelmeden güncelleyebilme olanağına sahiptir. Kuruluşlar, uygulamaları yalnızca tek bir tıklamayla dağıtabilmektedir. Diğer önemli özelliği de yalnızca belirli geliştiricilerin veya BT mühendislerinin sahip olduğu özel uzmanlık gerektirmek yerine, neredeyse herkes dağıtımını gerçekleştirebilme imkanına sahiptir (Salamone, 2021).

Düşük kod geliştirme, önceden oluşturulmuş entegrasyonlar sağlamanın yanında, işletmelerin yeni özellikleri uygulamak için yazması gereken özel kod miktarını önemli ölçüde azaltarak, çok daha hızlı uygulama geliştirme ve güncellemeler sağlamaktadır. Bazı tahminlere göre, düşük kod, yazılım geliştirmeyi geleneksel yöntemlerden on kat daha hızlı hale getirebilir. Bu, yalnızca işletmeler IoT yazılımını ilk kez kullanıma sunduğunda değil, aynı zamanda değişen iş gereksinimlerine yanıt olarak güncellemeleri gerektiğinde de kritik bir avantaj sağlamaktadır (Salamone, 2021).

**Düşük Kod ve Iot Ortaklığı:** Endüstriyel sektörde IoT çözümlerinden en yüksek değeri elde etmek için işletmeler, benzersiz IoT kullanım durumlarına göre özelleştirilmiş uygulamaları hızlı ve verimli bir şekilde oluşturmalarına olanak tanıyan yazılım geliştirme çözümlerine ihtiyaçları vardır. Düşük kod kullanarak, diğer iş birimleri, çözümler oluşturmak

ve bunları hızla dağıtmak için BT departmanı ile IoT iş birliği yaparak dayanıklılık ve esneklik sağlanır. Ekipler, BT'nin her küçük projeye ulaşmasını beklemeden talep üzerine dönebilir ve BT, özellikle bu programlar şirket çapında dağıtıldığında sonuçları denetleyebilmektedir. Düşük kod, teknolojiyi doğru kullanmasıyla şirket için değer yaratmaktadır. Üreticiler gerçek zamanlı iç görü ve hızlı inovasyon ihtiyacına uyum sağladıkça, düşük kod geliştirme ve güvenlik arasında ihtiyaç duydukları uzlaşmayı sunabilir (Salamone, 2021).

### 3.3.4. Düşük Kodu Üretim Endüstrisinde Uygulama Adımları

Düşük veya kodsuz platformlarda başarılı olması için entegre süreci uygulama adımları:

Güvenlik, yönetim ve testi: İlk olarak firmaların güvenlik, yönetim ve testinin nasıl uygulayacağını tespit etmesi gerekmektedir. Güvenlik, yönetim ve test etme, kurumsal bir platform benimsenirken genellikle daha sonra düşünülmektedir. Birçok şirket, bir platformun yerleşik yeteneklerinin yeterli olduğunu düşünür ve bu, düşük kodlu veya kodsuz bir platform uygulayan kuruluşları manuel test ve geçici yönetim denetimi kullanmaya yönlendirebilir, çalışanların platformları kullanma yeteneklerini olumsuz etkileyebilir ve planlanan hedeflere uyumsuzluk göstermesine neden olmaktadır (Roy, 2021).

Bunun yerine kuruluşlar, sürece yerleşik bir dizi duraklama ve gözetim ile test odaklı bir geliştirme yaklaşımıyla güvenlik öncelikli bir anlayış benimsemelidir. Herkese uyan tek bir çözüm yoktur ve işletmelerin gözetim ve çeviklik arasında bir denge kurması gerekmektedir. Örnek olarak; kişisel olarak tanımlanabilir bilgiler veya hassas veriler içeren, işlem sistemlerine bağlanan uygulamalar, tek amaçlı, bağımsız uygulamalardan daha yüksek düzeyde yönetilmelidir. Her kuruluş, uygun yönetim düzeyleri, çeşitli uygulama türleri için gözetim, hassas verilere erişim, performans, güvenlik politikası ve entegrasyonlar için kendi kriterlerini belirlemelidir (Roy, 2021).

Entegrasyonların önem derecesi ve kodsuz/düşük kodlu platformla bağlantı derecesi: Kuruluşlar, sistem entegrasyonu için genellikle düşük kodlu platformlarda yerleşik adaptörler/bağlayıcılar kullanılır ve noktadan noktaya entegrasyonla sonuçlandırılır. Bu standart bağlayıcılar, bir sistem/hizmet entegrasyonu zihniyetiyle çalışmaya odaklanılarak oluşturuldukları için genellikle zaman içinde iyi ölçeklenmez duruma gelmektedir. Birçok kuruluş, monolitik uygulamaları mikro hizmetlere dönüştürme yaklaşımını benimser ancak



düşük kodlu veya kodsuz uygulamaların arkasındaki benimseme stratejisiyle uyumlu değildir. Çoğu kuruluş, sistemleri doğrudan bir adaptörle entegre etmek yerine API liderliğindeki bir bağlantı yaklaşımını benimsemeyi tercih etmesi daha mantıklıdır. Bir API katmanı eklemek ayrıca bağdaştırıcıları ayırabilme ve daha kolay ölçeklendirmeyi sağlayabilme olanağı tanır (Roy, 2021).

Teknik aksaklık riskinin nasıl azaltması gerektiği: Geliştiriciler, en iyi uygulamaları ihlal eden ve kodda yapısal kusurlara neden olan uygulamalar oluşturduğunda teknik aksaklık oluşmaktadır. Sabitlenmemiş teknik aksaklık, işletmeleri ciddi risklerle karşılaşmasına neden olur. Geliştiriciler, düşük kodlu uygulamalar ve platformlarla kod yazmasalar bile ihlalleri önlemek için dikkatle değerlendirilmesi gereken yapılandırma ve bağdaştırıcı tabanlı tümleştirme yapıları hala vardır. Bu yapılar aşağıdakileri içerir (Roy, 2021):

- Sağlık: Bir uygulamanın kararlılığı ve onu değiştirirken yeni kusurların ortaya çıkma olasılığı,
- Performans: Bir uygulamanın duyarlılığı,
- Güvenlik: Bir uygulamanın yetkisiz izinsiz girişleri önleme yeteneği,
- Aktarılabirlik: Yeni bir ekibin uygulamayı anlama ve alıştırma döneminde uygulamayla çalışırken hızla üretken hale gelme kolaylığı,
- Değiştirilebilirlik: Bir uygulamayı kolay ve hızlı bir şekilde değiştirme yeteneğine sahiptir (Roy, 2021).

Teknik aksaklığı ortadan kaldırmak zordur, ancak kuruluşlar proaktif olarak gelişebilir, bu nedenle uygulama yapıları mevcut aksaklığa eklenmemektedir. Kuruluşlar, proaktivite’i düşük ve kodsuz uygulama benimsemeye şu yollarla aşılabilir (Roy, 2021):

- Farkındalığı yaymak: Mevcut ekiplerin eğitilmesi; Vatandaş geliştiriciler teknik borcun etkilerinin ne kadar çok farkındaysa, onu ortadan kaldırma önceliği o kadar yüksek olabilir,
- İyi mimari uygulamaları takip etmek: Vatandaş geliştiriciler için teknik uzmanlık düzeylerini göz önünde bulundurarak anlaşılması kolay yönergeler oluşturulmalı,

- Soyutlamadan yararlanma: Vatandaş geliştiricilerin plakalarından gereksiz işlevleri ve verileri kaldırarak ve iş ihtiyaçlarını çözen uygulamalar oluşturmaya odaklanmalarını sağlayarak karmaşıklığı azaltılmalı,
- Sıkı bağlantıdan kaçınma: Platform yeteneklerine bağımlı olmaktan kaçınmak için kurumsal ihtiyaçlar geliştikçe ayarlanabilen ölçeklenebilir entegrasyonlar oluşturulmalı,
- Kurumsal güvenlik kontrollerini dahil etme: Güvenlik risklerini önlemek, tespit etmek, önlem almak ve en aza indirmek için önlemler veya karşı önlemler oluşturulmalı. Bu tür kontroller, uygulamaların gizliliğini ve bütünlüğünü korur ve düşük ve kodsuz uygulama geliştirme sürecinin erken bir aşamasından itibaren dahil edilmeli,
- Yüksek bir test kapsamı yüzdesini korumak: Düşük ve kodsuz uygulama özelliklerinin ve işlevlerinin en az %85'ini test etmek için süreçler ve prosedürler geliştirilmeli,
- İzleme zorlukları: Teknik aksaklıkla ilgili olarak düzenli kalmak için sorun izleyicileri kullanılmalıdır (Roy, 2021).

Platform iş değerinin hangi metrikler tarafından belirlenmesine karar verilmesi: Metrikleri seçmek, iş ihtiyaçlarını gerçekten karşılayan belirli sonuçları desteklemek için önemli ölçüde düşünce ve özen gerektirir. İş sorularına yanıt veren ölçümler tasarlamak ve süreçlerde ve üretim ortamlarında aşamalı iyileştirmeler yapmak çok önemlidir. İzlenebilir nesnel önlemlerden bazıları; BT biriktirme listesi, döngü süresi, ekip hızı, güvenlik ölçümleri, uç nokta olayları ve ortalama arıza ve kurtarma sürelerini içermektedir (Roy, 2021).

Vatandaş geliştiricileri güçlendirmek ve BT iş yükünü azaltmak için yapılması gerekenler: Çoğu kuruluş, tekrarlanabilir ve tutarlı bir vatandaş geliştirici etkinleştirme kılavuzuna sahip değildir. Bu programlara katılım genellikle geçicidir ve iş dışı kullanıcıların başarılı olması için gereken temelden eksiktirler. Vatandaş geliştiricilerin kodlama deneyimi sınırlı olduğundan veya hiç olmadığından, iş ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli işlevsel derinlik sağlayan kullanımı kolay araçlara ihtiyaçları vardır (Roy, 2021).

Kuruluşlar, bir etkinleştirme merkezinin (CoE) kurulmasıyla kapsamlı bir vatandaş geliştirici etkinleştirme programı benimsemeli ve araçlar, süreç ve teknolojinin benimsenmesi

etrafında yönetim kurmalıdır. Bir etkinleştirme programı oluşturmak için yol gösterici ilkeler olarak aşağıdaki adımlardan yararlanmalıdır (Roy, 2021):

- Mevcut veya potansiyel vatandaş geliştiricileri belirlenmesi,
- Eğitim ve sertifikalandırma gibi bir vatandaş geliştirici kimlik doğrulama süreci oluşturulmalı,
- Hangi projelerin oluşturulduğunu veya oluşturulduğunu belirlemeli,
- Vatandaş geliştirici uygulamalarının oluşturulduğu yeri belirlenmeli (örneğin, ofis araçlarında veya ticari bir platform kullanarak),
- BT katılımını gerektiren, üzerinde anlaşmaya varılmış teknoloji noktaları oluşturulmalı,
- Korunmalı alan oluşturma, test etme, doğrulama, denetim, entegrasyon ve dağıtım gibi düşük kod geliştirme için standart protokoller ayarlanmalı,
- Bir projenin BT geliştirmeye mi yoksa düşük kod geliştirmeye mi aday olduğuna karar vermek için bir değerlendirme süreci belirlenmeli,
- Bu değerlendirmeye dayalı olarak uygulama geliştirme ve uygun yönetim süreçleri için süreçler oluşturulmalıdır. Bu, planlamayı (oluşturmaya başlamadan önce uygulamanızı düşünmek), verileri (toplamak, görüntülemek, işlemek ve raporlamak istediğiniz veriler), tasarımı (başkalarının uygulamanızla nasıl etkileşim kurmasını istediğiniz) ve mantığı (uygulamanızın çalışma şekli) içermelidir.

#### 4. SAHA ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde blok Zinciri, Endüstri 4.0 ve düşük kodlu platformları içeren saha araştırmalarına ve uygulama örneklerine yer verilmiştir. Endüstri 4.0'da blok Zinciri teknolojisinin kullanımı ve faydalarına, Endüstri 4.0 ve blok zinciri'nde düşük kod geliştirmenin kullanımı ile faydaları ve yönetici beklentilerinin ne ölçüde karşıladığına değinilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere blok zincirini benimseyen şirketlerin tedarik zincirinde gıda endüstrisinde uygulama potansiyeli araştırılarak firmaların düşük kod teknolojisini blok zinciri ile firmaların beklenti ve faydalarını belirlemek için araştırma taslağı oluşturulmuştur. Ayrıca blok zinciri uygulaması olan Hyperledger ve düşük kodlu platform olan codebeamer platformu incelenerek, bu uygulamalarının firmalara hangi beklentileri ve faydaları sağlayacağı açıklanmıştır.

##### 4.1. Saha Araştırmaları

Çeşitli sektör üzerine yapılmış anket çalışmaları ile yönetici ve çalışanların röportajları derlenerek saha araştırmaları kısmı yazılmıştır. Bu kısımda düşük kodlu platformlardan, endüstri 4,0 ve blok zinciri teknoloji ile birlikte kullanımında oluşan beklentiler açıklanmıştır. Ayrıca bu sistemleri firmalara dahil ederken ve sonrasında yöneticilerin ve çalışanların ihtiyaç duydukları ve duyacaklarını düşündükleri teknolojiler hakkında yapılmış anket çalışmaları ve görüşler yer almaktadır.

Düşük kodlu platformların kullanımı ile Endüstri 4.0'da duyulan ihtiyaçları ve beklentileri tespit edebilmek için belirlediğimiz çalışmaları şu şekilde açıklayabiliriz: Gıda sektöründe en çok karşılaşılan sorun tedarik zinciri olup firmalar düşük kodlu platformlardan envanterin bakımı, tedarikin yönetilmesi ve dağıtımın yönetilmesi, mevcut süreçlerinizi kodsuz hale getirerek daha kolay hale getirilmesini beklemektedir. Her alanda olduğu gibi gıda endüstrisinde de lojistik ve tedarik kısmında çalışanlar etkindir. Firmalar bu çalışanlarda vatandaş geliştirici olarak yararlanmak istemektedir.

Yajing Luo ve arkadaşlarının (Luo, Liang, Wang, Shahin ve Zhan, 2021) yapmış olduğu "Characteristics and Challenges of Low-Code Development: The Practitioners' Perspective" anket çalışmasında çalışanların düşük kod geliştirmenin kullanımı ile daha hızlı uygulama geliştirmeye imkan verdiğini böylece uygulamaları ve tedarik zinciri gibi hızlı hareket edilmesinin önemli olduğu sektörlerde pazara sunma hızının iyi olduğunu dile getirmişlerdir. Ayrıca düşük kod geliştirmenin çalışma ve kullanımının geliştiricilerin

kodlama yapmasından daha kolay olduğunu BT maliyetlerinin daha düşük olduğunu dile getirmişlerdir. Düşük kod geliştirme platformlarının bir kullanıcıya kodlama bilgisi olmadan yazılım oluşturabilme imkanı tanıdığını değerlendirmişlerdir. Öğrenme konusunda eğitimlerin verilmesi gerektiğini çünkü kolay gibi görünse de bir noktaya kadar başka araçlarında kullanılması gerektiğinde eğitime ihtiyaç olduğunu dile getirmişlerdir. Düşük kodlu platformların ne kadar kodlama gerektirmediği söylene bile bu ankette bazı konularda yetersiz kaldığını bu yüzden kodla bilgisine sahip geliştiricilere ihtiyaç duyulduğunu dile getirmiştir. Kaynak kodlarına erişimin olmaması deneyimli geliştiricilerin istedikleri müdahaleyi yapmalarını engelleyip bir sınırlama oluşturmuştur.

Xavier Pi Palomés ve arkadaşlarının (Palomés, Tuset-Peiró ve Casas, 2021) yapmış oldukları “Combining Low-Code Programming and SDL-Based Modeling with Snap! in the Industry 4.0 Context” öğrenciler üzerinde yaptığı Digital Twin(dijital ikiz) prototiplerinin uygulanmasını ve doğrulanmasını kolaylaştıran açık kaynaklı ve web tabanlı bir araç olan SDL4Snap'in potansiyelinin anlaşılması için Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ve Universitat Oberta de Catalunya'da (UOC) Endüstri 4.0 lisansüstü programları bağlamında bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Bu kurslarda, öğrencilere Dijital İkizler kavramı tanıtılmış ve ayırık veya sürekli endüstriyel süreç otomasyonunun farklı bağımsız örneklerinin nasıl uygulandığını inceleyerek ve nasıl çalıştıklarını test ederek uygulamaya koymaları gerektiği belirtilmiştir. Bu programların uygulandığı öğrenciler BT veya OT olarak bir mühendislik geçmişine sahip öğrencilerden oluşmaktadır. OT(işlem teknolojileri) geçmişine sahip öğrencilerin programlama hakkında daha az bilgi sahibi olduğu dikkate alınması gereken önemli bir faktörü oluşturur. Buna karşılık, BT geçmişine sahip öğrenciler süreç otomasyonuna daha az zaman ayırmışlardır. Bu nedenle, bir Dijital İkiz oluşturmak, endüstriyel süreç otomasyonu konusundaki anlayışları veya onu uygulamak için kullanılan araçlar sınırlı olduğundan, her iki alanda çalışanların karşılaştırılabilmesi olağandır. Kursların ilk sürümleri sırasında, Dijital İkiz modellerinin uygulanması Python, JavaScript veya C/C++ gibi metinsel programlama dillerine dayanmıştır. Verilen örnekler Dijital İkiz kavramını ve uygulanabilirliğini anlamak için önemli olup OT geçmişine sahip öğrencilerin önemli bir bölümünün uygulamayı anlamak için öğrenme eğrisinin orantısız olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bunun sonucunda OT geçmişi olan kullanıcıların motivasyon ve öğrenme eğrisinde düşüklük olduğu görülmüştür. Daha sonra kullanıcılara SDL4Snap hakkında bilgiler verildiğinde aynı derslerin sonraki sürümlerinde, blok tabanlı görsel programlama araçlarının düşük giriş bariyeri sayesinde bu sorunların ortadan kalktığını gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu

Dijital İkiz modellerin parçalarını metinsel programlama dillerine dönüştürmekten oluşan sonraki etkinliklerde de öğrenme eğrisinin kısaldığı tespit edilmiştir. Bu tür düşük kodlu araçların BT geçmişine sahip öğrenciler için bir isteksizlik yaratmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen nitel verilerden çalışmanın çıkardığı sonuç benzer etkinlikler için düşük kodlu olmayan programlama dillerini kullanmaya kıyasla, düşük kodlu bir yaklaşımı izlemenin, öğrencilerin etkinliklere katılımını ve öğrenme sonuçlarından memnuniyetlerini artırabileceği söylenmektedir. Bu nedenle, SDL4Snap! hem sürekli hem de ayırık endüstriyel sistemlerin modelleme sürecini öğretmek için bir kaynak olarak kullanılabilir ve endüstriyel doku içinde Dijital İkiz'in benimsenmesinde bir kolaylaştırıcı olacağı söylenebilmektedir.

Blok zincirinin kullanımı ile Endüstri 4.0'da duyulan ihtiyaçları ve beklentileri tespit edebilmek için belirlediğimiz anket çalışmalarını şu şekilde açıklayabiliriz: Niels Hackius ve Moritz Petersen'in (Hackius ve Petersen, 2017) yapmış oldukları "Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat?" çalışmasında blok zincirinin endüstrileri ne kadar derinden etkileyebileceğini göstermek için bir anket çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu anket çalışmasında lojistik uzmanlarına kullanım örnekleri, engeller, kolaylaştırıcılar ve blok zincirinin lojistik ve tedarik zinciri yönetimindeki genel beklentileri hakkında görüşleri elde edilmiştir. Çalışmada blok zincirinin yararlarından olan evrak işlemlerini kolaylaştırma, sahte ürünleri belirleme, menşei takibini kolaylaştırma ve Nesnelerin İnternet'inde(IoT) çalışması hakkında dört kullanım örneğini analiz edilmiştir. Uzmanlar görüşlerinde elde ettiği verilerle evrak işlemlerini kolaylaştırmak ve Nesnelerin İnterneti'ni işletmek için faydalı bir uygulama ve blok zincirinin benimsenme olasılığını gördükleri sonucuna varmışlardır. Yapılan anket çalışmasında firma çalışanlarının çoğunluğu blok zinciri teknolojisinin, lojistik hizmet sağlayıcılarında fayda sağlayacağını beklemektedirler. Çalışanların çoğunluğu blok zinciri teknolojisini benimserken başka teknolojilerde ihtiyaç duyacaklarını ve kullanım ihtiyaçlarına göre entegrasyon yapılması gerektiğini görüş olarak belirtmişlerdir. "Blockchain, lojistikte endüstri çapında uygulansaydı, yerleşik süreçler ve iş modelleri üzerindeki etkisi ne olurdu?" anket sorusuna katılımcılar platform satıcılarının ve bu konu hakkında makalelerde yazılanlar kadar etkili olamayacağını yani söylenen kadar faydalarının olmasa da blok zincirinin endüstri üzerinde güçlü bir etkisi olacağına inandıklarını belirtmişlerdir. Araştırma şu iki soruyu yanıtlamak üzere yapılmıştır; "Lojistik ve SCM'de Blockchain teknolojisi için uygun uygulamalar neler olabilir?" ve "Lojistikte ve SCM'de Blockchain yararlı olarak görünüyorsa yoksa yanıltmaca mı?" sorularını cevaplandırmaya yönelik hazırlanmıştır.

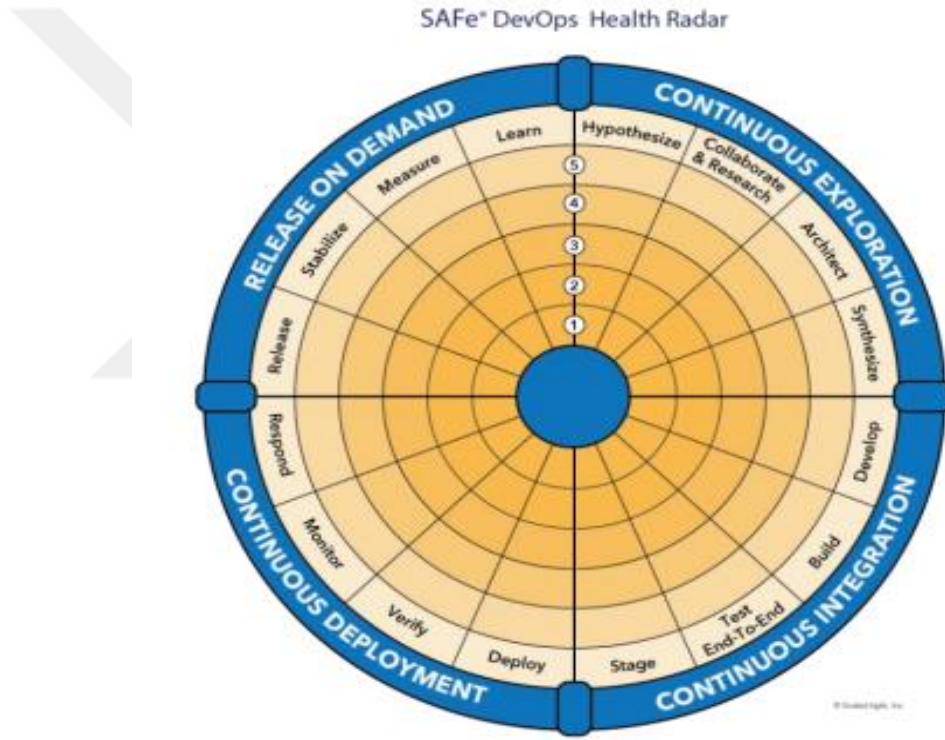
Tanweer Alam (Daı, Zheng ve Zhang, 2019) “Blockchain and Internet of Things: A Survey” adlı anket çalışmasında blok zinciri-IoT entegrasyon yönteminin iki yararını açıklamıştır: 1. Gruplar Arasında Güven Oluşturma: Blok zinciri-IoT yaklaşımı, güvenlik özellikleri nedeniyle çeşitli bağlı cihazlar arasında güven oluşturacaktır. Yalnızca doğrulanmış cihazlar ağa bağlanabilir ve tüm işlem blokları önce madenciler tarafından blok zincirine girebilmeleri için doğrulanacaktır. 2. Maliyetleri Azalt: Bu yöntem, üçüncü bir taraf olmadan doğrudan iletişim kurduğu için maliyetleri azaltacaktır. Gönderici ve alıcı arasındaki tüm üçüncü taraf düğümleri kaldırır. Doğrudan iletişim sağlar. Yapılan araştırmada Endüstri 4.0 teknolojisinin veri zafiyetine neden olduğu ve blok zinciri teknolojisinin bu veri zafiyetini önlediği söylenmektedir.

Genel olarak düşük kodlu platformlardan blok zinciri üzerine firmaların beklentileri sıfırdan oluşturacakları blok zincirinin kolaylıkla kodlanabilmesidir. Her yöneticinin beklentileri arasında düşük kodlu platformlar ile az kod kullanarak uygulama geliştirmek vardır. Uzman geliştiricilere gerek kalmadan ve kaynak harcamalarını bu şekilde harcamadan düşük kodlu platformlar ile kendi özel blok zincirlerini kurmayı beklemektedirler. Düşük kodu benimsemenin ana hedefi dijital dönüşüme geçmek olduğundan blok zinciri teknolojisinde firmaya adapte etmek için hızlandırmaya ve blok zincirinin etkin bir biçimde kullanmayı beklemektedirler. Düşük kod ile blok zincirinde iş süreçleri talebinin doğrultusunda geliştiricilerin taleplere yetişip ayak uydurabilmeleri beklenmektedir. Ayrıca yazılım konusunda uzman olmayan (vatandaş geliştirici olarak kodsuz platformlarda adlandırılır) çalışanlarında blok zincirinin geliştirilmesine etki etmesi yöneticiler tarafından beklenmektedir. Düşük kod platformlar ile geliştirilen blok zinciri ağlarının yeteneklerinin geliştirilmesi ve daha fazla yenilikler getirilmesi beklenmektedir. Düşük kodlu uygulama platformları için en büyük iş alanı tedarik zinciri ve lojistikten dijitalleştirilmiş varlıklar ve güvenlik belirteçlerinin yeni oluşumuna kadar yeni blok zinciri iş modellerinin yaygın olarak benimsenmesine yönelik hızı desteklemek olduğu düşünülmektedir. Düşük kodlu platformlar, sıfırdan iş yapanlara hız, esneklik ve bütünlük getirerek blok zincirine katkı sağlanması beklenmektedir.

#### **4.1.1. Düşük Kodlu Platform Geliştirme Operasyonları**

Daan van der Burgh’ in “A readiness self-assessment model for low-code development enabled DevOps” tezinde DAF Truck firmasının düşük kodlu platformlarının firmadaki kullanıcılar ile yaptığı anket araştırması incelenmiştir. Bu çalışmada firmaların

düşük kod teknolojisini benimserken karşılaşılabilecekleri sorunlara ve çalışanlarının düşük kod teknolojisi hakkındaki fikirlerine değinilmiştir. Ayrıca bir sonraki kısımda başka araştırmacıların yapmış olduğu anketler ile karşılaştırarak firmalardaki çalışanların genel düşünceleri değerlendirilmiş olup, firmaların benimserken nelere dikkat etmesi gerektiği karşılaştırarak belirlenmiştir. Yapılan bu anket araştırmasında Scaled Agile Framework® (SAFe®) devops olgunluk modeli kullanılmıştır. SAFe®, Yalın, çevik ve DevOps için ilkeler, uygulamalar ve yetkinlikler ile ölçekli Yalın İşletmelere rehberlik etmeyi amaçlayan bir çerçevedir. Çerçeve beş temel yetkinlikten oluşur; yalın-çevik liderlik, takım ve teknik çeviklik, Devops ve talep üzerine yayın, iş çözümleri ve yalın sistem mühendisliği ve yalın portföy yönetiminde oluşmaktadır (Burgh, 2019).



Şekil 5.19. DevOps Sağlık Radarı (Burgh, 2019)

SAFe® DevOps Sağlık Radarının bir görselleştirmesi Şekil 5.19’da gösterilmiştir.

Araştırmadaki raporun yapısı LCDevOps RSA, RQ1.2a ve RQ1.2b dan çıkan sonuca göre elde edilmiştir. Raporun yapısında araştırma hedeflerini tasarlamak için kullanılan Tasarım Bilimi Araştırma Yöntemini (DSRM) kullanmışlardır. DSRM'deki LCDevOps RSA'nın gösteri ve değerlendirme aşamasını ele alınmıştır. Bu vaka analizi BT departmanındaki üç farklı ekiple bir vaka ortamı ele alınmıştır. Çalışmada, ekipler kendilerini



LCDevOps RSA'daki farklı uygulamalar üzerinde değerlendirmiş olup katılımcılar arasında bir değerlendirme anketi yapılmıştır (Burgh, 2019).

Seçilen takımlar üç özelliğe göre seçilmiş olup bu özellikler; Düşük kod geliştirme deneyimine sahip olup olmadıkları, yenilikçi bulut çözümleriyle ilgili deneyim miktarı (bulut tabanlı çözümleri benimsemeye deneyim sahibi olma durumu), çevik geliştirme metodolojileri konusunda deneyime sahip olma durumlarına dayandırılmıştır. Üç takım, geniş bir araştırma yapmak için bu özelliklerin farklı kombinasyonlarını temsil eder. Görevliler, işletmeyle düzenli teması olan bir BT çalışanı da dahil olmak üzere tüm SDLC'de uzmanlık sağlamak için seçilmiştir (Burgh, 2019).

Çizelge 4.1. Grupların özellikleri (Burgh, 2019)

Takım	Görevliler	LCD deneyimi	Bulut Çözüm deneyimi	Çevik Deneyimi	İlgili işlevler
1	4	Yok	Düşük	Var	Teknik tasarımcı BT analisti Bilgi analisti İşlevsel uygulama yöneticisi
2	4	Yok	Yüksek	Var	Geliştirici Proje Müdürü Kurumsal Mimar
3	4	Var	yüksek	Yok	Teknik uygulama yöneticisi Entegrasyon uzmanı İş analisti Kurumsal mimar

İlk olarak grup tartışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu tartışmalar sırasında ekipler, LCDevOps RSA'nın bireysel boyutları üzerinde kendilerini bir ila beş arasında bir ölçekte değerlendirmişlerdir. Grup Tartışmaları aşağıda yer almaktadır (Burgh, 2019).

Ekip 1 = Çevik Deneyime Sahip – Düşük Bulut Deneyimi – LCD Deneyimi Yok

“Hipotez” yeteneği ile başlayan derecelendirme süreci DEVOps'un LCD ile gerçekleştirilmesinde önemli bir aşama olarak kabul edilir. Bu, iş ile iş birliği içinde hipotez ifadelerine fikir toplama uygulamasıdır. Takım 1, hazırlık seviyelerinin üçüncü ve dördüncü

seviye arasında olduğunu belirtmiştir. Görevlilerden biri, odaklarının çoğunlukla "mevcut Ana Bilgisayar sistemindeki küçük iyileştirmeler" olduğunu belirtmişlerdir (Burgh, 2019).

Odak noktaları bu olduğundan, yeni veya geliştirilmiş bir özelliğin hipotezini açıklamaktadır. Olgunluk seviyesi, çoğu durumda son kullanıcılar olan bir iyileştirme noktası için ekibe yaklaşan kişilere de bağlıdır. Bu son kullanıcıların BT bilgisi, gerekli işlevselliği tanımlamak için yüksek öneme sahiptir. Bu, LCD'ye geçerken, iyi hipotez uygulamaları elde etmek için LCD platform işlevlerinde ve olanaklarında son kullanıcı tarafına doğru biraz eğitim olması gerektiğini göstermektedir (Burgh, 2019).

Tartışılan ikinci yetenek “İş birliği ve araştırmadır”. Bu, ürün yönetimi kullanımı ile gereksinimlerin toplanması uygulamasıdır. Takım burada bir ürün yöneticisinden yararlanamamaktadır. Bu otomatik olarak bir hazırlık düzeyi anlamına gelir. Gereksinimler ayrıca çok disiplinli iş birliği ile büyük gruplar halinde toplanır. LCD özellikli DevOps'a geçerken, ekip öncelikle multidisipliner iş birliğinde eksiksiz bir gereksinim kümesinin toplanmasında tamamen yer alan bir ürün yöneticisi ataması gerekmektedir (Burgh, 2019).

Burada yer alan bir diğer yetenek ise “Mimarlık” yeteneğidir. Ekip eski bir yazılım sistemini kullanmaktadır. Ancak API'ler ve web hizmetleri çeşitli hizmetler için kullanılmakta ama hepsi için sağlanmamıştır. Ayrıca, mimari tamamen monolitik değildir ve farklı modüller arasında birden fazla işlemden yararlanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ekip, mimari hazır olma durumlarını üçüncü seviye olarak tahmin etmiştir. Belirtilen üç özelliğin de bir proje biriktirme listesi içinde birleştirildiği Sentezleme ile ilgilidir. Ekip kendisini ikinci ve üçüncü seviye arasında değerlendirmiştir (Burgh, 2019).

Daha yüksek bir hazırlık seviyesine ulaşmak için biriktirme listesine tam olarak öncelik verilmelidir. Ekip hangi LCD modellerinin ve bileşenlerinin gerekli olduğunu değerlendirebilmelidir. Ancak ikincisi, LCD ile potansiyel olarak bir kurs şeklinde biraz deneyim gerektirmektedir. Ekip, Ölç ve Öğren' in iki özelliğine aşına olmadığı için hazırlık düzeylerinin bir olmasına neden olmuştur. Bu, ekibin konuşlandırılan özelliklerinin değerini nasıl ölçeceğini ve daha önce yapılmış hipotezlerini nasıl doğrulayacağını öğrenmesi gereken bir gelişme noktasıdır. Değerlendirme, LCD'ye özgü yetenek Kapsam Farkındalığı ile sona erer. Ekip, çevik kalırken kapsamı koruma konusunda oldukça yetenekli olduklarını tahmin edilmektedir ve çeviklik konusunda üçüncü seviye olarak değerlendirmişlerdir (Burgh, 2019).

## 2. Ekip – Yüksek Bulut Deneyimi – LCD Deneyimi Yok – Çevik Deneyimi

Takım 2 kendilerini LCDevOps RSA kullanımıyla değerlendirmelerine Hipotezleme yeteneğiyle başlamıştır. Görevliler takımı ikinci hazırlık düzeyinde değerlendirir. “Uzun bir süre, bir projenin başlangıcında yalnızca tek satırlık kullanılır. Bu bizi birinci seviyeye getirmelidir. Ancak günümüzde onları daha ayrıntılı olarak tanımlamaya daha fazla odaklanıyoruz, ancak bunlar multidisipliner iş birliği ile ölçülebilir sonuçları içermez.” (Burgh, 2019).

Gelişmek için açık bir fırsat var, çünkü takım hipotezlerini ölçülebilir sonuçlarla daha ayrıntılı olarak açıklamalı ve muhtemelen bir MVP'nin açıklamasını içermelidir. İş departmanlarının bu sürece dahil edilmesi, daha yüksek bir hazırlık seviyesine ulaşmayı da kolaylaştırmaktadır (Burgh, 2019).

Tartışılan ikinci yetenek olan “İş birliği ve Araştırma“ iyileştirme için alan içermektedir. Takım burada kendini hazır olma düzeyini bir olarak değerlendirmiştir. "Gereksinimlerin toplanması, zaman içinde hiçbir ürün yöneticisinin yer almadığı geçici bir süreçtir". İyileştirme, ürün tarafından yönlendirilen multidisipliner katılımı olan toparlanma değerleri ile yapılabilmektedir. İkinci düzey hazırlık, Tasarım yeteneğine atanır (Burgh, 2019).

Yüksek düzeyde yeniden kullanıma sahip bileşen tabanlı mimari geliştirmenin önemli bir yönü olduğundan mimarının nasıl geliştirileceğini ve sürdürüleceğini öğrenmek büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu takım için önemli bir gelişme noktasıdır (Burgh, 2019).

Biriktirme listesindeki özelliklerin ve önceliklerin eksiksizliği değişkendir. Bu nedenle ekip sentezleme yeteneğini iki ile üç arasında bir hazırlık düzeyinde değerlendirmiştir. Her zaman eksiksiz, öncelikli özellikler tanımlanarak daha yüksek bir hazırlık düzeyi elde edilebilir. Başka bir iyileştirme, biriktirme listesini teslimat kapasitesine göre kalibre ederek gerçekleştirilebilir (Burgh, 2019).

Ekip 2 yetenek olarak Geliştirme, İnşa Etme ve Dağıtma konusunda daha önce bahsedilen yeteneklere göre daha yüksek puanlar almıştır. Geliştirme aşamasında ekip kendisini dördüncü seviyede değerlendirir, ancak %80 birim testi kapsamı çok yüksek olabilir. LCD kullanımıyla, bu %80 birim testi kapsamına ulaşmak, otomatik birim testlerini kolayca yapılandırma fırsatı nedeniyle daha kolay olmaktadır. Ekip, kendilerini beş hazırlık

seviyesiyle değerlendirmiştir ve iyileştirme noktaları olmadığı için yapı yeteneğinde çok iyi olduğu tespit edilmiştir. Dağıtım, daha önce bahsedilen yetenek kadar iyi olmayan bir özelliktir, ancak ekibin otomatik dağıtımlar konusunda deneyimi olması avantaj sağlamıştır. Bu nedenle, kendilerine dağıtım yeteneğinde üçüncü düzey hazırlık vermişlerdir (Burgh, 2019).

Ekibin, nicel sonuçları kullanabilecekleri yeni uygulanan özelliklerinin değerini ölçmektedir. Ancak son kullanıcı geri bildirimlerinin nitel verileri bu işlem sırasında kasıtlı olarak toplanmaz. "Son kullanıcı geri bildirimlerini almak ve işlemek için belirli araçlara veya işlemlere sahip değiliz, ancak yeni uygulanan özellikler hakkında (olumsuz) geri bildirim alınmaktadır." Bu geri bildirim de işletmeden geldiği ve ekiple yakın temas halinde oldukları için bu niteliksel ölçüler olarak da görülebilir. Bu nedenle, ekip kendisini "Ölçüm" yeteneğinde dördüncü hazırlık düzeyinde değerlendirir (Burgh, 2019).

Bu geri bildirim de işletmeden geldiği ve ekiple yakın temas halinde oldukları için bu niteliksel ölçüler olarak da görülebilir. Takım, ölçüm skalasına göre hazırlık düzeyi için kendisine 4 puan verir. LCD'ye özel yetenek Görsel Modelleme de tartışılmıştır. Ekibin LCD platformlarıyla ilgili özel bir deneyimi yok, ancak modelleme dillerine aşinalar. Bu nedenle kendilerini üçüncü seviyede değerlendirmişlerdir (Burgh, 2019).

### Takım 3 – Yüksek Bulut Deneyimi – LCD Deneyimi ile – Çevik Deneyim Yok

Üçüncü takım da Hipotez yeteneği ile başlamıştır. İşletmenin isteklerinin bir kısmı, ekibin sadece bir ila iki arasında bir hazırlık seviyesi alacağı çok gayri resmi bir süreçten geçtiği için kendilerini olgunluk ölçeğinde derecelendirmede zorluklar yaşamıştır. Ancak bu sürecin daha iyi resmileştirildiği ve ekibin dört olgunluk düzeyine ulaştığı durumlar vardır. Her talebi ciddiye almak ve bunları multidisipliner iş birliği içinde yapılan ölçülebilir sonuçlara sahip hipotez ifadelerinde tanımlamak bir iyileştirme adımı olacaktır (Burgh, 2019).

İş birliği ve Araştırma yeteneği için ekip kendini üçüncü bir hazırlık düzeyinde değerlendirir. "Gereksinimler farklı disiplinler tarafından sırayla oluşturulduğundan, bazı disiplinler arası iş birliği ile gereksinimleri belirledik. Ancak bu, ekip üyeleri arasında kısa iletişim kanalları içermemektedir" (Burgh, 2019).

İşletme aynı zamanda işlevsel gereksinimlerin oluşturulmasıyla da ilgilenmektedir. Bu pratik ilgili tüm disiplinlerle iş birliği içinde eksiksiz bir gereksinimler dizisi sunmaktan

sorumlu olan atanmış bir ürün yöneticisi kullanılarak geliştirilebilir. Ardışık bir süreç yerine, tüm disiplinlerin ihtiyaç duyulan girdiyi sağlama fırsatına sahip olduğu durumlarda, gereksinimlerin toplanması paralel olarak yapılmalıdır (Burgh, 2019)

Mimari, ekibin hala iyileştirmeye açık olduğu çok önemli bir yetenektir. Seviye bir ile üç arasında derecelendirirler. “Sistemlerimizden dış ortama doğru, güvenli bir puan alıyoruz. Ancak sistemlerimiz arasındaki entegrasyonlar bazı API'leri ve web servislerini kullanır. Bu kapsamda üçüncü olgunluk seviyesine ulaşabildik” demişlerdir. Buradan, DevOps ile birleştirilmiş LCD'ye hazır olmak için, kendi mimari ortamlarının dışında olası ihtiyaç duyulan hizmetler için entegrasyonlar geliştirmenin önemli olduğu sonucuna varılmaktadır (Burgh, 2019).

Ekip, eksiksiz, öncelikli biriktirme listeleri oluşturduğundan, Sentezleme yeteneği konusunda kendisini dördüncü hazırlık düzeyinde değerlendirir. LCD deneyimleri olduğu için kullanım konusunda yeteneği vardır. LCD ile uygulamayı geliştirmek için çeşitli modellere ve özel bileşenlere ihtiyaç duyulacaktır (Burgh, 2019). Geliştirme, İnşa Etme ve Devreye Alma, bu ekip için alakasız yeteneklerdir. Takım, Ölç ve Öğren yetenekleri konusunda kendisini ikinci hazırlık düzeyine göre değerlendirir. Bu ekip tarafından kullanılan platform, harici bir tarafça yönetilmektedir (Burgh, 2019).

Bu sistem, kullanıcı etkinliğinin herhangi bir günlük verisinin görüntülenmesine izin vermez. Bu nedenle, yeni uyguladıkları işlevlerin benimsenme başarısını ölçülememektedir. Bununla birlikte, iş departmanları aslında müşterileri ziyaret eder. Yeni uygulanan işlevler hakkında niteliksel veriler toplamak için uygulamalardan yararlanır. Nicel verilerin yokluğu, ancak nitel verilerin varlığı ve yoğun kullanımı nedeniyle, ekip hem ölçme hem de öğrenmede kendini ikinci seviyede değerlendirir (Burgh, 2019).

Tartışılan LCD'ye özgü bir özellik Kapsam Farkındalığı'dır. Takım 3 ikinci seviye hazırlık seviyesine göre değerlendirir. "Bazı durumlarda, istenen son ürünün nasıl görüneceği tam olarak tanımlanmamıştır, bu, bu özel yinelemeyi eklemek için gerekmeyen özelliklerin eklenmesine neden olabilir" (Burgh, 2019).

Başka bir katılımcı, “Her yeni sürümde, yeni işlevsellik tedarikçisi, bir sistem entegratörü ve DAF arasında, kapsama neyin dahil edileceğini belirlemek için bir tartışma olur. Bu genellikle, genellikle istenenden daha dar bir kapsama yol açan, dahil edilen işlevlerin uzlaşmasına neden olur”. Bu sonucusu aslında geliştirme ekibinin kapasitesine

göre uyarlanmış bir kapsam geliştirme uygulaması olduğunu göstermektedir, ancak bu kapsamı tüm proje boyunca sürdürmek hakkında hiçbir şey söylenememektedir (Burgh, 2019).

Tartışılan diğer LCD yeteneği olan Görsel Modellemedir. Ekip üyeleri LCD deneyimlerinden dolayı uygulama konusunda kendilerini yeterli bulmaktadırlar. Ancak geliştirme uygulamalarından bazıları dış kaynaklı olduğundan, ekip LCD uygulamasının tüm geliştirme uygulamalarına dahil olamamıştır. Bu nedenle, LCD yetkinlikleri üçüncü seviyesi olarak değerlendirirler (Burgh, 2019).

Ekipler bu çalışma konusunda kapsamlı bir deneyime sahiptir ve bulgulardan bazı önemli sonuçlar çıkarılabilmesini sağlamıştır. Bu sonuçlar Çizelge 4.2’de özet olarak gösterilmiştir (Burgh, 2019).

Çizelge 4.2. Ulaşılan bulgular (Burgh, 2019)

Takım	Extended Safe DevOps Health Radar										LCD Özellikleri		
	Hipotez Oluşturma	Araştırma	Mimari İş Birliği ve	Sentez Oluşturma	Geliştirme	İnşa Etme	Dağıtım	Yanıtlanma	Ölçme	Öğrenme	Görsel Modelleme	Farkındalığı	Kapsam
1	3.5	1	3	2.5	3	3.5	3.5	3.5	1	1		Tartışılmış	3
2	2	1	2	2.5	4	5	3	Tartışılmış	4	Tartışılmış		Tartışılmış	3
3	1.5	3	2	4	n/a	n/a	n/a	Tartışılmış	2	2		Tartışılmış	2

Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi Geliştirme, İnşa Etme, Dağıtma ve Yanıtlama dahil olmak üzere ka ye odaklanan özelliklerin daha iyi puanlar aldığı görülmektedir. Takımlar kendilerini bu uygulamalarda yeterli bulmuşlardır. Ayrıca LCD özellikleri, LCD platformlarındaki otomatikleştirilmiş işlevler sayesinde bu boyutlarda daha yüksek bir olgunluk düzeyine ulaşmasını kolaylaştırır. Bu, Hipotez Oluşturma, İş birliği ve Araştırma, Sentez Oluşturma, Ölç ve Öğren'i içeren bu uygulamalardan önce ve sonra boyutlara verilen düşük puanların aksine, DevOps gerçekleştirirken yeni işlevlerin sürekli olarak uyarlanmasına izin vermek için fikirlerin ve gereksinimlerin toplanması ve yeni uygulanan özelliklerden öğrenilmesi önemlidir. Bunu LCD ile birleştirirken, bu yüksek iş ilişkisi ile yapılmalıdır. Takımlar kendilerine bu boyutlarda daha düşük hazırlık dereceleri vermişlerdir (Burgh, 2019).

Takım 1 aslında hiçbir zaman değeri ölçmemiştir veya yeni uygulanan işlevlerden öğrenmemiştir. Ayrıca, İş birliği ve Araştırma boyutu üzerine yapılan tartışmalar, gereksinimleri toplarken hem Ekip 1 hem de 2'nin yapılandırılmamış süreçlere sahip olduğunu göstermiştir (Burgh, 2019).

Üçüncü takım, formalite açısından büyük ölçüde değişen, yapılandırılmamış bir gelen fikirleri Hipotezleme sürecine sahip olmuştur. Mimarlık, kapsamlı bir şekilde tartışılan çok önemli bir boyuttur. LCD'yi benimseyebilmek için ekibin mimarisinin LCD uygulamalarıyla entegre edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, bireysel bileşenlerin gevşek bir şekilde birleştirilmiş bir mimarisi olması istenir ancak bu her ekip tarafından elde edilememiştir. Benimseme başarısını sağlamak için LCD platformunun ekiplerin BT mimarilerinde özel uygulanabilirliği daha ayrıntılı olarak incelenmelidir (Burgh, 2019).

Bahsedilen LCD'ye özgü olan Görsel Modelleme ve Kapsam Farkındalığı özelliği, ilgili ekipler için benimseme başarısı için darboğazlar olarak görünmemektedir. Bununla birlikte, 2. Ekip tarafından Kapsam Farkındalığı üzerine yapılan tartışma, LCD'yi benimserken, mevcut uygulamalarının zaten bununla ilgili zorlukları olduğundan, doğru kapsamı korumaya daha fazla odaklanmak zorunda kalacağını göstermiştir. Sonuç olarak, DevOps ile birleştirilmiş LCD'yi başarılı bir şekilde uygulamak için ekipler yukarıda yapılan önerileri dikkate alması gerektiği sonuçları çıkmıştır. Ayrıca, dahil olan tüm ekipler için oturum sırasında tartışılmayan faktörleri kendi kendilerine değerlendirmeleri önemlidir. Ardından, DevOps ile LCD'yi başarılı bir şekilde benimsemek için gerekli tüm adımları belirlenebilmektedir (Burgh, 2019).

Çizelge 4.3. Orijinal ve düzeltilmiş değerlendirme anketi maddeleri (\*= ters derecelendirme)  
(Burgh, 2019)

<b>Orijinal Ürün(Moody , 2003)</b>		<b>Düzenlenmiş öge</b>
<b>Algılanan Kullanım Kolaylığı</b>		
<b>1</b>	Yöntemi uygulama prosedürünü çevik ve takip edilmesi zor buldum (PEOU1)*	LCDevOps RSA'nın net ve anlaşılması kolay tasarlanma şeklini buldum
<b>2</b>	Yöntemi örnek veri modeline (PEOU3) uygulamakta zorlandım*	LCDevOps RSA kullanarak ekibimizi değerlendirmeyi kolay buldum.
<b>3</b>	Genel olarak, yöntemi kullanmayı zor buldum (PEOU2)	Genel olarak, LCDevOps RSA'nın kullanımını zor buldum*
<b>Algılanan Fayda</b>		
<b>4</b>	Bu yöntem, kullanıcıların veri modellerinin doğru olup olmadığını doğrulamasını kolaylaştırır (PU4)	LCDevOps RSA, kuruluşların Düşük Kodlu DevOps uygulamalarının doğru olup olmadığını veya bunları benimsemeye hazır olup olmadığını doğrulamasını kolaylaştıracaktır.
<b>5</b>	Genel olarak, yöntemi faydalı buldum (PU4)	Genel olarak, LCDevOps RSA'nın kuruluşumuz için yararlı olduğunu düşünüyorum.
<b>Kullanım Amacı</b>		
<b>6</b>	Büyük Varlık İlişkisi modellerini belgelemek için kesinlikle bu yöntemi kullanmazdım.	Kuruluşumda LCDevOps RSA kullanımını kesinlikle tavsiye etmem*
<b>7</b>	Gelecekte büyük veri modelleri ile çalışmak zorunda kalırsam, standart Varlık İlişki Modeli yerine bu yöntemi kullanmayı düşünüyorum.	Diğer olgunluk/hazırlık durumuna göre LCDevOps RSA kullanımını desteklerim Kuruluşumuz gelecekte DevOps-Low-Code uygulamalarına geçerse değerlendirmeler.

Çizelge 4.4. Likert ölçeği değerleri (Burgh, 2019)

5'li Likert Ölçeği Değerleri	
1.	Kesinlikle katılmıyorum
2.	Katılmıyorum
3.	Ne katılıyorum ne katılmıyorum
4.	Katılıyorum
5.	Kesinlikle katılıyorum



Değerlendirme anketi olarak araştırmannın kullandığı Teknoloji Kabul Model'indeki (TAM) değerlendirme anketinde üç kavramdan yararlanır; Algılanan Kullanım Kolaylığı, Algılanan Kullanışlılık ve Kullanım Niyeti. Anketteki sorular Moody (2003) tarafından yazılan Metot Değerlendirme Modeli hakkındaki makaleden almıştır. Bu sorular, LCDevOps RSA için uygulanabilir olmaları için gerekli şekilde değiştirilerek ayarlanmıştır. Değerlendirme, görüşmelerin kullanıldığı daha önceki bir aşamada zaten doğrulanmış olduğundan, eksiksizlik ve doğrulukla ilgili hiçbir soru eklenmemiştir. Çizelge 4.3'te Moody'nin (2003) orijinal maddesi ve LCDevOps RSA için ayarlanmış maddeler gösterilmektedir. Sorulara verilen cevaplar, kesinlikle katılmıyorum (1) ile kesinlikle katılıyorum (5) arasında değişen 5'li Likert ölçeğine dayanmaktadır. Bu ölçekteki her bir noktanın anlamı Çizelge 4.4'te verilmiştir (Burgh, 2019).

Düşük kodlu platform geliştirme operasyonları üzerine yapılmış anket çalışmalarının karşılaştırılması yapılmıştır. Odak olarak ele aldığımız Daan van der Burgh' in (Burgh, 2019) yaptığı anket araştırması ile başka araştırmacıların gerçekleştirdiği anket çalışmaları karşılaştırılmış alacağımız sonuçlar ile hem vatandaş geliştiriciler için hem de düşük kod kullanacak firmalar için bir yol gösterici olarak genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu sayede firmaların bu teknolojiyi hangi noktalara dikkat ederek kendilerine adapte edebileceği ve karşılaşılabilecekleri sorunlar hakkında bilgi edinmesi sağlanmış olacaktır. Bu kısımdan çıkarılan sonuç ile firmaların bu noktada nelere önem vermesi gerektiği sonuç ve öneriler kısmında açıklanacaktır.

Daniel Dahlberg'in (Dahlberg, 2020) "Developer Experience of a Low-Code Platform: An exploratory study" adlı çalışmasında yakın zamanda LCP konusunda bilgi sahibi olan bir şirket ile gerçekleştirdiği çalışma seçilmiştir. Bu çalışmasında altı düşük kodlu geliştiricisi ve bir proje lideri ile yapılan bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Burada Fagerholm ve Munch'un (2012) geliştirici deneyimi çerçevesinin boyutlarına dayalı olarak aşağıdaki üç araştırma sorusunu oluşturmuştur.

Araştırma soruları;

RQ1: Yazılım geliştiriciler, düşük kodlu platformlardaki çalışmaları hakkında ne düşünüyor (Dahlberg, 2020)?

RQ2: Geliştiriciler, düşük kodlu platformlarda katkılarının değerini nasıl algılıyor (Dahlberg, 2020)?

RQ3: Geliştiriciler düşük kodlu platformlarda geliştirme altyapısını nasıl değerlendiriyor (Dahlberg, 2020)?

Daan van der Burgh' in yaptığı anket araştırmasındaki sorular ile diğer anketlerdeki ortak sorulara verilen yanıtlar aşağıda değerlendirildiğinde;

Daniel Dahlberg' ın yaptığı araştırma sorularından RQ3 de geliştiricilere sorulan düşük kodlu platformlarda geliştirme altyapısını değerlendirmeleri için 9 kategoride değerlendirme yapmaları ve bu kategorilerde olumlu ya da olumsuz olduğunu değerlendirmeleri istenmiştir. Bu kategorilerle ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Düşük kodlu platformlarda geliştirme altyapısını değerlendirme (Dahlberg, 2020)

Kategori	Tanımı	Olumlu Geliştiriciler	Olumsuz Geliştiriciler
Bilişsel Ek Yük	Altyapı konusundaki tutumlar ve çözüme ulaşmak için atılan toplam adımlar	5	4
Dokümantasyon ve Genel Bakış	Altyapı, dokümantasyon ve genel bakış ile ilgili tutumlar		4
Ortak Zemin	Altyapı ve paylaşılan temel bilgi ile ilgili tutumlar	5	
Öğrenme Süreci	Altyapı konusundaki tutumlar ve öğrenme süreci	5	2
Beceri Girişi	Altyapı konusundaki tutumlar ve gerekli giriş becerileri	3	
Programlama dili	Altyapı konusundaki tutumlar ve programlama dili		3
Özel Problem Çözme	Altyapı konusundaki tutumlar ve uzmanlaşmış düşünme süreçleri	2	
Sabit Bağımlılık	Altyapı konusundaki tutumlar ve üçüncü taraf kontrolü	1	3
İş birliği	Altyapıya yönelik tutumlar, takım çalışması & iletişim	3	5

Çizelge 4.5'te altyapı kategorileri için görüşlerini olumlu ya da olumsuz ifade eden geliştiricileri sayısı gösterilmektedir. Bu çizelgeden olumlu düşünenler için çıkardığımız sonuçları şu şekilde ifade edebiliriz; firmaların düşük kodda altyapıya ve bir çözüme ulaşmak

için olumlu oy veren geliştiriciler düşük kod sayesinde çok fazla çalışmadan gereksinimleri yerine getirmesini sağlayacağını düşünmektedir. Geliştiricilerden bazılarının veri tabanı konusunda ara yüze takılmadan rahat bir şekilde yazacağını dile getirmiş olup kullanım kolaylığı ile geliştiricilerin başka alanlara odaklanma ve zaman ayırma imkanı sağladığını söylemişlerdir. Sonuç olarak geliştiricilerden çoğunluğu, LCP için altyapı konusunda olumlu görüş bildirmişlerdir. Bu tür teknolojiler için altyapıda en önemlisi sistemi kullanacak kullanıcı ve geliştiricilerin aynı temel bilgiyi sahip olmasıdır. Kullanım kolaylığı sağlanabilmesi için eğitimini tamamlayabilen geliştiricilerin kullanabileceği düşünülmektedir. Olumlu karşılayan geliştiricilerin altyapı ve öğrenme süresi konusunda olumlu tutum sergilemesinde en çok rol oynayan özellikler; kolay kullanım, temel seviyede bilgi ve kısa süreli kurslar ile çabuk adapte olunması olarak açıklanabilir.

Bu çizelgeden olumsuz düşünenler için çıkardığımız sonuçları şu şekilde ifade edebiliriz; kullanılacak teknolojiyi anlamak için kullanırken hala zaman harcadığını bununda çalışmayı etkilediği düşünülmektedir. Tek bir veri tabanında her şeyin kayıtlı olması alınacak büyük siparişlerde sorun çıkarabilir. Ayrıca belge eksikliğinde bildirilmesi gerektiği gerçeği geliştiricilerde olumsuz şekilde karşılanmasına yol açmıştır. Geliştiricilerin olumsuz olarak bakmasının en önemli nedeni gerçekleştirdikleri projelerin büyüklüğüne göre geliştirme aşamalarından birinde karşılaştıkları herhangi bir hatayı daha sonra fark etmelerinden dolayı geri dönüşün karmaşık olabileceğini düşündükleri söylenebilir. Öğrenme süreci için giriş materyalinin her şeyi temel olarak ele almasının dezavantaja yol açacağını, geliştiricinin istediği müdahalelerde bulunamayacağı bununda istenilen sonuçların elde edilmesini zorlaştıracığı düşünülmüştür. Mevcut altyapının ekip çalışmasına ve iletişim olanaklarına karşı olumsuz olduğu düşünülmüştür. Bunun temel nedeni olarak yapılan değişikliklerin ekip olarak karar verilmeden yapılabilmesi söylenmiştir.

Yapılan bu anket sorusunu Daan van der Burgh'ın yaptığı çalışmada bulunan RQ 1.2. b anket sorusu olan “Bir kuruluş hangi ek belirli Düşük Kod Geliştirme yeteneklerine sahiptir? DevOps ile Düşük Kod Geliştirmeyi başarıyla benimsemeye hazır olmanız mı gerekiyor?” sorusu ile karşılaştırırsak; bu ankette bulunan 3 grup içinde daha doğru bir karşılaştırma yapabilmek için LCD deneyimi olan 3. grup ile değerlendirme yapılması daha uygun olacaktır. Anketteki soru genel olarak şu temel ihtiyaçlar için sorulmuştur LCD ye özgü yetenekler, kapsam farkındalığı, vatandaş-geliştirici eğitimi, bileşen tabanlı düşünme ve görsel modelleme yeteneklerini değerlendirmeleri üzerine kurulmuştur. 3. takımın geliştirici

profilinde yüksek bulut deneyimi ve LCD deneyimi bulunmaktadır. Kapsam farkındalığı özelliğini takım olarak değerlendirdiklerinde 2. Düzeyde, Görsel Modelleme özelliğinin 3. Düzeyde olduğuna karar vermişlerdir buradan çıkan sonuçla Görsel Modelleme ve Kapsam Farkındalığı özelliği, ilgili ekipler için benimseme başarısı için darboğazlar olarak görmedikleri sonucuna ulaşılmaktadır. Mimarlık özellik için yapılan değerlendirmede elde edilen sonuçlara göre mimarın ekip için önemli olduğuna sistemler arasında entegrasyonlarında ek olarak bazı API'lerin kullanılması gerektiği saptanmıştır.

Yapılan iki anketi karşılaştırsak firma ve geliştiriciler için en önemli özelliğin düşük kodlu platformlar'da geliştirici ve kullanıcı bazında eğitimin büyük önem taşıdığına ayrıca daha önce LCP kullanmış geliştiricilerin daha fazla avantajlı olduğu kanısına varılmıştır. Daan van der Burgh'ın yapmış olduğu ankette düşük kod bilgisi olsa da geliştiricilerin çevik konusunda bilgisiz olduğu durumlarda büyük eksiklik yaşayacağı, alt yapı konusunda bazı sorunlarla karşılaşılacağı tespit edilmiştir. Daniel Dahlberg'ın yapmış olduğu ankette geliştiricilerin uygulamadaki birden fazla aracın olmasının geliştiricileri olumsuz etkileyeceğini çünkü yeni bir güncelleme ile gelen yeni özelliklerin öğrenilmesine zaman harcanması gerektiği, temel düzeyde kullanımı öğretilen platformun geliştiriciyi kısıtlayacağını dile getirirken, Daan van der Burgh'ın anketindeki 3. gruptaki geliştiriciler tam tersine olumlu olduğunu platformdaki her yeni aracın geliştirici açısından birden çok çözüm sağlayacağını bu sayede geliştiricilerin daha hızlı şekilde değişiklikler yapabilmesine olanak sağladığı dile getirmişlerdir.

Karşılaştırma anketi olarak kullandığımız bir diğer anket çalışması ise Tatu Virta'nın yapmış olduğu 'Relation of low-code development to standard software development: Case Biit Oy' (Virta, 2018) isimli anket çalışmasıdır. Daan van der Burgh'ın yaptığı anket araştırmasında yöneltilen ortak sorular:

RQ1: Elle kodlanmış çözümlere kıyasla düşük kod geliştirmenin mevcut faydaları ve tuzakları nelerdir (Virta, 2018)?

RQ1 B: Düşük Kod Geliştirmenin kritik başarı faktörleri nelerdir (Burgh, 2019)?

RQ1 C: Düşük Kod Geliştirme ve DevOps'un çakışan özellikleri nelerdir (Burgh, 2019)?

Yapılan bu iki anket araştırmasında genel olarak düşük kod teknolojisinin geliştirici açısından başarı durumları ölçülmesi büyük önem sağlamıştır. Tatu Virta ‘nun yaptığı anket çalışmasına katılan geliştiricilerden elde edilen sonuçlarda LCP’nin geliştiriciler açısından başlıca faydası gelişimin hızıdır. LCDP’ler tarafından sağlanan işaretleme ve tıklama araçlarını kullanarak, geliştirici geleneksel programlamadan çok daha hızlı çalışan ve görsel oluşturulmaların kolayca oluşturabilir olacağına ulaşılmıştır. Biit çalışanlarından bazıları uygulama geliştirme yaşam döngüsünün standart yazılım geliştirmeye göre %70 e kadar daha hızlı olabileceğini dile getirmişlerdir. Ayrıca, vatandaş geliştiricilerin proje geliştirmeye çok daha erken bir aşamada katılmalarına yardımcı olacağını ve bu nedenle geliştiriciye geri bildirim sağlayabileceğine değinmişlerdir. Vatandaş geliştiricilerin sağlayacağı katkıların büyük öneme sahip olduğunu ve düşük kodlu geliştiriciler için yeni bir bakış açısı getirdiğini dile getirmişlerdir. Bakım görüşmeciler tarafından bir fayda olarak belirtilmese de buna karşı olan bazı argümanlar vardır. Sistemin özelleştirmeleri iyi tasarlanmış ve yapılandırılmış, düşük kodlu çözümlerin bakımı kesinlikle daha kolaydır, çünkü hemen hemen herkes tarafından, hatta müşteri tarafından bile yapılabilir. Bunun getirdiği olumsuzluk ise sistemin idare edilemeyecek ve sürdürülemeyecek kadar büyümesi riskidir. Aynı riskten Daniel Dahlberg’ in yaptığı ankette çalışanlar tarafından karmaşıklık olarak belirtilmiştir. Daan van der Burgh’ in yaptığı anket çalışmasında RQ1 B anket sorusu şu şekilde değerlendirilmelidir; LCP geliştirmenin kritik olarak etkilerini çeşitli faktörlerle belirlenmiştir. Bu faktörler den alınacak çıkarımlar şu şekilde açıklanabilir; çalışanların yeni bir teknoloji olarak LCD'ye karşı tutumu ve çok disiplinli ekiplerde vatandaş geliştiricilere olan güvenin etkilediği kanısına varılmıştır. Firmaya LCP teknolojisinin nasıl dahil edileceği hakkında hala farklı görüşler vardır çünkü birden fazla uygulama olduğu için platformlardaki artı ve eksilerin geliştiriciler için farklı önemleri vardır. Basit işletme uygulamalarının işletme departmanı tarafından başlatılan projelerden, alan uzmanları tarafından geliştirilen gelişmiş arka uç uygulamalarının geliştirilmesine kadar uzanmaktadır. Firmalarda benimsenmiş bir sürekli iyileştirme kültürü varsa LCP’nin firmaların benimsemesini arttıracacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Geliştiricilerin yaptığı puanlamalar doğrultusunda RQ1 C’deki anket sorusuna ilişkin şu çıkarımlar yapılır; bulut kullanımı, yinelemeli yazılım geliştirme, çok disiplinli iş birliği, maksimum düzeyde otomasyon ve modülerleştirilmiş entegrasyonlar düşük kod ile ortak çalışma paydaşı sağladığı ve bu özelliklerin kullanıcılarda bulunduğu düşük kod kullanımında büyük avantaj sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Yani kısaca bu iki yaklaşım

arasında iyi bir uyum sağlandığı ve bu iki yaklaşımın birleştirilmesiyle büyük fayda sağlayacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Karşılaştırma anketi olarak kullandığımız bir diğer anket çalışması ise Matthijs Eiso Marinus Geleedst 'ın (Geleedst, 2021) yapmış olduğu 'Identifying the most critical features of lowcode platforms' anket araştırmasıdır. Daan van der Burgh' in yaptığı anket araştırmasında yöneltilen ortak soruları şu şekilde değerlendirebiliriz:

“RQ1.1a: Düşük Kod Geliştirmeyi hangi platform özellikleri ve uygulamaları karakterize eder? “

Düşük kodlu bir platformun hangi özelliklerinin çekiciliğinin belirleyicileri olduğu sorusu yer alır. Bu anket sorusu Daan van der Burgh'in hazırladığı anket sorusu olan RQ1.1a ile aynı düşünce yapısında sorulmuştur. Daan van der Burgh' in hazırladığı ankette Düşük kod geliştirmenin hangi özellikleri ve uygulamaları karakterize edeceği sorusu yer almaktadır. İki anketteki cevapları karşılaştırdığımızda; Matthijs Eiso Marinus Geleedst'in yaptığı anket, LCP deneyimi olan kullanıcılar üzerinde yapılmıştır ve bu yüzden Daan van der Burgh'in yaptığı ankette 3. gruptaki geliştiriciler ile aynı teknik bilgilere sahiptirler. PSL-SEM ile yapılan anket analizinden elde edilen sonuçlar ankette verilen cevaplara göre geliştiricilerin kullandıkları platformların çoğunluğunu en az teknik yapıya sahip platformları kullandıkları tespit edilmektedir. Bu durumda kullanıcıların yeni teknolojiyi öğrenmekte biraz daha kolaylaştığını göstermektedir. Ankete katılan geliştiricilerin çoğunluğu zamanının yarısını düşük kodlu platformlarda geçirmektedir bu durumda geliştiricilerin düşük kodlu platformlara çabuk adapte olduğu, aynı zamanda birçok işlemi kolaylaştırdığını göstermektedir. Ayrıca, platformlar arasında önemli bir fark olup olmadığını belirlemek için bir ANOVA testi uygulanmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) platformun kullanılabilirlik, fonksiyonel uygunluk, bakım, kontroller, algılanan maliyet satın alınabilirliği üzerindeki önemli etkisi kanıtlanmıştır. Güven aralığı yüzde 95 bulunmuştur. Yapılan ankette 25 hipotezin 16 tanesi veriler ile desteklenmiştir. Bu, düşük kodlu bir platformun çekiciliğini etkilemedikleri anlamına gelmez, ancak yüzde 95 güven seviyesinde de değildir.

Genel olarak yapılan çalışmada; kullanılabilirlik, bilginin kullanılabilirliği, fonksiyonel uygunluk, bileşenlerin yeniden kullanılabilirliği, otomasyon özellikleri, uygulama bileşeni deposu, panolar, formlar, raporlar, sürdürülebilirlik, düzenleme ve mimari uyumluluğu, vatandaş geliştirme yönetişimi, kontroller, değiştirilebilirlik, sürüm kontrolü,

algılanan maliyet satın alınabilirliği, lisans maliyetleri ve destek maliyetleri özellikleri anlamlı bulunmuştur. Bu, aşağıdaki özelliklerin bu araştırma çalışmasında düşük kodlu bir platformun çekiciliğini yeterince etkilemediği anlamına gelir: satıcı desteği, platform eğitim eğrisi, API'ler ve entegrasyonlar, desteklenen dağıtım platformları, içerik yönetim ve veri tabanı özellikleri, bilgisayar öğrenimi entegrasyonu, iş akışları ve onay, ölçeklenebilirlik özellikleri ve kararlılık. Alınan bu sonuçlara göre düşük kodlu platformların her özelliğinin eşit oranda kullanıcılara cazip gelmediğinin kanıtı olmaktadır. Genel olarak kullanıcılar basitlik ve geliştirme ile ilgili özelliklerin daha çekici bulunduğu yani platform tercih ederken daha önemli bulduğu faktörler olarak tespit edilmiştir. Bu bulgulardan sonuçla BT risklerini azaltmak için vatandaş geliştiricilerin daha fazla öneme sahip olduğunu kanıtlamışlardır. Sonuç olarak bu anket çalışması düşük kod tercih ederken firmaların son kullanıcıların işlevsel özellikleri yerine teknik özelliklere göre tercih etmeleri gerektiğini kanıtlamıştır.

Daan van der Burgh' ın (Burgh, 2019) yaptığı anket çalışmasında “Düşük Kod Geliştirmeyi hangi platform özellikleri ve uygulamaları karakterize ediyor? (RQ1.1a)” anket sorusu şu şekilde değerlendirilmelidir;

Yapılan bu anket ile geliştiriciler tercih ederken LCD konusunda şu özelliklere dikkat etmesi gerektiği saptanmıştır;

- Verilerin, süreçlerin ve GUI'nin kod ekleme olanağıyla görsel, bileşen tabanlı modellemesi nerede gerekli.
- PaaS işlevlerine sahip bulut merkezli platform, bulut ve kurum çapında iş uygulamaları geliştirmek için şirket içinde.
- Tüm SDLC'de yüksek düzeyde otomasyon.
- Çevik gibi hızlı, yinelemeli uygulama yöntemlerinden yararlanma.
- Departmanlar arasında çok disiplinli ekiplerle yakın iş-BT iş birliğini sağlayın.
- Deneyimsiz (vatandaş-)geliştiricilerin kodlamayı ortadan kaldırarak ve destek.
- Sistemler, veri tabanları ve sistemlerle entegre etmek için kolay ve standartlaştırılmış entegrasyon özellikleri organizasyon ortamındaki uygulamalar.
- Bileşenlerin ve uygulamaların yüksek düzeyde yeniden kullanılabilirliği.

Bu özelliklerin dikkate alınması gerektiğini ankete katılan 3 grupta en çok SDLC'ye odaklanan özellikler daha iyi puanlandığı yani geliştiriciler için bu özelliklerin platform seçerken daha cazip olduğunu ve platformun diğer özellikleri ile karşılaştırıldığında daha kolaylıkla adapte olacaklarını göstermektedir. Bu özelliklerin dışında kalan düşük kod özelliklerin üzerinde daha çok kendilerini geliştirmeleri gerektiği platform seçerken SDLC özelliklerinin hangilerinin bulundurulduğu dikkate alınarak seçilmesi gerekmektedir.

RQ1.2A: “Bir organizasyonun bir DevOps metodolojisi ile birlikte Düşük Kod Geliştirmeyi başarılı bir şekilde benimsemeye hazır olması için hangi yeteneklere sahip olması gerekiyor (Burgh, 2019)? Ankette sorulan bu soruya katılımcılarının genel değerlendirmesi ile elde edilen sonuçlar şu şekilde açıklanabilir; yapılan anket çalışmasında 3 gruptan on altı tane olan devops yeteneklerini değerlendirilmelerini istenmiştir bu değerlendirmeler şu şekilde yorumlanabilir; (Burgh, 2019)

Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan Devops yeteneklerini

Takım	Extended Safe DevOps Health Radar										LCD Özellikleri	
	Hipotez Oluşturma	İş Birliği ve Araştırma	Mimari	Senlez Oluşturma	Geliştirme	İnşa Etme	Dağıtım	Yanıtlama	Ölçme	Öğrenme	Görsel Modelleme	Kapsam Farkındalığı
1	3.5	1	3	2.5	3	3.5	3.5	3.5	1	1	Tartışılmamış	3
2	2	1	2	2.5	4	5	3	Tartışılmamış	4	Tartışılmamış	3	Tartışılmamış
3	1.5	3	2	4	n/a	n/a	n/a	Tartışılmamış	2	2	3	2

Çizelge 4.6'da gösterildiği gibi Geliştirme, İnşa Etme, Dağıtma ve Yanıtlama dahil olmak üzere SDLC ye dayanan özellikler diğer özelliklere oranla daha iyi puanlar almıştır.



DevOps yönlü bu özellikler geliştiriciler kendilerini yeterli seviyede görmüşlerdir. LCD özellikleri, LCD platformlarındaki otomatikleştirilmiş işlevler sayesinde daha yüksek bir olgunluk düzeyine ulaşmasını sağlamaktadır.

Hipotez Oluşturma, İş birliği ve Araştırma, Sentez Oluşturma, Ölç ve Öğren'i içeren bu uygulamalar için devops gerçekleştirirken fikirlerin ve gereksinimlerin toplanması ve yeni uygulanacak özelliklerin öğrenilmesi büyük önem kazandığı saptanmıştır. Takım 1 ve 2'de İş birliği ve araştırma puanlaması çok düşüktür. Bu durum yapılandırılmamış süreçlere sahip olduğunun kanıtıdır. Üçüncü takımın hipotez konusunda büyük ölçüde değişen yapılandırılmamış fikirlere sahip olduğu görülmüştür. Yetenekler arasında en önemli olanının Mimarlık olduğu çok açıktır. LCD'yi benimseyebilmek için ekibin mimarisinin LCD uygulamalarıyla doğru bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Firmaların benimseme konusunda başarılı olmaları için LCD platformunun ekiplerin BT mimarilerinde özel uygulanabilirliği daha ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Görsel Modelleme ve Kapsam Farkındalığı özelliği, ilgili ekipler için benimseme başarısı için darboğazlar olarak görünmemektedir. LCD'yi benimsemek için 2. ekip tarafından Kapsam Farkındalığı diğer uygulamalar da zorluklar olacağından kapsamın koruması için daha fazla odaklanması gerekmektedir.

#### **4.1.2. Gıda Sektöründe Bir Blok Zincir Saha Araştırması Tasarımı**

LCDP'nın avantajlarını blok zincirine uygulamak, bu teknolojinin muazzam potansiyelini sınırlayan, henüz anlaşılmamış ve tam olarak kullanılmamış engellerin üstesinden gelmesinin bir anahtarı olmaktadır. Bu çalışmada mevcut blok zincirini benimseyen şirketlerin tedarik zincirinde gıda endüstrisinde uygulama potansiyeli araştırılarak firmaların düşük kod teknolojisini blok zinciri ile firmaların beklenti ve faydalarını ölçebileceğimiz bir araştırma taslağı oluşturulmuştur.

Mevcut çalışmada belirlenen kilit konular, şifreleme, karmaşıklık, kullanıcı güvenliği, dosyaların boyutu, veri aktarımı, kullanılması gereken beceriler vb. tedarik zincirinde önemli olan özelliklere göre araştırma yapılan makaleler seçilip değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ile sorular yanıtlanıp hipotezler ispatlanmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın amacı: Tedarik zincirinde blok zinciri kullanan firmanın sistemlerine LCDP desteği sağlayarak düşük kodlu platformların tedarik zinciri ve güvenlik belirteçleri

dışında blok zinciri iş modellerine ne gibi faydalar sağlayacağını göstermektir. Ayrıca firmaların bu iki teknolojiyi birlikte kullanarak nasıl faydalar sağlayabileceğini kanıtlamak bu araştırmanın hedeflerinden bir tanesidir. Blok zinciri ve düşük kodlu platformların tedarik zincirinde rolünü keşfetmek çalışmanın ana hedefidir.

Araştırma soruları: Çalışmamızda aşağıdaki araştırma soruları belirlenmiştir:

- Blok zinciri ile düşük kodlu platform kullanımının firmalara ne gibi faydaları vardır?
- Firmalar neden bu iki teknolojiyi birlikte kullanmalı?
- Dijital dönüşüme geçmek maliyet açısından firmaları nasıl etkiler?
- Firmalar gıda endüstrisinde blok zinciri ile birlikte düşük kodlu platform benimsenmesinin önündeki olası engeller nelerdir?

Araştırmanın kapsamı ve hipotezleri: Araştırmanın kapsamı dünyada uygulanan gıda endüstrisinde tedarik zincirinin önemi ve uygulamalarının ne gibi etkileri olduğuna karşı cevap aranmaktadır. Ayrıca firmaların blok zinciri ile düşük kodlu platformlardan fayda ve beklentileri için hipotez soruları hazırlanmıştır.

Araştırmanın kapsamında Türkiye'deki blok zinciri uygulamasında tedarikçi zinciri alanındaki uygulamalar ve önemi ile tedarik zincirinde blok zinciri ve düşük kodlu platformların firmalara katkıları ve tedarik zincirinde dijital dönüşümün etkilerine cevap aranmaktadır.

Araştırmanın hipotezleri:

- Blok zinciri platformlarını oluştururken düşük kodlu platformların kullanılmasını gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında düşük kodlu platformların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.
- Gıda sektöründe düşük kodlu platformlar müşteri, kaynak ve uzmanlığa erişimde yeterliliği olup olmamasında fark vardır.
- Blok zinciri, Endüstri 4.0 ve düşük kodlu platformların firmalara maliyeti ile sağlayacağı karlılık arasında anlamlı bir ilişki vardır.

- Çalışanların blok zincirinde düşük kodlu platformların kullanılmasına yönelik tutumu ile işletmelere adapte edilebilirliği konusunda anlamlı bir ilişki vardır.

Hazırlanan araştırma taslağını bir sonraki çalışmalar da anket olarak geliştirilip hipotezleri bir saha araştırmasında uygulayıp genişletmesi düşünülmektedir. Hazırlanan sorular blok zinciri ve düşük kodlu platformlar üzerine yapılmış bazı anket çalışmalarına göre yorumlanarak cevaplandırılmıştır. Hazırlanan taslak ileride yapmayı planladığım anket çalışması ile bu bölümde yapılan çıkarımlar ile karşılaştırması planlanmaktadır.

- Blok zinciri ile düşük kodlu platform kullanımının firmalara ne gibi faydaları vardır? bu araştırma sorusu için literatürde yaptığımız araştırmalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Düşük kod ve blok zinciri teknolojisini benimseyen firmalar tedarik zinciri sırasında özellikle gıda gibi bozulması kısa süren ürünlerde karşılaştıkları herhangi bir zorunlu değişiklikte kısa sürede firmaları olumlu etkileyecek sonuçlar üretecektir. Bu sağladıkları katkılar firmaların maliyetlerinin azalması ve risklerin en aza indireceği bir teknoloji entegrasyonu sağlanmış olacaktır.

Blok zinciri karmaşık olduğunda firmalar açısından kontrol edilmesi güç olacağı durumlar olabilir. Bu durumda firmaların deneyimli geliştiricilere yüksek ücret ödemesi gerekmektedir. Ancak Düşük kodla, profesyonel olmayan geliştiriciler bile yüksek teknoloji ve kaliteli uygulamalara yön vererek firmalara maliyet ve zamandan tasarruf sağlayacaktır.

Düşük kod sayesinde, blok zinciri ağ projesini, kod dizilerine gerek kalmadan ağ yapısının grafik biçiminde temsilinden oluşan, kendi kendini belgeleyen materyal şeklinde paylaşım yapılmasına olanak tanımaktadır.

Düşük kodlu platform araçları ve doğrulama mekanizmaları, bir akıllı sözleşme veya blok zinciri ağının tasarım aşamasında herhangi bir hatayı, test aşamasına geçmek zorunda kalmadan anında rapor edebilir ve geliştirmelerini daha da hızlandırabilir. Bu sayede karşılaşılabilecek herhangi bir gıda tedariki sırasında firmaların karşılaşılabileceği sorunlar önlenmiş olacaktır.

- Firmalar neden bu iki teknolojiyi birlikte kullanmalı? bu araştırma sorusu için literatürde yaptığımız araştırmalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Tedarik zincirindeki karmaşıklık şirketlerin veri kaynaklarına verimli bir şekilde bağlanmasını engellemektedir. Düşük kodlu platformlar uygulama veri modeli tutarlılığı ve çok çeşitli Uygulama Programlama Arabirimleri (API'ler) ve önceden paketlenmiş entegrasyonlar sayesinde veri erişimini hızlandırabilecektir. Bu sayede blok zincirinde tedarik zinciri ağının büyümesinden kaynaklı veri karmaşıklığını azaltıp önüne geçecektir.

- Dijital dönüşüme geçmek maliyet açısından firmaları nasıl etkiler? bu araştırma sorusu için literatürde yaptığımız araştırmalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Dijitalleş süreçleri, maliyet tasarrufunun ötesine geçen sağlam değer yaratma fırsatları sunmaktadır. Düşük kod ve blok zinciri gibi dijitalleşme teknolojileri firmalara ilk anlarda maliyetlere neden olsa da dijitalleşme süreçlerinde firmaların atacağı doğru adımlar maliyetlerin boşa çıkmamasına ve ileriye dönük yatırımlarının karşılığını alacağını göstermektedir.

- Firmaların gıda endüstrisinde blok zinciri ile düşük kodlu platformları benimsemesinin önündeki olası engeller nelerdir?

Yapılan araştırmalarda karşılaşılan en büyük engel firmalardaki çalışanların bu teknolojiyi benimsemek istememesidir. Bunun dışında firmaları benimsememe nedenleri düzenleyici belirsizliği, teknolojik olgunluk eksikliği, veri güvenliği sorunu, faydalarının tam olarak bilinmemesi gibi faktörlerde etkilemektedir.

Araştırma sorularından ulaştığımız cevaplarla aşağıdaki hazırladığımız 4 hipotez de kanıtlanmaktadır.

Araştırma Hipotezleri:

- Blok zinciri platformlarını oluştururken düşük kodlu platformların kullanılmasını gerekli bulan firmalar ve bulmayan firmalar arasında düşük kodlu platformların firmaya katkısı olacağı düşüncesinde fark vardır.
- Gıda sektöründe düşük kodlu platformlar müşteri, kaynak ve uzmanlığa erişimde yeterliliği olup olmamasında fark vardır.
- Blok zinciri, Endüstri 4.0 ve düşük kodlu platformların firmalara maliyeti ile sağlayacağı karlılık arasında anlamlı bir ilişki vardır.

- Çalışanların blok zincirinde düşük kodlu platformların kullanılmasına yönelik tutumu ile işletmelere adapte edilebilirliği konusunda anlamlı bir ilişki vardır.

Artan uluslararası ticaret, değer zincirinin farklı aşamalarında denetim ve kalite kontrolünü neredeyse imkansız hale getirmektedir. Tüketiciler satın aldıkları ürünlerin nereden geldiğini ve nasıl üretildiğini bilmek istemektedir. Aynı şekilde şirketler de sürdürülebilir ortaklıklar kurmak ve ortakların kaynaklarını doğrulamak konusunda zorluklar yaşamaktadır. Blok zinciri teknolojisi uzun vadede tüketicilerin ürünlerin nereden geldiğini doğrulamasına, farkındalığı artırmasına, genel olarak etik ve sosyal açıdan iyi ürünleri destekleyen daha bilinçli seçimlere fayda sağlayacaktır. Gıda endüstrisinde kullanılan bir blok zinciri aracılığıyla paydaşlar, ürünleri çok aşamalı tedarik zinciri üzerinden izleyebilmesine ve tedarik zinciri katılımcılarına güven ve şeffaflık sunan dijital bir altyapı sunmaktadır. Güven, şeffaflık ve otomasyon artarak sürdürülebilir bir gıda endüstrisi inşa edilebilmesi sağlanabilecektir.

Literatürde, bir çok çalışma, (i) blok zincirinin geliştirdiği iş süreçlerinin tedarik zincirinde kolaylıklar sağladığı, (ii) blok zincir ve düşük kod teknolojilerinin entegre edilmesi ile operasyon maliyetlerin azalttığı, (iii) veri aktarım sistemi içerisinde gömülü olan blok zincir teknolojisi ile tedarik kanalları üzerinden etkili bir iletişim ve gecikmeleri azaltacak güvene dayalı bir sistem ortaya çıktığı, (iv) blok zincir ekosistemi, güvenli ağlar üzerinden üretim araçlarını optimize ederken, firma performansı üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu vurgusu yapmıştır.

Bunun yanı sıra, platformun hayata geçirilmeden önce, blok zincir ağının yüksek maliyeti, blok kapatıldıktan sonra değiştirilemez özellikte olması ve akıllı sözleşmelerin olması gerektiği gibi çalışıp çalışmadığının kontrolü için bir dizi test ve simülasyon yapılmalıdır. Bu nedenle, önemli araştırma noktalarından biri gerçek ortamı bir test ortamı üzerinde doğrulamaktır.

**Sınırlamalar:**

Araştırmayı genişletmek için yeteri kadar makale ve saha araştırması bulunmamaktadır.

## 4.2. Uygulama Örnekleri

Prince Waqas Khan, Yung-Cheol Byun ve Namje Park'ın (Khan vd., 2020) yapmış oldukları “IoT-Blockchain enabled optimized provenance system for food industry 4.0 using advanced deep learning” uygulama çalışmasında Endüstri 4.0 bileşenlerinden olan IoT ve blok zinciri teknolojisini birlikte uygulamışlardır. Önerilen yöntemde; çiftlik sahibi katılımcılar için mevcut hayvanlarına et ürünleri dosyaları oluşturmalarına izin verilmiştir. Kullanıcılar her bölüm için personel dosyası ve görev kayıtları oluşturabilirler. Envanter bilgilerinin üst ve alt limitleri için akıllı sözleşmeler ve olay bildirim işlevlerini kullanabilirler. İkinci katılımcı, deponun işlem birimidir; üretim ve işleme bağlantısında, üremede kulak etiketi tarafından tanımlanan veriler birim üretim ve işleme birimine aktarılır. İşleme birimi, yönetim standartlarına ve spesifikasyonlarına göre toplanan ve barkodlar aracılığıyla benzersiz bir şekilde tanımlanan, üretim ve işlemenin farklı düğümlerine ilişkin bilgilerden sorumludur. Daha sonra veriler dağıtım birimine aktarılır. Dağıtım birimi, varlıkların perakendecilere aktarılmasından sorumludur. Malların taşınması sırasında bu bilgiler, teslim edilen malın paletine veya ambalaj kutusunun barkoduna belirtilen standartlara göre menşei, miktar, kalite vb. IoT'den tam olarak yararlanırken, her teslimat kamyonu, takip için sıcaklık sensörlerine ve GPS'e sahip olacaktır. Ürünler, toptancı hal veya alışveriş merkezinin belirlenen bayisine veya belirlenen dağıtım noktasına taşınırken öncelikle ambalaj kutularının etiketlerinde bulunan ürünlere ait bilgiler okunarak sisteme yüklenmelidir. Depolama ve lojistik dağıtım yönetimi için üretim, işleme ve mağaza tedarik zincirinde barkodlar aracılığıyla izlenebilirlik sistemi kurulur. Lojistikte mal bilgileri palet veya mal kutusunun etiketine kaydedilir. Bu şekilde, barkod sistemi, palet üzerindeki kutuların veya hatta tek tek öğelerin konumu, kimliği, depolama ve nakliye geçmişi, varış yeri, son kullanma tarihi ve diğer faydalı bilgileri barındırabilir. Barkod sistemi, tedarik zincirindeki gerçek mallar için ayrıntılı veriler sağlayabilir ve ürünler ile tam kimlikleri arasında fiziksel bir bağlantı kurabilir. Kullanıcılar bu tamamen güvenilir mal verilerine kolayca erişebilir ve barkodun verimli veri toplama sistemi sayesinde, depo lojistik bilgileri üretime rehberlik etmek için zamanında üretim ve işleme aşamasına geri beslenebilir. Satış noktasında (PoS), son tüketici et ürününün menşei hakkında bilgilendirilmelidir; bu nedenle, paketlenmiş et ürünleri üzerindeki perakende etiketler insan tarafından okunabilir bilgilere sahip olmalıdır. Çalışmanın sonucunda Blok zinciri ve Endüstri 4.0 bileşenlerinden olan IoT teknolojisinin birleşmesi ile gıda tedarik zincirinde kullanılması sağlanmıştır. Bu iki teknolojinin birlikte kullanımının eğitim ve uzmanlıklar gerektirdiği belirtilmiştir. Bu iki teknolojinin entegrasyonu

konusunda eksikliği olduğundan dolayı kullanıcıları eğitmek için uygun eğitim platformları mevcut değildir. Ayrıca böyle bir sistemin ülke olarak yasal kısıtlamaları da söz konusudur. Burada yapılan uygulamada mevcut kullanıcıların yani çiftlik sahiplerinin ağ üzerinde doğru bilgileri paylaşmalarını sağlamaktır. Eğer bu sistemi kullanmak isteyen ülkeler katılımı zorunlu tutarlarsa bu sorun da ortadan kalkacaktır. Ülkeler eksiksiz verilerin tüm tedarik zincirindeki tüm paydaşlar arasında paylaşılmasına sallowmak için uygun önlemler almaları gerekir çünkü şeffaf bir yapıya sahip olan blok zincirine katılmak istemeyen olacaktır. Buradaki uygulamada eski tedarik zincirinde Blok Zinciri ile IoT uygulanarak kullanıcıların et ürünlerini tam bir güvenle arayabilecekleri adil bir rekabet ortamı ve şeffaf bir pazar oluşturulabilmesi ve sağlıklı gıdaya ulaşım garanti edilmiştir. Oluşturulan bu prototip ile güvenilir bir dağıtılmış blok Zincirinde saklanan verilerin izlenmesi kolaylıkla sağlanma imkanı vardır. Ayrıca ADL(derin öğrenme teknikleri) den yararlanılarak bir sorun ile karşılaşıldığında analiz edip, üreticilerin bilinçli kararlar almasına yardımcı olmaktadır.

Blok zinciri ve Endüstri 4.0 uygulanması üzerine geliştirilmiş bir diğer projede Bandar Alamri ve arkadaşlarının (Alamri, Javed ve Margaria, 2021) yapmış olduğu “A GDPR-compliant framework for iot-based personal health records using blockchain” uygulama çalışmasında IoT sensörleri ve EHR’ler arasında veri alışverişinde kullanılan blok zinciri ve FHIR(Fast Healthcare Interoperability Resources)’ye dayalı bir PHR mobil uygulaması olan EHW(elektronik sağlık cüzdanı sistemi) incelenmiştir. PHR sistemin de hastalar, GDPR'ye göre verilerine yönelik tüm erişim isteklerini kontrol etmesi gereken veriye sahiplerdir. Örneğin istekler bir bilgilendirilmiş onay bağlamında geldiğinde, hizmet sağlayıcılar, verilen izinleri takiben PHR'ye erişebilmekte ve veri ekleyebilmektedir. Ayrıca, bazı erişim haklarını sonlandırarak ve gerektiğinde yeni izinler isteyerek bu izinleri gerektiği gibi güncelleyebilmelidirler. Üçüncü taraflar, hasta verilerine özel amaçlı erişim isteyebilir. Örneğin, bir araştırma merkezi, bir hastanın verilerini bilimsel amaçlarla çalışmalara dahil etmeyi isteyebilir veya bir veri havuzunu, örneğin koruma amaçlı (nadir hastalıklar kaydı gibi) veri toplamaya çalışması gibi üç ana paydaşı vardır. Blok zinciri teknolojisi bu sistemde iki rol oynar: hasta verileri (yani PHR) için birleşik bir geçmiş kaydı sağlamak ve ayrıca bir kimlik doğrulama, yetkilendirme, varlık yönetimi olarak ve bir IPFS dağıtılmış eşler arası dosya sistemindeki verilere erişmek için erişim kontrol sunucusu. Akıllı sözleşmeler (SC), hastaların verilerini gerçekten hasta merkezli bir sistem olarak kontrol etmelerini sağlamak için kullanılır. Bu, sistemimizde kullanıcı kimliklerine ve özniteliklerine dayalı ayrıntılı bir erişim denetimi sağlayarak gerçekleşir. Blok zinciri ve akıllı sözleşmeler kullanılarak,

IPFS'den veri talep edenlere erişim kuralları uygulanacaktır. SC (Akıllı sözleşmeler)'deki dört ana işlevi hastaların veri erişimini kontrol etmesine olanak tanır: AddPolicy, UpdatePolicy, HashPolicy ve AccessPolicy. IncentivePolicy işlevi, hastalara, paylaşmayı kabul ettiklerinde büyük sağlık verilerini desteklemeye teşvik etmek için, bir takas felsefesine dayalı olarak verilerini üçüncü taraflarla paylaşmaları için teşvikler sağlamaktadır. Veri yönetimi ve paylaşım teknikleri, hastaların verilerini kontrol etmelerine izin verilmesini ve verileri istedikleri kişilerle paylaşma haklarını güvence altına alır. Hastalar teşvik edilecek verilerini bilgilendirilmiş rızaya dayalı olarak paydaşlarla (örneğin araştırma merkezleri, aynı zamanda hizmet sağlayıcılar, sigortalar) paylaşılmasıdır. Paylaşımın çekiciliği, daha iyi bir bireysel hizmet (daha doğru veya eksiksiz bilgiye dayalı) sağlamakla bağlantılı olacaktır, ancak aynı zamanda, toplu olarak paylaşılan büyük verileri kullanan bilgi ve hizmetleri kullanma veya bunlara erişme yeteneğine dayalı ve bireylerin refahı üzerinde potansiyel olarak olumlu bir etki yaratan gelişmiş hizmetlere bağlanacaktır. Bu nedenle, hastaların mahremiyetlerini korurken verileri paylaşmaları için bir teşvik olarak, veri yönetiminin bir parçası olarak paylaşım fırsatı ve teknoloji önerilmektedir. Veriler dağıtılmış konumlarda bulunabileceğinden, Veri Deposu katmanı merkezi değildir. IPFS, uygulamaları yazmak ve dağıtmak için yeni bir platform ve büyük verilerin dağıtılması ve sürümlendirilmesi için yeni bir sistem sunar. OAuth2.0 ve OpenID protokolleri, veri kaynakları arasında veri alışverişi yaparken kimlik doğrulama ve yetkilendirmeyi doğrulamak için kullanılır. Veri herhangi bir paydaşın blok zinciri ağında akıllı sözleşmeler kurarak ona erişebilmesi için IPFS'de saklanacak ve şifrelenecektir. Hasta, veri sahibi olarak verileri yönetir. Bu verilere erişmek isteyen taraflara ayrıcalıklar vererek ve bunları iptal ederek kendi verilerine erişim kontrolü sağlayacaktır.

Hyperledger Fabric blok zinciri veya başka bir uygun blok zinciri teknolojisi, verilerin birlikte çalışabilirliğini sağlamak için bir platform olarak çalışmak üzere kullanılacaktır. Uygulama katmanı bir web veya mobil uygulama olacaktır. EHW Uygulaması, hastaların birleşik bir kayıt olarak sunulan sağlık verileriyle ilgili güncel bilgilere sahip olmalarını sağlayacaktır. EHW tarafından sağlanan sağlık verileri, teşhis raporlarını, tedavi planlarını ve kişisel sağlık IoT bilgilerini içerebilir (Alamri vd., 2021).

Düşük kodlu platformların Endüstri 4.0 bileşenleri ile birçok entegrasyonu gerçekleştirmiştir. Bu iki dijital dönüşüm teknolojileri birçok alanda birlikte kullanılarak



firmalara uygulama geliştirmede yarar sağlamaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi aşağıda açıklanmıştır.

Duşuk kodlu platformlar ve Enduştri 4.0 uygulanması uzerine geliştirilmiş projelerden biri olan AntTail (Anonim, t.y.) bir Iot uygulamasında farmasotik tedarik zincirindeki bilgisinden yararlanmak için duşuk kodlu bir geliştirme platformu kullanan bir ilaç izleme uygulaması geliştirmiştir. Uygulama, tedarik zinciri boyunca ilacın menşeini ve sıcaklığını izleyebilme ve takip edebime uygulaması geliştirilmiştir. Yapılan alışma hastaları takip etme ve bilgilendirme konusunda %98 başarı oranı yakalanmıştır. Yapılan uygulamada lojistik kısmında buyk yarar olmuştur. AntTail, IoT uygulamasıyla ureticiden hastaya ilaç tedarik zincirinde şeffaflık sağlamıştır. İlaç ureticileri, sağlık sağlayıcıları ve lojistik şirketleri, uşun kalitesini sağlamak için AntTail'in portalıyla sıcaklık takibini yapabilmektedirler. Ayrıca, onlara ilacın tedarik zincirinde uşunlerin bozulma durumu hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmıştır. Bu uygulamada duşuk kodlu platformlardan biri olan Mendix platformu kullanılmıştır. Bu platform sayesinde on uç IoT uygulamasını geliştirilmiştir. Kullanılan sensörlerden gelen tım verileri işlemek için Java programla dili ile geliştirilmiştir. Mendix ile uygulamaya yeni moduşler kolayca eklenebilmesi sağlanmış olup bu sayede uygulamanın guncellemeleri rahatlıkla program ile gerçekleştirilip muşterilere memnuniyet bakımından katkısı olmuştur.

Duşuk kodlu platformları blok zincirinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu iki dijital donuşum teknolojisi birlikte kullanılarak firmalara uygulama geliştirmede yarar sağlamaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi aşağıda açıklanmıştır.

SLINGR.io (Schroeder, 2019) duşuk kodlu platformunun CEO'su tarafından hazırlanmış makalede duşuk kodlu platformun blok zincirinde ne kadar etkili olduğu gduşlmektedir. Makalede SLINGR platformu ile yerel entegrasyon çerçevesinde, ayrıntılı izinler, esnek biçimde işleme, uyumlu SaaS ve blok zincir entegrasyonları uşretmek için kullanılan bir deneyimli muhendis olarak adlandırmaktadır. Blok zincirinin ileriye taşıyacak bir oluşum olduğu sduşlenebilmektedir. Platformda bulunan goşsel araçlar ve çerçeveler elle yazılmış bir uygulama gibi platform tarafından yorumlanan akıllı meta veriler uşretmektedir. Blok zinciri için meta veri oluşturma yaklaşımı sunulmuştur. Meta veri oluşturan platformlar geliştirici portalı, veri yapısını, kuralları, davranışı, entegrasyonları, izinleri ve kullanıcı arayuşunu tanımlamak için meta veriler uşretmektedir. Platform, uygulamayı oluşturmak için

meta verileri yorumlar, meta veri yaklaşımı kod üreten platformlara göre daha kontrollü olup uygulamaların değiştirilmesini ve yönetilmesini kolaylaştırmaktadır.

Meta veri sayesinde blok zincirinin hızlı geliştirilmesi ve hızlı adaptasyonu sağlanır. Düşük kodlu geliştirici ortamlarının tutarlı yapısı sayesinde projelere yeni geliştiricileri dahil etmek ve yönlendirmek daha kolay olmaktadır. SLINGR sayesinde yeni blok zinciri iş modellerinin temsil ettiği fırsatları değerlendirilmesi ve platformu öncelikle geliştiriciler tarafından kullanılmak üzere tasarlama seçiminin yapılması sağlanmaktadır. Platform tarafından oluşturulan uygulamaların gelişmeye devam ederken bile blok zincir protokolleriyle arayüz oluşturabilmesini sağlamak için blok zinciri projelerinde API'nin rolü zorunlu olduğu söylenmiştir.

Müşterilerin ihtiyaçlarına göre iki kez platformda entegrasyon çerçevesinde yeniden düzenlenmiştir. Bu şekilde blok zinciri fırsatlarını takip edebilmek daha kolay olduğu söylenmiştir. Bu sayede blok zinciri, akıllı sözleşme, SaaS, IoT, AI, MLM hizmeti ile doğal olarak etkileşime girebilir kılmıştır. Düşük kodlu platformlar, blok zinciri için mükemmel ve en dikkate değer kullanım durumu emlak alanında kullanımı olarak gösterilmiştir.

Simon Curty ve arkadaşları (Curty, H'arer ve Fill, 2022) düşük kodlu platformların blok zincirinde kullanımının nasıl sağlayacağını açıklayan bir uygulama çalışmasında bulunmuşlardır. Bu çalışmada düşük kodlu platform sayesinde blok zinciri teknolojisinin daha kolay benimseneceğinin altı çizilmiştir. Düşük Kodlu Blok Zinciri Geliştirme için kullanım örneğini oluşturmak için SimbaChain platformu ile birlikte geliştiricileri hedefleyen Outsystems düşük kodlu platformu seçilmiştir. Bu düşük kodlu platform ile tedarik zinciri takibi alanında akıllı sözleşmeye sahip blockchain uygulaması ve izlemesi sağlanması amaçlanmıştır. Bu sayede dağıtılmış tedarik zinciri katılımcıları tarafından paylaşılan güvenilir ve güncel bir BT sistemi oluşturulması sağlanmış olacaktır. Yani bu sayede tedarik zincirinde aksamalar yaşanması önlenerek, BT iş yükü de azaltılması sağlanmış olacaktır. Tedarik zincirinde blok zinciri tabanlı çözümler, ağ katılımcıları arasında yakın zamanlı veya gerçek zamanlı olarak güvenilir bir kaynak olarak mevcut olan bilgileri vaat edilmektedir. Malların takibi, tedarikçilerden ve üreticilerden alınan verilerle distribütörlere malzeme akışlarının koordinasyonu sağlanmış olacaktır. Ayrıca ürün ve hammadde izlenmesine ve tedarik zincirinde iletişim gibi kağıt kullanım durumlarını azaltarak maliyetin düşmesine katkı sağlamıştır. Geliştirilen uygulama şekil 4.1 ve 4.2'de yer almaktadır. Şekil 4.1'de örnek bir ağ ile uygulanan üç katmanlı mimariyi göstermektedir. Outsystems düşük kodlu platformu



Yapılan çalışmada Endüstride kullanıldığı şekliyle kodsuz ve düşük kodlu yaklaşımlar, bu platformların yüksek olgunluk seviyesinde olduğu gözlenmiştir. Bu, özellikle yüksek kullanılabilirlik, bulut tabanlı ve blok zinciri entegrasyonları için geniş bir arayüz yelpazesinin mevcudiyeti ve platformlar arası geliştirme sağladığından dolayı gerçekleşmiştir. Olumsuz tarafı, uygulama ayrıntıları gizlendiğinden bazı düşük kodlu platformlarda hataları izlemek ve uygulamalarda hata ayıklamak zor olduğuna değinilmiştir. Ne kadar bazı platformlar üretilen kodun incelenmesine imkan sunsa da teknik bilgi gerektirdiğinden geliştiricilere yine de ihtiyaç vardır.

#### 4.2.1. Hyperledger Platform İncelemesi

Hyperledger, Linux Vakfı'nın 2015'ten oluşturduğu şekil 4.3'te yer alan NodeJ'ler, Alljoyn, Dronecode Linux Way'i benimsemiş açık kaynak kodlu bir blok zinciri projesidir. Temel amacı hesap verebilirlik, şeffaflık ve güven sağlamak için sektörler arası blok zinciri teknolojilerini ilerletmek ve teşvik etmektir. Hyperledger, iş ağını ve işlemleri daha verimli hale getirmektedir. Hyperledger blok zincirleri genellikle izinli blok zincirleridir; her bir tarafın açıkça tanımlandığı ve her işlemin yetkilendirildiği, doğrulandığı ve izlendiği anlamına gelmektedir. Hyperledger de temel amaç kurumsal düzeyde iş kullanım durumlarını destekleyebilmek, açık kaynak, dağıtılmış defter çerçeveleri ve kod tabanlarını oluşturabilmektir (Özgür, 2019).



Şekil 4.3. Linux Vakfının geliştirdiği açık kaynak kodlu projeler (Özgür, 2019)

Amacı şirket seviyesindeki işlemlerin idare edileceği blok zinciri frameworklerin geliştirilmesini sağlayan bu işlemler için ticari ve teknik yönetimler tarafından desteklenmekte olan tarafsız, açık ve topluluk odaklı altyapılar sağlamaktır. Ayrıca insanları

blok zinciri fırsatları konusunda eğitmek ve bu projeleri geliştirecek teknik toplulukları bir çatı altında birleştirip kurmaktır (Ergun ve Esenkaya, 2022).

Hyperledger çatısı altında geliştirilmiş işletmelerin kullanımına sunulan blok zincir çözümlerinde sıklıkla kullanılan bileşen katmanlarının referans mimarisini açıklaması aşağıda yer almaktadır (Özgür, 2019).

Hyperledger mimarisinin ortak bileşenleri; Akıllı sözleşme katmanı, iletişim katmanı, veri deposu soyutlama, kripto soyutlama, kimlik hizmetleri, politika servisleri, api'ler ve birlikte çalışma mimarisinin bileşenlerini oluşturur. Aşağıda bu bileşenler açıklanmıştır (Özgür, 2019):

Consensus katmanı: Ağda bulunan katılımcılar arasında bir anlaşma sağlamaktan ve bir blok oluşturan işlem setinin doğruluğunu onaylamaktan sorumludur (Özgür, 2019).

Akıllı sözleşme katmanı: İşlem takiplerini ve süreç yönetimini gerçekleştirirken sistemdeki hareketliliğin iş tanımına uygun olmadığını kontrolünü sağlamaktadır (Özgür, 2019).

İletişim katmanı: Paylaşılan bir defter örneğine katılan düğümler arasında ileti aktarımından sorumludur (Özgür, 2019).

Veri deposu özeti: Farklı veri depolarının diğer modüller tarafından kullanılmasına izin verir (Özgür, 2019).

Kripto soyutlama: Farklı kripto algoritmalarının veya modüllerinin diğer modülleri etkilemeden değiştirilmesine izin verilmesini sağlamaktadır (Özgür, 2019).

Kimlik servisleri: Bu, blok zinciri çözümünün kurulumu sırasında güven oluşturulmasına ve ağ çalışması sırasında kimlik veya sistem varlıklarının kaydetmesine ve aktarılmasına olanak tanır. Ekleme, değişiklik ve iptal gibi işlemlerin yönetiminden sorumludur. Ayrıca kullanıcı kimliklerinin doğrulanmasını ve yetkilendirmesini sağlamaktadır (Özgür, 2019).

Politika hizmetleri: Onay politikası, fikir birliği politikası veya grup yönetimi politikasının yönetiminden sorumludur. Bu politikaları uygulamak için arayüzlere bağlanılmaktadır (Özgür, 2019).

API'ler: Uygulamaların blok zincirle ara yüzler sağlayarak bir uygulamadan diğerine ulaşan köprüler oluşturur (Özgür, 2019).

Birlikte çalışma: Farklı blok zinciri örnekleri arasındaki iş birliğini destekler. Fikir birliğinin amacı, ağda bir anlaşma oluşturmak ve bloğu oluşturan işlem kümesinin doğruluğunu onaylamaktır (Özgür, 2019).

Hyperledger çatısı altında 12 proje bulunmaktadır. Aşağıda bu 12 proje açıklanmış olup firmaların bu projelerin yararlarına göre kendi firmalarına dahil edecekleri teknolojiler hakkında yol gösterici olmak amaçlanmıştır.

Hyperledger Fabric: Bu ekosistemin ilk projesi olan Fabric, aynı zamanda en çok bilinen projesidir. Fabric, kurumlar için tasarlanmış kapalı blok zincir uygulamaları geliştirmeye yarayan, modüler yapıda bir framework'tür. Genel amaçlı yazılım dilleri ile geliştirme yapmaya izin veren ilk blok zincirdir. Tak çalıştır adı verilen bir yapısı bulunmaktadır. Yani modülerdir ve uygulamanın içine amaca yönelik olarak hazırlanmış bileşenleri tak-çalıştır yöntemi ile eklenmektedir (Anonim, 2019).

Kurumsal blok zincir gerekliliklerinde genellikle gizlilik ve kimlik doğrulaması ön plandadır ve Fabric her ikisini de sağlamaktadır. Üyelik Servis Sağlayıcı (Membership Service Provider-MSP) sayesinde ağa yalnızca kimlik doğrulaması yapmış kişilerin bağlanabilmesini sağlamaktadır. Kanallar sayesinde kullanıcı grupları oluşturulup her gruba farklı yetki tanımları verilebilmektedir. Bu şekilde her veri ağdaki her katılımcının okuma, oluşturma, güncelleme ve silme işlemlerini yapılabilmesi için açık değildir (Anonim, 2019).

Hyperledger bir kripto para projesi olarak adlandırılması hatalıdır. Dolayısıyla Fabric ağı sadece para transferi için kullanılmaz. Ağda varlıklar(asset) vardır. Bu varlıkların maddi değeri olabilir. Yalnızca veri barındıran varlıklar da bulundurabilmektedir (Anonim, 2019).

Fabric'in çalışma prensiplerini aşağıdaki maddeler ile açıklanabilir:

- İşlemler, akıllı kontrat sayesinde güvence altına alınmakta olup tüm katılımcılar Docker konteynırları çalıştırarak ağa bağlanması sağlanır,
- İşlemler kripto para olmadan gerçekleştirilir,
- Tüm işlemler gizli ve güvenli bir biçimde gerçekleştirilir. Veriler, yalnızca ağdaki katılımcıların fikir birliği(consensus) ile güncellenir,

- Tüm işlemlerin içeriği kriptoludur. Böylece içerik tüm kullanıcılar tarafından görüntülenemez,
- Katılımcılar ağa erişim sağlamak için üyelik servislerine kimlik kanıtı yapmak zorundadır (Anonim, 2019).

Hyperledger Sawtooth: Sawtooth, dağıtık kayıt defterleri oluşturmak ve çalıştırmak için kullanılan modüler bir kurumsal blok zincir platformudur. Sawtooth'un odak noktası kayıt defterlerini dağıtık yapmak ve akıllı kontratlar ile sistemi güvenli kılmaktır. Geçen zamanın kanıtı(proof of elapsed time-PoET) adı verilen bir fikir birliği algoritması kullanılır. Bu algoritma ile kaynak tüketimi minimize edilmektedir (Anonim, 2019).

Sawtooth ile Fabric arasındaki temel iki fark şu şekilde açıklanabilir:

Ağ tipi: Fabric'te ağa katılmak için MSP'ye kaydolup kimlik kanıtı yapmak zorunludur. Sawtooth ile hem izinli hem de izinsiz blok zincirler geliştirilebilir.

Gizlilik: Sawtooth'ta tüm katılımcıların ağdaki işlemleri görme yetkisi vardır. Fabric'te ise farklı yetki tanımları ile verilerin gizliliğini sağlanması mümkün kılınır (Anonim, 2019).

Hyperledger Iroha:Iroha projesi, Japon Kaizen felsefesinden esinlenerek geliştirilmiş, bir dağıtık kayıt defteri teknolojisidir. Bir grup Japon yazılımcının mobil cihazlara yönelik olarak C++ dilinde geliştirdiği bir frameworktür. C++ ile yazılmış olması performans yönünden Iroha'yı ön plana çıkartmaktadır. Iroha 'ın en önemli özellikleri performans ve yalınlığıdır (Anonim, 2019).

Iroha kaynak, bilgi ve dijital kimlik yönetimi konusunda başarılı bir frameworktür. Aynı zamanda bizans hata toleransını sağlayan fikir birliği algoritmasına sahiptir (Anonim, 2019).

Hyperledger Burrow: Burrow, en az Hyperledger kadar eski bir projedir. ErisDB adıyla Monax tarafından geliştirilmeye başlanmış, daha sonra da Hyperledger çatısı altına Burrow ismiyle girmiştir. Monax'ın CTO'su Casey Kuhlman, Burrow'u diğer projelerden ayıran özelliği tek bir cümle ile açıklıyor: "Burrow, Hyperledger ekosistemi içinde yalnızca bir şeyi iyi yapmak için tasarlandı: EVM (Ethereum Sanal Makinesi) akıllı kontratlarını izinli bir blok zincir ağında çalıştırmak." Burrow üç ana bileşenden oluşur (Anonim, 2019):

- Konsensüs motoru: Ağdaki işlemler Bizans hata toleransına sahip Tendermint protokolü ile yapılmaktadır. Bu protokol ağın çatalanmasının önüne geçmektedir.
- İzinli EVM: Ethereum'un izinli bir ağa çevrildiği düşünülebilir. Aynı şekilde Solidity dili kullanılarak sağlanmış turing-complete bir sistemi vardır.
- RPC gateway (Ağ Geçidi): Remote procedure call(Uzaktan prosedür çağrısı), istemcilerin(client) sunucularla(server) haberleşmesini sağlayan bir yapı sunmaktadır. Yani kullanıcılar olarak bu gateway'i kullanarak ağ ile konuşabilme imkanını sağlamaktadır (Anonim, 2019).

Kuhlman'ın Burrow'u anlatırken en çok üzerinde durduğu iki anahtar kelime hız ve kolaylıktır. Projeyi geliştirirken vadettikleri işlevselliği sunmanın yanında yazılımcılara hızlıca yaratabilecekleri bir ortamı sağlamaktadır (Anonim, 2019).

Hyperledger Indy: Indy, blok zinciri ağı üzerinde depolanan dijital kimlikler oluşturulmasını ve doğrulanmasını sağlayan kayıt defteridir. Bu projede blok zincirlerin dağıtık yapısı ön plana çıkmaktadır. Bir örnekle açıklamak gerekirse: günümüzde kimlik verilerine olan bakışımız merkezi bir bakış açısıdır. Veriler kurumlar tarafından depolanır ve istedikleri gibi kullanılabilir. GDPR gibi düzenlemelerin adı geçse de bu pek güven vermemektedir. Bunun yanı sıra verilerimizin nasıl depolandığı hakkında bir bilgi edinilememektedir. Neredeyse hiçbir kurum verilerin yüksek güvenli bir sistemde saklayacağını taahhüt etmemektedir (Anonim, 2019).

Indy ile bu sorunların çözdüğünü iddia edilmektedir. Fakat diğerlerine oranla daha güvenli olduğunu vaat ettiği dijital kimliklerde diğerlerinden farklı denklem ile değiştirip kimliklerimizi daha güvenli yapmayı hedeflediğinden bu sonuç çıkartılabilir. Bu yeni denklemde herkes kendi kimliğini kendisi yönetebilmektedir. Böylece bir zafiyet milyonlarca kimliği değil bir kimliği hedef almış olur (Anonim, 2019).

Hyperledger Cello: Cello,Hyperledger ekosisteminin beyni olarak tanımlanır. Önceki projelerden farklı olarak Cello, ekosistem içinde zincirleri yönetmeyi üstlenmiş bir projedir. Daha teknik bir terimle ifade etmek gerekirse Cello, BaaS (blockchain as a service) aracıdır (Anonim, 2019).

Yönetmek kavramını biraz daha açarsak; Hyperledger'in kurumsal bir çözüm olarak görüldüğü bir senaryoda tek bir blok zincir ağı yeterli olmayabilir. Bu durumda bu ağları



yönetmek ve sürdürmek zor olacaktır. Cello ise bu zorluğu azaltmayı hedefler. Cello'yu kullanarak;

- Bu zincirleri farklı tipte bulut servislerinde ve kapsayıcı kümelerinde ayağa kaldırabilir,
- Çalışan ağların yaşam döngülerine dair her işlemi yönetebilir,
- Ağların loglarını, analizlerini takip edebilmektedir.
- Aynı zamanda bu işlemlerin hepsini dashboard (gösterge paneli) ile yapabilmektedir (Anonim, 2019).

**Hyperledger Composer:** Hyperledger Composer, hızlı ve kolay bir şekilde kurumsal ağlar oluşturulmasını sağlayan bir projedir. Bünyesinde barındırdığı araçlarla akıllı kontratları ve kurumsal ağ tanımı dosyalarını oluşturulabilmektedir. Temel amacı geliştirme süreçlerini hızlandırmak olan Composer projesinin dokümanlarında aylar sürecektir bir projeyi haftalar içinde bitirmenizi sağlayacağı vaat edilmektedir. Fabric ağını desteklediği için Composer ara yüzü üzerinde hazırlanan projeyi doğrudan Fabric ağına eklenip kullanılabilir (Anonim, 2019).

Her ne kadar Hyperledger ekosistemi içinde bulunsa da proje, Ağustos 2018 yılında durdurulmuştur. Simon Stone, yaptığı yazılı bilgilendirmede projenin mimarisi genişledikçe sürdürmenin zorlaştığı gerekçesiyle projeyi durdurduklarını söylemiştir. Dolayısıyla production seviyesinde kullanmak doğru olmasa da bile Hyperledger Fabric ile geliştirme yapmaya başlamayı düşünen biri için iyi bir başlangıç olabilmektedir (Anonim, 2019).

**Hyperledger Explorer:** Blok zinciri ağının block explorer (blok gezgini) sayfasına benzemektedir. Hyperledger Explorer ile ağa ait birçok bilgiyi sade bir ara yüzde görülebilmektedir. Bu bilgiler arasında katılımcı sayısı, blok sayısı, işlem sayısı, zincir kodu sayısı, blok ayrıntıları, işlemlere ait detaylar ve grafikler bulunmakta olup tüm bu bilgiler için API desteği de sağlamaktadır. Backend'de NodeJS, frontend'de React, veri tabanı olarak da PostgreSQL kullanılmaktadır (Anonim, 2019).

**Hyperledger Quilt:** Hyperledger Quilt projesi Interledger protokolünün ekosistemdeki uygulamasıdır. ILP olarak da bilinen Interledger protokolu kayıt defterleri arasında para transferi yapmayı sağlamaktadır. ILP bir kayıt defteri değildir. Yalnızca bu kayıt defterlerinin güvenli bir şekilde mesajlaşıp para transferi yapmasını sağlayan protokoldür. Hyperledger da Quilt projesi ile ekosistem içinde ILP'yi uygulamaktadır (Anonim, 2019).

Hyperledger Caliper: Caliper aracı Hyperledger ekosistemi içinde performans ölçümü yapan bir araçtır. An itibariyle (25 Mayıs 2019) Fabric, Sawtooth, Iroha, Burrow ve Composer projelerini desteklemektedir. Performans ölçümü için kullandığı belli başlı metrikler var. Bunlar başarı oranı, işlem ve okuma hacmi, işlem ve okuma gecikmesi, kaynak tüketimidir (Anonim, 2019).

Hyperledger Ursa: Ursa, topluluktaki geliştiricilerin kriptografik fonksiyonları topladığı bir projedir. Blok zincir önemli olduğu iki konu olan güvenlik ve kriptografi temellidir. Dolayısıyla bu proje de platform içinde önemli bir görevi yerine getirmektedir kullanılmaktadır (Anonim, 2019).

Libursa ve libzmix adında iki alt kütüphaneden oluşmaktadır. Libursa kütüphanesi dijital imzalar, anahtar değişimi, kripto gibi işlemleri yerine getirirken, libzmix sıfır bilgi ispatı gibi daha karmaşık işlemleri yapılmaktadır. Projede kriptografi dünyasında best practice(en iyi pratik) olarak kabul edilen yöntem kullanılarak yeni implementasyonlar yazmak yerine libsodium, openssl ve libsecp256k1 kütüphaneleri kullanılmaktadır (Anonim, 2019).

Hyperledger Grid: Kurumsal blok zinciri çözümleri arasında en çok tedarik zincirleri için çözümleri olduğu bilinmektedir. Grid de bu talebi karşılamak üzere geliştirilmiş bir projedir. Özel olarak bir sektöre yöneldiği için Hyperledger platformunda bir ilk olma özelliğini taşımaktadır. Grid yalnızca framework'ta blok zinciri değildir. Sawtooth blok zincirini kullanıyor ve temel amacı tedarik zinciri uygulamalarını hızlandırmak ve kolaylaştırmaktır (Anonim, 2019).

Hyperledger Aries: Bu proje, içinde barındırdığı bazı özelliklerden dolayı Indy ve Quilt'e benzetilmektedir. Ancak kapsam ve proje tanımı bakımından daha geniş bir amaç hedeflenilerek tasarlanmıştır. Aries'in blok zincir temelli dijital kimlik verilerini saklamak ve paylaşmak amacıyla tasarlanmıştır.

Kimlik verilerini saklama özelliğinden dolayı Indy'e benzetilsede bu verilerin değişimini Indy dışındaki zincirlerle de yapmasını sağlamaktadır. Cüzdanlar arasında sağladığı iletişim ve güvenli iletişimi özelliği ile Quilt'e benzetilsede Aries ILP protokolünü kullanılamamaktadır ve dijital kimliklere odaklanmış bir projedir (Anonim, 2019).

Fikir Birliği Mekanizması, bir ağda gerekleŒen iŒlemlerin ağ katılımcıları veya merkezi karar mekanizması tarafından onaylandığı süreçtir. Mutabakat anlamına gelen fikir birliği aŒađıdaki temel iŒlevlere sahiptir (zgr, 2019):

- Onay ve mutabakat politikalarına göre önerilen bir bloktaki tüm iŒlemlerin doğruluğunu onaylama,
- Yapının düzeni ve doğruluğunun gerektiği gibi iŒlediđinden emin olur (uygulama genelinde etkili olur),
- Bir blokta gerekleŒen iŒlem kümesinin doğruluğunu onaylamak için akıllı szleŒme katmanı ile birlikte alıŒır.

Fikir birliği, Geçen Zaman Kanıtı (PoET) gibi rastgele seçim tabanlı olabileceği gibi ve İŒ Kanıtı (PoW) gibi Bizans Hata Toleransı (BHT) temelli oylamaya dayalı bir yöntemle de sağlanabilmektedir. Bu yaklaŒımların her biri farklı ağ gereksinimlerini ve hata tolerans modellerini hedeflemektedir (zgr, 2019).

Rastgele seçim tabanlı algoritmalar, rastgele kazananın bir blok onaylaması ve onayladığı bloğu diğer ağ katılımcılarına iletmesi ile çok sayıda düğüme ölçeklenebilmesi bakımından avantajlıdır. Öte yandan, bu algoritmalar iki “kazanan” aynı anda bir blok önerdiğinde atalaŒmaya neden olabilir. Zincirdeki her bir çatalın çözümlenmesi gerektiğinden onay süresi kimi zaman uzun sürmektedir (zgr, 2019).

Oylama tabanlı algoritmalar daha dŒk gecikmeli gerekleŒme oranları bakımından avantaj sağlamaktadır. Düğümlerin çoğu bir iŒlemi veya bloğu doğrularsa, fikir birliği olur ve kesinlik oluŒur. Oylama tabanlı algoritmalar tipik olarak düğümlerin ağdaki diğer düğümlerin her birine iletiler göndermesini gerektirdiğinden, ağda ne kadar çok düğüm varsa, fikir birliğine varmak o kadar uzun sürmektedir. Bu, leklenebilirlik ve hız arasında bir denge kurulmasına yol açmaktadır (zgr, 2019).

Hyperledger geliŒtiricileri çözümleri iŒletme ekseninde gerekleŒtiđinden genel varsayım blok zinciri ağlarının kısmi güven ortamında alıŒacađı yönündedir. Bu göz önüne aldığında, anonim madencilerle standart iŒ kanıtı (PoW) yaklaŒımlarını benimsemediği açıkça belirtilmektedir. Değerlendirmemizde, bu mekanizmaya yer vermenin iŒletmeler için blok zinciri ağları geliŒtirme sürecinde çok maliyetli ve kaynak tüketen bir yöntem olacağı açıkça anlaŒılmaktadır (zgr, 2019).

Fikir birliğinin önemli özelliklerinden olan güvenlik ve canlılık düğümler arasında anlaşmayı sağlamaktadır. Güven, her bir düğümün aynı girdi dizisini ile aynı sonuçlara ulaşması ve temelde aynı bilgilere sahip olması anlamına gelmektedir. Düğümler aynı işlem serisini aldığında, her düğümde aynı durum değişiklikler meydana gelir. Algoritma burada her bir işlemi bir seferde atomik olarak gerçekleştiren tek bir düğüm sistemi ile aynı şekilde hareket etmelidir. Canlılık ise, hatalı olmayan her düğümün, iletişimin başarısız olmayacağı her durumda gönderilen her işlemin sonuçlanacağı anlamına gelmektedir (Özgür, 2019).

Uygulama bölümünün bu kısmında IBM blok zinciri sayesinde gıda sektöründe geliştirilmiş uygulamalar açıklanmış olup blok zincirinin faydaları ve ne ölçüde etkileyeceği aktarılmıştır.

Özellikle tedarik zincirin de önemli bir yeri olan blok zinciri, gıda alanı üzerine Hyperledger platformunda IBM Food Trust projesi geliştirilmiştir. IBM Food Trust gıdaları ilk andan itibaren takibine başlayıp son ana kadar geçen sürede tüm süreçleri kayıt altına alarak şeffaflığı ve güvenilirliği artırmaya yönelik bir projedir. Food Trust gıda tedarik zincirindeki tüm aktörlerin değiştirilemez veri tabanı olarak işlev gören blok zincirinin kullanılması açısından en başarılı örneği olmuştur (Anonim, 2022).

Bunun dışında gıda güvenliğini ve tazeliğini artırma konusundan, tedarik zincirindeki verimlilikleri ortaya çıkar ve gıda israfını en aza indiren bir ortam oluşturmuş olmaktadır (Anonim, 2022).

Sağladığı avantajlar:

Tedarik zinciri verimliliği: IBM Food Trust bu konuda büyük avantaj sağlamaktadır. Covid-19 ile birlikte tedarik sorunu daha da artmıştır. Verimsizlik, tüketici fiyatlandırmasını, karbon ayak izi, gıda israfını ve beklenen tazeliğe ulaşamama gibi sorunlar vardır. BM'e göre gıda tedarik zincirinde bulunan verimsizlikler nedeniyle 1,4 milyar ton bozulabilir gıda israfı olmaktadır (Anonim, 2022).

Blok zinciri tarafından desteklenen paylaşılan bir dijital gıda tedarik zinciri, tedarik zinciri oyuncularının daha verimli çalışmak ve değişime uyum sağlamak için birbirleriyle daha iyi iş birliği yapmasına yardımcı olmaktadır. IBM Food Trust, güvenli, paylaşılan ve izin verilen bir işlem kaydı oluşturur. Bu, gıda tedarik zincirinin her adımında görünürlük

sağlamaktadır, bu sayede yeni güven ve şeffaflık düzeylerine ulaşabilir, gıdaları çiftlikten sofraya daha güvenli şekilde ulaşılması sağlanmaktadır (Anonim, 2022).

IBM Food Trust, üreticiler, tedarikçiler, distribütörler ve perakendeciler de gıda sistemindeki katılımcıların tedarik zincirlerini daha verimli hale getirmelerine yardımcı olmak için tasarlanmış farklı modüllerden oluşmaktadır. Bu modüller verimsizliklerin belirlenmesi için blok zinciri ve IoT teknolojilerinden yararlanılarak Insights modülü; Trace modülü ile gıda sistemi üyelerinin güvenli ve şeffaf tedarik zinciri üzerindeki konumunu ve gıda ürünlerinin durumu takip edilebilir; Documents modülü ile ise tüm tedarik zinciri boyunca sertifikaları güvenli bir şekilde yöneterek sürdürülebilirliği ve kaynağı kolaylıkla kanıtlanabilirlik sağlanmaktadır (Anonim, 2022).

Marka güveni: Tüketicilerin artık üretilen ürünlerin gıda kökenini, nasıl ve ne zaman yetiştirildiğini bilmek istemektedir. Marka güveni için oluşturulan modüller: Trace modülü tedarik zincirinde güven ve şeffaflık sağlamaktadır; Consumer modülü üretilen gıdanın kalitesinden, kökenine kadar her türlü gıda bilgisini tüketiciler ulaştırmaktadır; Documents modülü ile tedarik zinciri boyunca gıdaların her türlü sertifikalarına ulaşarak kolaylıkla sürdürülebilirlik sağlamaktadır (Anonim, 2022).

Gıda güvenliği: Toplumsal ve ticari sorunlara ek olarak, büyük gıda stokları israf edilmekte ve tüketici güveni sarsılmaktadır. Gıda güvenliği için kullanılan modüller: Trace modülü ile gıda güvenliği sağlanmaktadır, tedarik ağındaki gıda güvenliğini daha iyi sağlamak için gıda ürünlerinin konumu ve durumunun takibi sağlanmaktadır; Documents modülü ile güvenli bir şekilde tedarik ağındaki sertifikalar ve kuruluşlar için belgelerin yönetilmesini sağlamaktadır; Insights capabilities modülü gıdaların tedarik zincirinde nasıl işlendiğine dair görünürlük sağlamaktadır (Anonim, 2022).

Sürdürülebilirlik: Sürdürülebilir bir gıda ağı oluşturmak temel hedeflerden biridir. Tüketicilerin büyük çoğunluğu satın aldıkları gıdaların çevresel açıdan sürdürülebilirliğinin önemli olduğunu düşünmektedir. Sürdürülebilirlik hem tüketiciler için hem de ileriye dönük iş modelleri için zorunludur. Sürdürülebilir olmayan gıda uygulamalarının maliyeti giderek artmaktadır. True Cost Accounting (gerçek maliyet muhasebesi) sürdürülemez gıda uygulamalarının fiyatına ışık tutmaktadır. Sürdürülebilir olmayan üretim yöntemleri yüzünden sürdürülemez kaynak bulma ve biyoçeşitlilik kaybı, gizli maliyetlere neden olmaktadır. Araştırmalar, tüketicilerin bu tür maliyetler nedeniyle farkında olmadan

yiyeceklerine iki kat daha fazla ödeme yaptığını göstermektedir. Artan nüfus nedeniyle şirketlerin ekolojik ayak izini azaltmak için yollar aramaktadır bu da sürdürülebilirliğin ne kadar önemli bir yerde aldığını göstermektedir (Anonim, 2022).

Trace modülü sayesinde kullanıcıların güvenli ve şeffaf şekilde gıda ürünlerinin durumunu takip edebilmelerine olanak sağlamaktadır; Consumer modülü ile üretici ve perakendeciler açısından sürdürülebilirlik uygulamaları ve ürün kaynak bilgileriyle birlikte gıdanın üreticiden satıcıya kadar olan kısımlarını paylaşılabilir (Anonim, 2022).

Gıda tazeliği: Gıdaların raf ömrünü doğru bir şekilde değerlendirilmesi gıda israfının önüne geçmek için büyük önem taşımaktadır. Blok zinciri tarafından desteklenen bir dijital gıda tedarik zinciri, perakendecilerin tüketicilerine daha taze seçenekler (artan raf ömrü ile) sunabilmesi için gıda ekosisteminde tam şeffaflık sağlayarak ürün kaybını azaltır ve marjları artırmaktadır. IBM Food Trust, güven ve şeffaflık düzeylerine ulaşmak için gıda ekosisteminin her bir üyesiyle birlikte çalışarak gıdaları çiftlikten tüketiciye kadar daha güvenli ve akıllı hale getirmektedir. Şirketlerin iş birliği yapmasını ve kayıtları dijitalleştirmesini sağlayarak gıda tedarik zincirinin her adımında görünürlüğü artırmaktadır. Trace modülü taze ürünlerin durumunu izlemek ve raf ömrü riskli seviyede olan ürünler için uyarı vermektedir; Documents modülü gıda kökeni hakkında belge ve sertifikaları yöneterek ve erişim sağlayarak gıda israfına yol açan verimsizliklerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır; Consumer modülü üretim ve toplama tarihleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu avantajları dışında iki tane daha avantajı vardır. Gıda dolandırıcılığı ve yemek atıkları sorunlarında da kullanılmaktadır (Anonim, 2022).

#### **4.2.2. Codebeamer Platformunda Kanban Kartlarının İşleyişi**

Düşük kodlu platformlar BT departmanlarında uygulama yaşam döngüsü üzerinde kontrol sağlamaktadır. Platform kullanıcıları için temel uygulamalar oluşturabilmelerine yardımcı olacak çeşitli görsel araçlar ve yeniden kullanılabilir şablon ile bileşenler içermektedir. Geliştiriciler içinse yönetici, proje yönetimi, dağıtım ile güncelleme ve otomasyon özelliklerini bir araya getirmektedir.

Aşağıda codebeamer, gelişmiş ürün ve yazılım geliştirme için bir ALM (uygulama yaşam döngüsü yönetimi) platformunun kanban ve scrum için işleyişi açıklanmıştır (Anonim, 2021).

## Enterprise için Scrum ve Kanban:

Büyük organizasyonlarda çeviklik üç seviyede uygulanmaktadır.

1. Takım Seviyesi: Ekip düzeyinde, 5-9 ekip üyesinden oluşan çevik ekipleri bir dizi sprint ve sürümde kullanıcı hikayelerini tanımlar, oluşturur ve test eder. En küçük işletmede, bu tür yalnızca birkaç ekip olabilir. Takımın yapması gerekenleri yönetme sorumluluğu takımın ürün sahibine aittir (Anonim, 2021).
2. Program seviyesi: Program düzeyinde, daha büyük ölçekli sistem işlevselliğinin geliştirilmesi, senkronize bir Çevik Yayın Treninde (ART) birden çok ekip aracılığıyla gerçekleştirilir. ART'ta tarih ve kalite sabit, ancak kapsam değişkendir (demir üçgen yok) zaman kutuları yinelemelerinin ve kilometre taşlarının bir standarttı olmuştur. ART, sık, tipik olarak sabit, 60 ila 120 günlük zaman sınırlarında sürümler veya potansiyel olarak sevk edilebilir artışlar (PSI'ler) üretir. Ürün yöneticileri, sistemin özelliklerini bu seviyede tanımlamaktan sorumludur (Anonim, 2021).
3. Portföy seviyesi: Portföy düzeyinde, yapılan işin işletmenin seçtiği iş stratejisini yerine getirmesi için gerekli iş olduğundan emin olmak için yatırım temaları kullanılır. Yatırım temaları, zaman içinde çeşitli serbest bırakma trenlerine tahsis edilecek bir dizi daha büyük, epik ölçekli girişim olarak ifade edilecek olan portföy vizyonunu yönlendirir (Anonim, 2021).

## Çevik süreçler:

1. Scrum süreci: Scrum, bir geliştirme ekibinin ortak bir hedefe ulaşması için bir birim olarak çalıştığı esnek, bütünsel bir ürün geliştirme stratejisine odaklanan yinelemeli ve artımlı bir çerçevedir. Scrum, en yaygın olarak bilinen ve uygulanan çevik süreç çerçevesidir (Anonim, 2021).
2. Kanban Süreci: Kanban, yazılım geliştiricilere aşırı yüklenmeden tam zamanında teslimata önem verir. Bu yaklaşımda, bir görevin tanımlanmasından müşteriye teslimine kadar olan süreçtir, katılımcıların görmesi için görüntülenir ve geliştiriciler sıradan işi çekmektedir (Anonim, 2021).

Kanban, aşağıdaki temel uygulamaları teşvik eder:

Görselleştirme: Bilgi çalışmasının akışını görselleştirmek ve onu görünür kılmak önemlidir. İş akışını görselleştirmenin yaygın bir yolu, kartlar ve sütunlar içeren bir kart duvarı kullanmaktır. İş akışındaki farklı durumları veya adımları temsil eden kart duvarındaki sütunlardır (Anonim, 2021).

Süren çalışmaları sınırlama: İş akışındaki her durumda devam eden çalışma (WIP) sınırlıdır. Yeni iş, yalnızca yerel “Devam Eden Çalışma” sınırı dahilinde kullanılabilir kapasite olduğunda bir duruma çekilmektedir (Anonim, 2021).

Akış yönetimi: Sistem üzerindeki olumlu veya olumsuz etkileri değerlendirebilmek için iş akışındaki her bir durum üzerinden iş akışı izlenmeli, ölçülmeli ve raporlanmalıdır (Anonim, 2021).

Anlaşılır şekilde işleyiş: İşlerin nasıl planlandığını ve işin nasıl yapılacağına dair açık bir anlayış gösterilmesidir (Anonim, 2021).

Geri bildirim döngülerinin uygulanması: İş akışını ile talep ölçülerinin planlanmasıdır (Anonim, 2021).

İş birliği içinde ve deneysel olarak geliştirme: Kanban, bilimsel yaklaşımları kullanarak küçük, sürekli, artımlı ve evrimsel değişiklikleri teşvik etmektedir (Anonim, 2021).

Çevik uygulamalarında ekip:

Ekip, çevikliği uygulamanın en düşük seviyesidir (Anonim, 2021).

Kullanıcı hikayeleri: Ekip için kullanıcı hikayeleri gereksinimleri kaydetmenin en temel yoludur. Kullanıcı hikayeleri sayesinde planlı çalışmalar gerçekleştirilerek kullanım kolaylığı ile teknik gereksinimlerde görev dağılımında kolaylıkla sağlanır. Kullanıcı hikayeleri bir projeye ilgili her türlü gereksinimi yakalamaya uygun olmayabilir (Liskin, Schneider, Fagerholm, & Münch, 2014).

Kullanıcı hikayelerini yönetme: Kullanıcı öyküleri, CodeBeamer'daki “*User Story*” türü izleyicilerdeki sorunlarla temsil edilir. Her yeni projede oluşturulan ve sezgisel olarak “*User Stories*” olarak adlandırılan bu türden bir izleyici vardır (Anonim, 2021).



Kullanıcı hikayeleri oluşturma: Bağlam menüsünü kullanarak izleyici sayfasına veya izleyici listesine ekleyebilme özelliği vardır.

Story points: Kullanıcı hikayesinde özel alanı olan normal bir takip ögesidir. Story points, bir Kullanıcı Öyküsünün karmaşıklığının görece bir ölçüsüdür. Bir veya daha fazla temel kullanıcı hikayesi belirlenebilir, hikaye puan değerlerini tanımlayabilir ve ardından bunları hikaye noktalarındaki diğer hikayelerin karmaşıklığını tahmin etmek için kullanılabilir. Codebeamer'da "Story points" alanı herhangi bir tamsayıyı kısıtlama olmadan kabul etmektedir (Anonim, 2021).

Kullanıcı hikayelerini görevlere ayırma:

Çoğu zaman, bir kullanıcı hikayesi tek bir iş birimi olarak uygulanamayacak kadar büyüktür. Bu yüzden birden fazla eyleme dönüştürülebilir şekilde görevlere bölünmektedir. Örnek vermek gerekirse yeni bir rapor türünü uygulamak için aşağıdaki adımları yapmak gerekir (Anonim, 2021):

- DB (veri tabanı) şemasına yeni dizinler eklemek,
- Veri erişim kodunu yeni bir sorgu ile genişletmek,
- Rapor sonuçlarını görüntülemek için web görünümünü uygulamaktır.

Varsayılan "Kullanıcı Hikayeleri" izleyicisi minimumda tutulur. Bununla birlikte, kullanıcı hikayeleri ve görevleri, değişiklik isteği, hatalar ve diğer sorun türleri arasında "uygulayan" ifadesini ifade etmek için birden fazla seçenek vardır (Anonim, 2021);

Kolay: Kullanıcı hikayesini, uygulandığı her ek sorunla ilişkilendirmenin yeterli olması,

Daha iyisi: "User Story" izleyicisini özelleştirmektedir. Yeni birçok değerli referans türü alanı "implemented by" eklenmelidir. Bu durumda, ilişki kullanıcı hikayesinin sonunda saklanması,

En iyisi: Kullanıcı hikayeleri için potansiyel olarak eyleme geçirilebilir görevler içerebilecek izleyicilerin her birini özelleştirebilme imkanı vardır. Yeni bir referans türü alanı "Uygulamalar (Implements)" eklenir ve gerekli hale getirilir. Bu durumda, ilişki görev sonunda saklanır.

## Sprintler:

Çevik geliştirmenin temel birimi sprintlerdir (veya daha genel olarak yineleme). Biriktirme listesinden bir dizi kullanıcı hikayesi alma ve bu hikayeleri sabit bir zaman diliminde yeni bir entegre temel çizgide iyileştirme, kodlama, test etme ve kabul etme özelliği içermektedir (Anonim, 2021).

Her sprintin amacı aynı olup kullanıcılar için değerli olan potansiyel olarak sevk edilebilir bir kod artışı oluşturma (Anonim, 2021).

## İş yığınlarını yönetme ve sıralama:

Birikmiş iş yığını terimi ilk olarak Scrum tarafından kullanılmıştır. Burada bir ürün biriktirme listesi olarak tanımlanmıştır. Bu kurumsal modelde, ürün olduğu belirsiz bir Şey olabilir, bu nedenle büyük resimde birden fazla türde birikme listesi vardır. Bu nedenle, "backlog (birikim)" teriminin kullanımı burada genelleştirilmiştir (Anonim, 2021).

Birikmiş iş listesi, ekip için tek ve kesin çalışma kaynağını oluşturmaktadır. Bir "todo list (yapılacaklar listesi)" gibi yapılması gereken işleri kayda almaktadır. Kullanıcı hikayelerinin yanı sıra düzeltilmesi gereken bir hata, yapılması gereken bir görev veya değişiklik talebi veya yürütülmesi gereken bir manuel test gibi diğer sorun türlerini de içerir. İş akışı ekip tarafından yönetilmektedir (Anonim, 2021).

Her biri farklı bir kapsama sahip üç tür biriktirme listesi vardır:

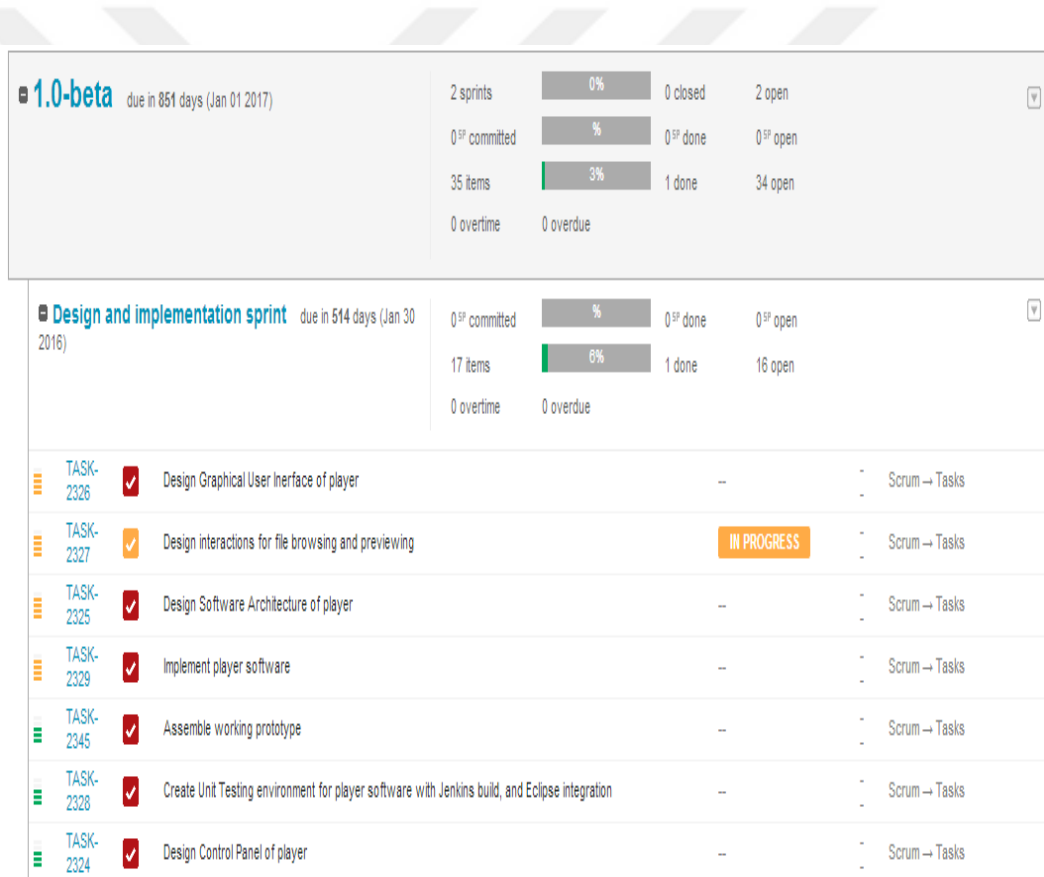
- Product(ürün) biriktirme listesi: Bir noktada ürün üzerinde yapılacak, ekip tarafından iş birliği içinde sürdürülen ve yönetilen çalışma,
- Release(yayın) biriktirme listesi: belirli bir yayında yapılacak işleri içerir (genellikle birden çok sprintten oluşur),
- Sprint biriktirme listesi (backlog): Belirli bir sprintte yapılması gereken işleri içermektedir (Anonim, 2021).

Birikmiş işler (Backlogs), kullanıcı hikayelerinin yapılması gereken göreliliğe göre sıralanır. Sipariş tipik olarak iş değerli, bu hikayeyi yapmamanın cezası, risk, maliyet gibi birçok faktör tarafından belirlenmektedir (Anonim, 2021).

Bir biriktirme listesinde yapılış sıralamasını ayarlamak, biriktirme listesini "ranking (sıralama) " veya "prioritizing (önceliklendirme) " olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2021).

Ürün biriktirme listelerini yönetme: Ürün biriktirme listesi, hedef sürüm ayarlanmamış sorunların listesidir. Codebeamer'da bu listeyi yönetmek için özel bir sayfa yoktur, ancak sorunları görebilmek için izleyici sayfalarındaki sürümlere eklenebilmektedir. Aynı anda birden çok sayının yayın alanını değiştirmek için "Mass edit" kullanılmaktadır (Anonim, 2021).

Yayın biriktirme listesini yönetme: Şekil 4.4'te yeralan yayın biriktirme listesi, belirli bir yayındaki sorunların öncelikli listesidir. Bir yayın kategorisindeki bir yayın bağlantısına tıklayarak buna erişilebilmektedir (Anonim, 2021).



Şekil 4.4. Yayın biriktirme listesi yönetimi (Anonim, 2021)

Sprint biriktirme listesini yönetme:

Sprint iş listesi, bir sprint'teki öncelikli sorunların listesidir. Bu listeyi başka herhangi bir sürümde olduğu gibi yönetilebilmektedir. Bir sprint oluşturmak için bir sürümün menüsündeki "New Sprint" öğesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Codebeamer'da en üst

seviyede olmayan tüm sürümler sprintleri içermektedir. Sorunları sprint biriktirme listesine taşımak için sayı düzenleyici sayfasını veya toplu düzenleme (birden çok sorunu aynı anda taşımak için) kullanılmaktadır (Anonim, 2021).

Çevik için programın önemi:

Bir sonraki daha yüksek Program düzeyinde (Program level), belirli sayıda çevik ekibi daha büyük bir kurumsal amaç için -tüm bir ürünün müşterilere teslim edilmesi- harekete geçirmek üzere mekanizmalar sağlayan bir organizasyon, süreç ve gereksinim modeli önerilmektedir (Anonim, 2021).

Özellikler:

Ürün Vizyonunun( Product Vision) asıl amacı, üretilen ürünün stratejik amacına ulaştırmaktır. Vizyon en iyi çevik dünyada Features ( özellikler) ile ifade edilir. Özellikler, ürünün kullanıcıları için ne yapacağını ve kullanıcının bunlardan elde edeceği faydaları tanımlamaktadır (Anonim, 2021).

Özellikleri yönetmek:

Özellikler, CodeBeamer'daki özel bir "feature tracker (özellik izleyicide)" sorunlarla en verimli şekilde temsil edilir. Bu izleyici türü kullanıma hazır olmasa da bir gereksinim türü izleyicisi oluşturularak ve özelleştirilerek kolayca uygulanabilmektedir (Anonim, 2021).

Aşağıdaki alanlara bir "feature tracker (özellik izleyiciye)" eklenebilmektedir (Anonim, 2021):

- "Realizes (Gerçekleştirme)": Belirli bir özelliğin gerçekleştirildiği Epic bir referans alanıdır.
- "Value (Değer)": Kullanıcıların bir özellikten ne kadar fayda sağlayabileceğinin tahminidir.
- "Effort (Çaba)": Özelliğin uygulanmasının ne kadar iş gerektirdiğinin tahminidir.
- "ROI": Formül  $\text{value/effort}$  (değeri/çabası) kullanılarak hesaplanan alanın yani Yatırım Getirisinin ilk tahminidir.
- "Cost of Delay (Gecikme Maliyeti (CoD))": Özelliği zamanında teslim etmemenin cezası. Yalın yönetimde önemli bir ölçüdür, aciliyet ve değeri birleştirmektedir (Kanbanize, 2021).

Çevik Serbest Bırakma Treni (ART):

Portföy için çevik:

Daha küçük işletmeler, 100 adede kadar çevik uygulayıcı ve ürün için Ekip ve Program modellere yani çevik bir şekilde çalışmak için ihtiyaç duydukları her şey bu kapsamda olabilmektedir. Yüzlerce veya binlerce kişiyi istihdam eden ve birçok ürün sunan daha büyük işletmeler, Portföy düzeyinde başka bir soyutlama düzeyine ihtiyaç duymaktadır (Anonim, 2021).

Yatırım temaları:

Yatırım temaları (ürün temaları), işletmenin sistemlere, ürünlere, uygulamalara ve hizmetlere yaptığı yatırımı yönlendiren girişimlerdir. Pazarda farklılaşma ve rekabet avantajı sağlayan temel değer önermelerini temsil etmektedir. Yatırım temalarına örnek vermek gerekirse, müşteri ilişkileri yönetimi, sosyal intranet, bilgi işlem kaynakları yer almaktadır (Anonim, 2021).

Yatırım temalarının yönetilmesi:

Yatırım temaları, CodeBeamer'daki özel bir "yatırım teması izleyicisindeki" sorunlarla en iyi şekilde temsil edilmektedir. Bu durum İzleyici Oluşturma ve Özelleştirme yönünde bir gereksinimdir (Anonim, 2021).

Varsayılan gereksinim izleyicinin alanlarının çoğunu gizlemesi ve her paydaş için net olan yatırım teması özetlerinin yazılması önerilmektedir. Aşağıda "Tip" seçim listesi incelenerek bir sınıflandırma yapılabilmektedir (Anonim, 2021):

"Into existing (Mevcut haline)": iyileştirmeler ve bakım yoluyla değer yaratma,

"Into new (Yenileme)": yeni ürünler yaratarak yakın zamanlı değer yaratma,

"Into future (Geleceğe yönelik)": hemen değer katmayan, ancak bunu gelecekte yapacak ürünler yaratılabilmektedir (Anonim, 2021).

Epics (Destanlar):

Yatırım temaları tüm yeni gelişmeleri yönlendirir. Destanlar bu kararlardan türetilmiştir. Destanlar, yatırım temalarının değerini fark eden büyük ölçekli kalkınma girişim-

leridir (Anonim, 2021).

Çevik varlıklar arasındaki tam ilişki:

- Yatırım temaları destanlarla gerçekleştirilir.
- Destanlar özellikler tarafından gerçekleştirilir. Destanlar Portföy seviyesinde yönetilmektedir.
- Özellikler, kullanıcı hikayeleri tarafından gerçekleştirilir. Özellikler, Program düzeyinde yönetilir.
- Kullanıcı hikayeleri görevler tarafından gerçekleştirilir. Kullanıcı hikayeleri Ekip düzeyinde yönetilir (Anonim, 2021).

Uygulama sırasında bu hiyerarşinin zarafeti, bu izleyicilerin her birinde "realizes" alanı ayarlanırsa %100 izlenebilirlik elde edilebilecektir. Kullanıcı hikayesi, özelliği, destansı ve yatırım teması ile görevlerinden herhangi bir küçük kaynak kodu değişiklikleri kolay bir şekilde takip edilebilir (Anonim, 2021).

Destanları yönetmek:

Destanlar, özel bir "destansı izleyicide(epic tracker)" sorunlarla temsil edilmelidir. Bu, daha fazla özelleştirme uygulanmış bir gereksinim türü izleyicisi olmalıdır (Anonim, 2021).

Buna aşağıdaki alanlar eklenir:

- "Realizes": belirli bir destan tarafından gerçekleştirilen yatırım temasına işaret eden bir referans alanı
- "Business value (İş değeri)" ve "Efforts (Çabalar)"
- "Alignment to investment theme (Yatırım temasına hizalama)": 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 seçenekleriyle bir seçim alanından seçilen hizalama derecesidir.
- "Weight (Ağırlık)": sıralama ağırlığı. Bu, (iş değeri/ çabalar)\*hizalama formülünden otomatik olarak hesaplanan bir alandır (Anonim, 2021).

Çevik Yürütme:

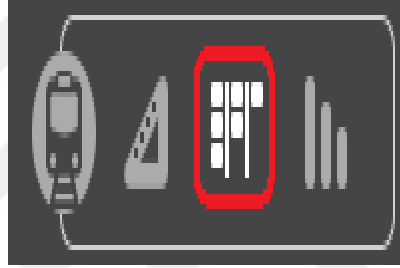
Cardboard:

Eğer bir üretim geçmişi varsa veya çeviklik geliştiriliyorsa orada "Kanban" kullanılmıştır. Kanban, katma değerli süreçte iş akışını görselleştirmek için bir

metodolojidir. İş akışı aşamaları, bir panodaki sütunlarla temsil edilir. Tipik olarak bu pano, ofiste veya fabrikalarda bir duvara konulmaktadır. En temel pano, "ToDo (Yapılacaklar)", "In Progress (Devam Edenler) ", "Done (Bitti) " olmak üzere 3 sütundan oluşmaktadır (Anonim, 2021).

CodeBeamer de Cardboard Kanban panosunu oluşturur, ancak bazı özelliklerle biraz değiştirilmiş ve geliştirilmiştir. İş akışında veya panodaki tekil öğelerin niteliklerinde "tek tıkla" değişiklikler sağlar (Anonim, 2021).

Şekil 4.5'te gösterildiği gibi Cardboard ikonuna tıklayarak ulaşılabilmektedir, "Açıklamaları" veya Planlama Kurulu görünümünde Sürüm veya Sprint yanında bulunabilir:



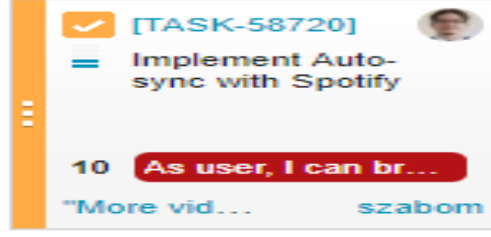
Şekil 4.5. Cardboard ikonu (Anonim, 2021)

Cardboards sorunlarını görüntüleme:

Bir cardboard üzerinde, bir yayına atanan tüm sorunları yayın biriktirme listesinde tanımlandığı sırayla görülebilmektedir (bu, önceliğe göre sıra veya sorunları manuel olarak sıralayarak belirlenen sıradır). Yapılandırmaya bağlı olarak, bir sütunda çok fazla veya çok az kart varsa uyarı alınabilmektedir (Anonim, 2021).

Kartların boyutu, yeniden boyutlandırmayla uyumlu olarak değişmektedir. Mümkün olduğu kadar çok kartı aynı sıraya sığdırmaya çalışırken her zaman mümkün olduğunca fazla yer kaplamaktadırlar (Anonim, Scrum and Kanban For The Enterprise, 2021).

Kartın analizi:



Şekil 4.6. Kanban kart örneği (Anonim, 2021)

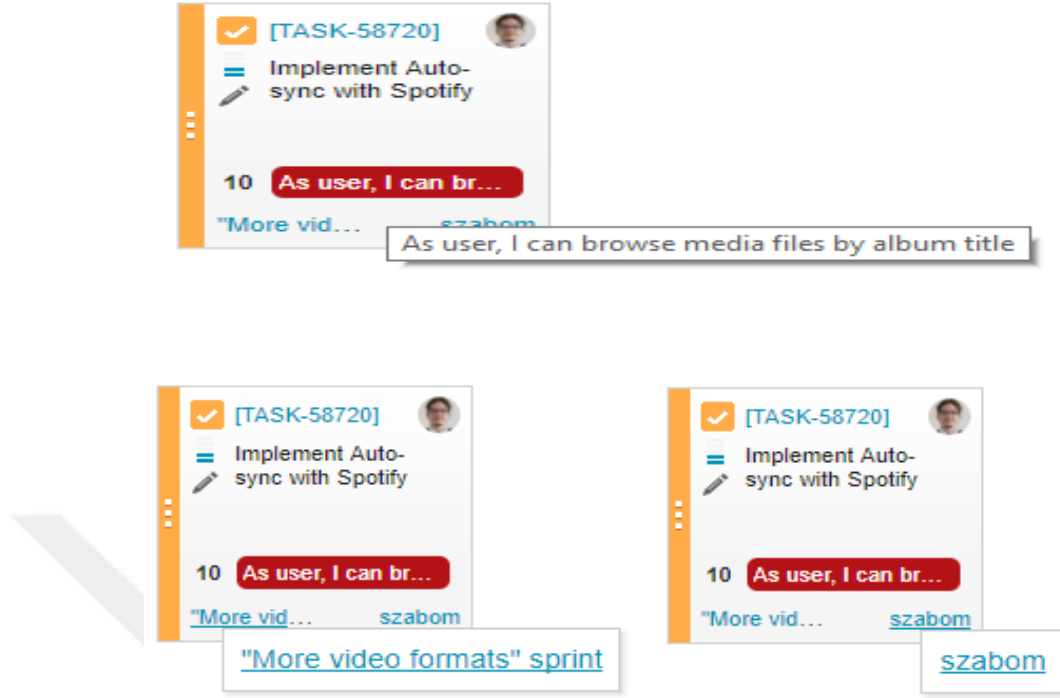
Şekil 4.6'da gösterildiği gibi kartın sol tarafında bulunan dikey şerit kartı hareket ettirmek için kullanılmaktadır. Bu "handle" olarak ve kartı başka bir sütuna taşınabilmektedir. Rengi sorunun durumuna göre belirlenmektedir (Anonim, 2021).

Kanban kartı hakkında bilinmesi gerekenler aşağıda yer almaktadır (Anonim, 2021);

- Key and id of the issue (sorunun anahtarı ve kimliği): Bu bağlantıya tıklamak sorunu yeni bir sekmede/yeni sayfada açar (tarayıcıya bağlı olarak),
- İlk atanmış kişinin fotoğrafı veya monogramı,
- Priority icon (öncelik simgesi),
- Konunun özeti: Kullanıcının bu alanı görme izni yoksa, bunun yerine [Özet okunamıyor] metni görüntülenmektedir,
- Sol üst köşedeki simge, sorunun türünü belirtir ve rengi durumu hakkında bilgi sağlamaktadır. Kullanıcının bu alanı görme izni yoksa, renk her zaman gridir,
- Önceliğin altındaki kalem simgesi (imleç kartın üzerine geldiğinde görülmektedir) sorunu düzenlemek için kullanılmaktadır. Bu simgeye tıklayarak izleyici ögesinin ayrıntılarını değiştirebileceğiniz bir yer paylaşımı açar,
- Öncelik altında, konu için ayarlanan hikaye puanı değeri bulunur,
- Hikaye puanı değerinin yanında, ögenin kullanıcı hikayesini gösteren renkli bir tablet vardır,
- Sol alt köşede sorunun yayımına ilişkin bağlantıları bulunur,



- Sağ alt köşede bu kartın atandığı vekillerin listesi ve izinleri gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Kanban kart hikeye gösterimi (Anonim, 2021)

Şekil 4.7'de gösterdiği gibi tam metin kullanıcı hikayesinin üzerine gelindiğinde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, tüm bunları göstermek için sürümün üzerine gelebilir ve bağlantılar atanabilmektedir (Anonim, 2021):

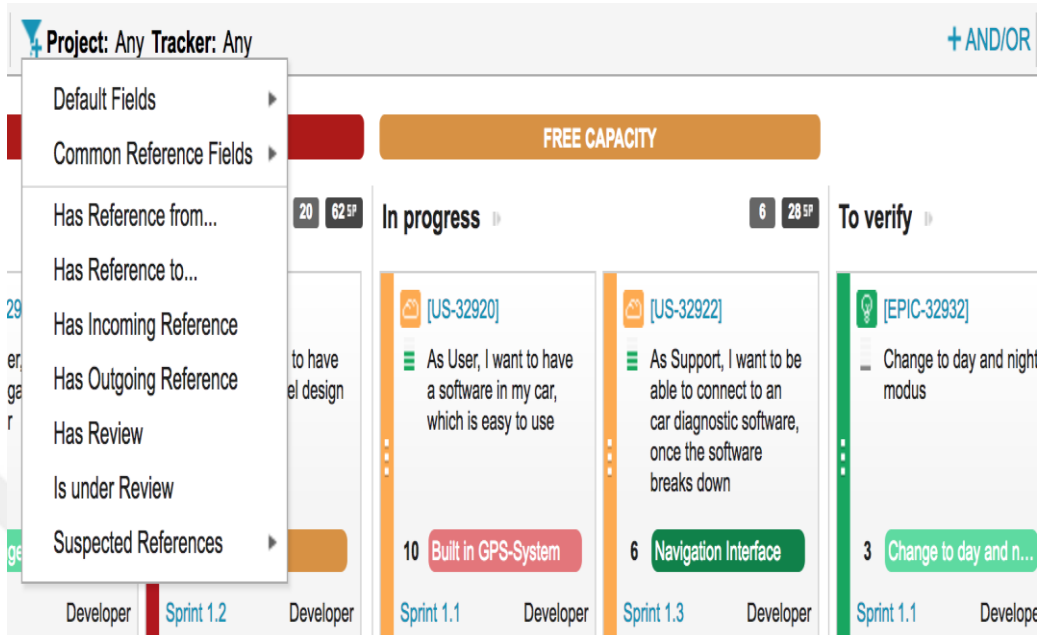
Cardboardlarla sorunları eşleştirme:

Cardboardlardan her zaman kaldırılamayacak dört sütun vardır: ToDo, InProgress, To Verify ve Done. Bir kartın hangi sütunda yer alacağı, sorunun durumuna bağlılık göstermektedir. Codebeamer, durumları sütunlara eşlemek için durum bayraklarını kullanmaktadır (Anonim, 2021).

Flag izleyicinin seçim listesi yapılandırma sayfasında değiştirilebilmektedir. İzleyicinin diğer menüsünde Customize (Özelleştir)'i seçilir, ardından Choice Lists (Seçim Listeleri) sekmesine tıklanır ve Status (Durum) seçilir. Her bir cardboard birkaç farklı izleyiciden kaynaklanan sorunları içerebilmektedir. Dolayısıyla, tüm benzer durumlar için eşlemeler değiştirilmek isteniyorsa, her bir izleyicideki seçim listesi yapılandırmasını değiştirmek gerekmektedir (Anonim, 2021).

Filtreler:

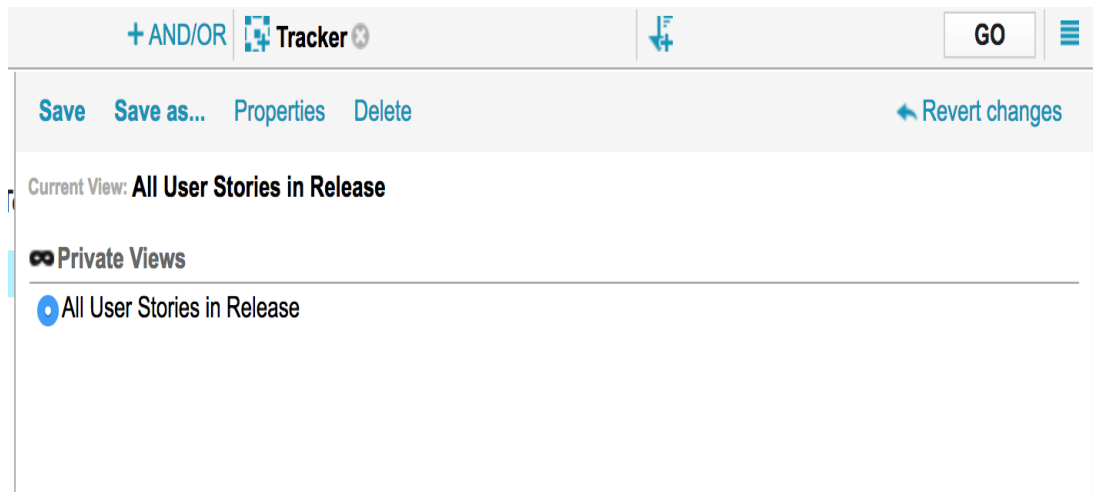
Kartlar, yeniden gönderme widget'ı kullanılarak filtrelenebilir (Anonim, 2021):



Şekil 4.8. Widget kullanımı (Anonim, 2021)

Şekil 4.8’de yer aldığı gibi bu filtreyi kullanarak birden fazla seçenek seçebilir ve karmaşık kriterler oluşturulabilmektedir. Raporlar sayfasındakiyle aynı filtre seçeneklerini kullanılabilir ancak sürüm kimliği her zaman sorguya eklenmektedir (Anonim, 2021).

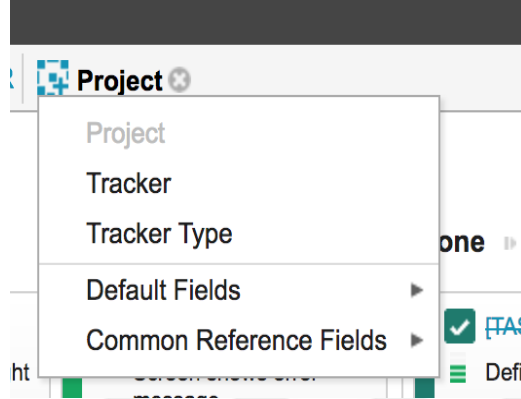
Şekil 4.9’da yer alan Hamburger simgesi(hamburger icon) kullanılarak önceden tanımlanmış raporlar kaydedilip ve yeniden kullanılabilir (Anonim, 2021):



Şekil 4.9. Hamburger icon (Anonim, 2021)

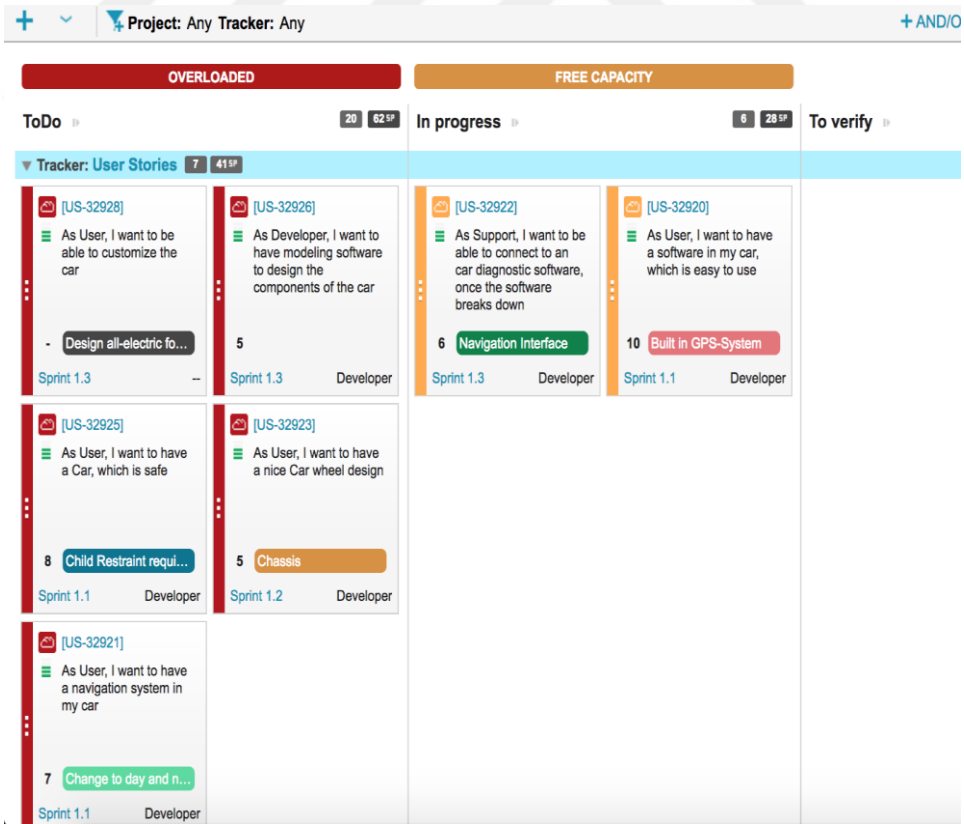
Gruplama kartları:

Şekil 4.10’da gösterildiği gibi simgeye göre grubu kullanarak kart çeşitli özelliklere göre gruplanabilmektedir (Anonim, 2021):



Şekil 4.10. Gruplama kartları (Anonim, 2021)

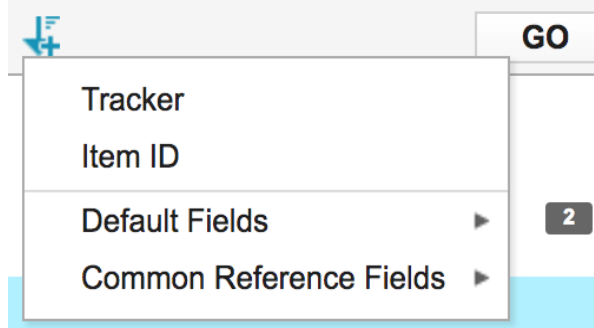
Şekil 4.11’de görüldüğü gibi bir seçenek belirdikten sonra sorunlar yatay gruplara yerleştirilir (Anonim, 2021):



Şekil 4.11. Grup başlığı, bu gruptaki kartların sayısını, hikaye puanlarının toplamını ve grup etiketi gösterimi (Anonim, 2021)

Kartlar gruplanmış olsa bile, sadece yatay olarak hareket ettirilebilir, yani gruplar arasında taşınmamaktadır (Anonim, 2021).

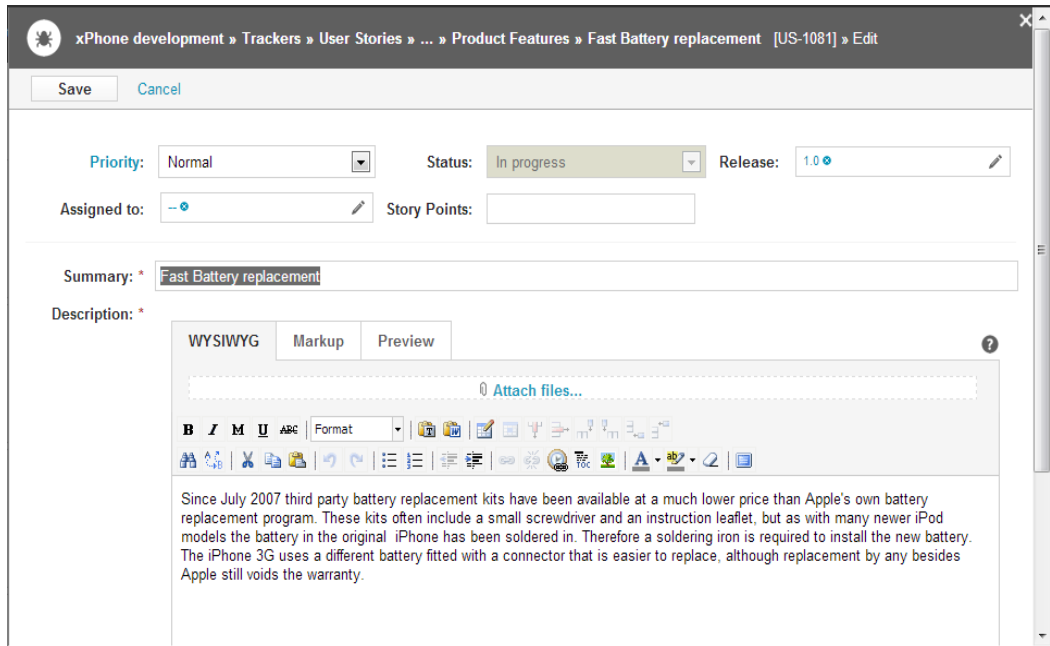
Kartların sırası:



Şekil 4.12. Simgeye göre sırayı kullanarak kartların sırasını (sütunları içinde) değiştirme (Anonim, 2021)

Cardboardların düzenlenmesi:

Sorunları doğrudan cardboardlar üzerinden güncelleme; Şekil 4.13'te gösterildiği gibi bir kartın sağ üst köşesindeki düzenle simgesine tıklamak, standart sayı düzenleyicisini bir katman içinde gösterecektir. Bu şekilde, kartondan ayrılmadan ve bağlamı kaybetmeden sorunu düzenleyebilmek mümkündür (Anonim, 2021).



Şekil 4.13. Sorunları doğrudan cardboardlar üzerinden güncelleme (Anonim, 2021)

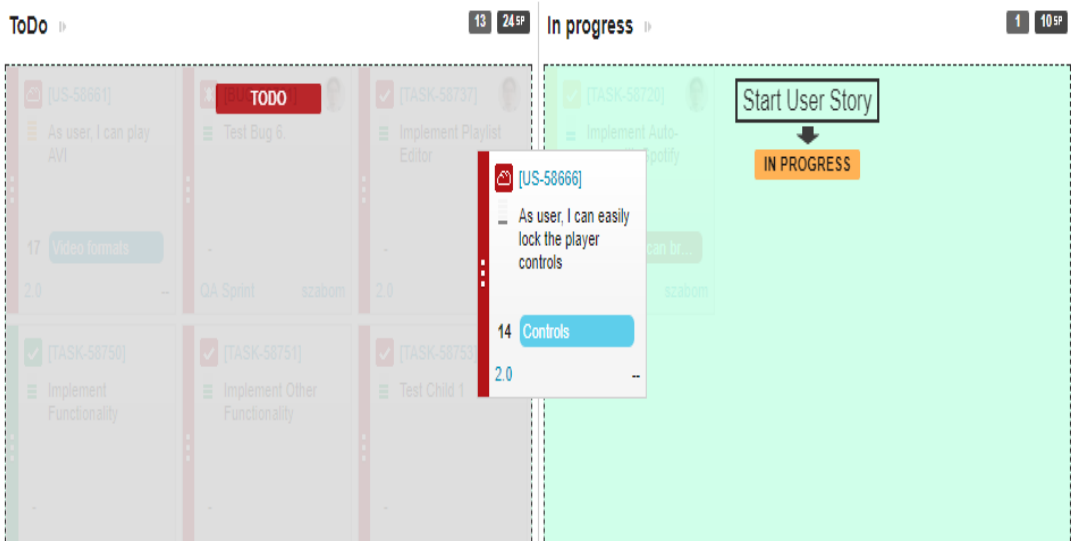
Bir sorunun durumunu değiştirmek için kartlar sütunlar arasında da taşınabilmektedir (Anonim, 2021).

Kartları sütunlar arasında taşıma:

Cardboardlar, kartların durumlarının güncellenmesinde çok faydalı olmaktadır. Bir sorunu güncellemek için bir kart alınması yeterlidir. Bırakılabilecek sütunlar yeşil renkte olup ve durumun adını göstermektedir (Anonim, 2021).

İş akışları ile:

Sürükletilen kartın izleyicisi iş akışlarını kullanıyorsa, şekil 4.14'te gösterildiği gibi kart için mevcut geçişler için sütunlar yeşil bir yer işaretlenir (Anonim, 2021):



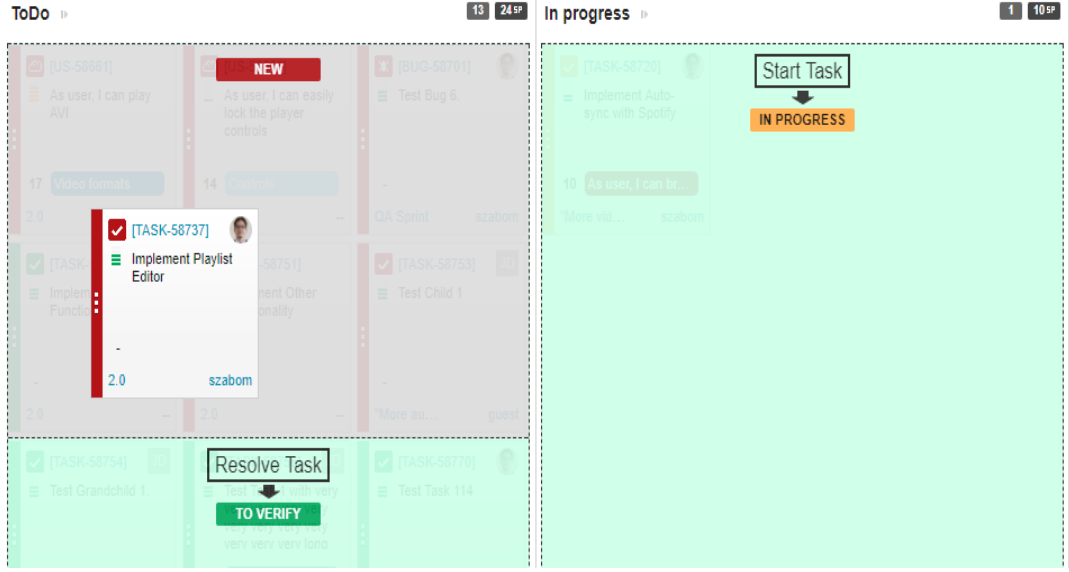
Şekil 4.14. Yer tutucular (Anonim, 2021)

Yer tutucular geçişin adını gösterir. Kartı yeşil alanlardan birine bırakmak durumunu güncelleyecektir (Anonim, 2021).

Hedef durumunda gerekli alanlar varsa, bıraktıktan sonra bu alanları ayarlayabilmek için bir sorun düzenleyici yerleşimi gösterilir (Anonim, 2021).

İş akışları olmadan:

Şekil 4.15'te görüldüğü gibi sürüklenen kartın izleyicisinde iş akışı etkin değilse, o izleyiciden eşlenen durumların bulunduğu sütunlara bırakılabilmektedir (Anonim, 2021).



Şekil 4.15. Yer tutucu bilgi ekranı (Anonim, 2021)

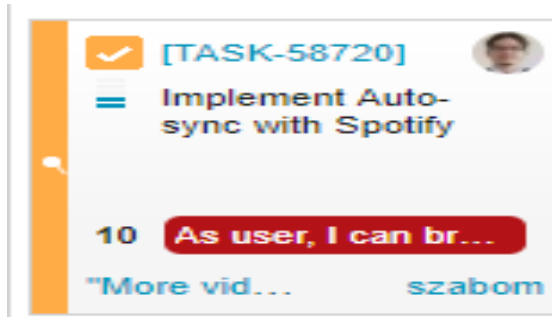
Şekil 4.15'te yer alan yeşil yer tutucular durumun adı hakkında bilgi vermektedir. Bir sütun birden çok yer tutucu içerebilmektedir. Gri alan, kartın orijinal durumunu göstermektedir (Anonim, 2021).

Cardboard erişim kontrolü:

Cardboard üzerindeki bir kartı hareket ettirememenin nedenleri:

- Sorunu hiç düzenleme izni yoksa: Bunu düzeltmek için izleyici ayarları değiştirilmeli,
- Kartın mevcut durumu için herhangi bir iş akışı geçişinin olmadığı durumlarda.

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi salt okunur kartlar küçük bir "pin (sabitleme)" simgesiyle işaretlenmiştir ve araç ipuçları, neden hareket ettirilemediğini açıklamaktadır (Anonim, 2021):



Şekil 4.16. Cardboard erişim kontrolü (Anonim, 2021)

Bir kart çıkartıldıktan sonra ne yapılması gerektiğinin önemsiz olmadığı başka bir durum daha vardır. Kartın izleyicisinde bazı zorunlu alanlar varsa, durumu güncellerken bunlar ayarlanmalıdır. Bu amaçla, bu tür kartları çıkardıktan sonra, tüm gerekli alanların doğru şekilde ayarlandığından emin olunmasını sağlayacak sorun düzenleyici bir pencere gelmektedir (Anonim, 2021).

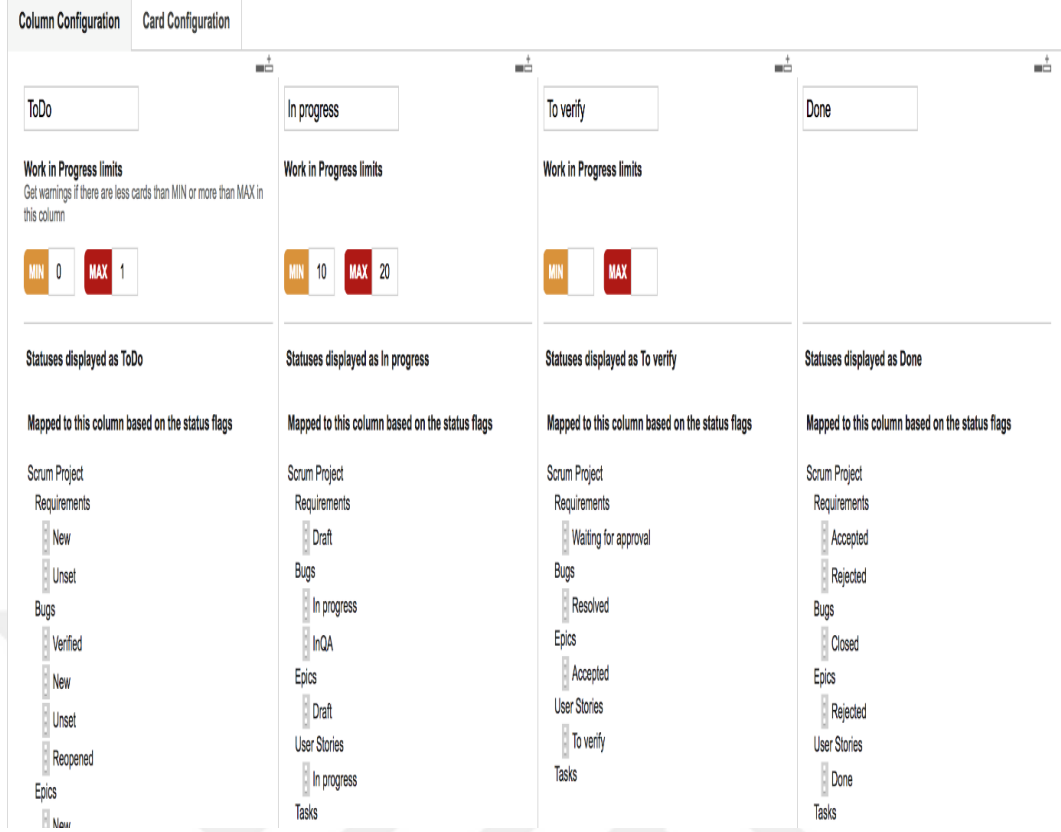
Cardboard yayılma durumu:

Cardboard görünümü, izleyicilerin durum alanında ayarlanan dağıtım ve toplama kurallarını işleyebilmektedir. Bu kurallar, bir sorunun durumunu güncelleştirmenin üst veya alt öğenin bazı etkileri olduğu anlamına gelir. Örneğın, recursively (yenilemeli) olarak closed (kapatma) kuralı uygulanırsa, bir konu kapatıldığında, tüm alt öğeler de yinelemeli olarak kapanır. Cardboard, bu tür bir durum yayılımını görsel hale getirir. Bir sorunu Done sütununa (kapalı duruma) bıraktıktan sonra, tüm alt öğeler onu takip edecek ve aynı sütuna taşınacaklardır (Anonim, 2021).

Cardboard yapılandırma:

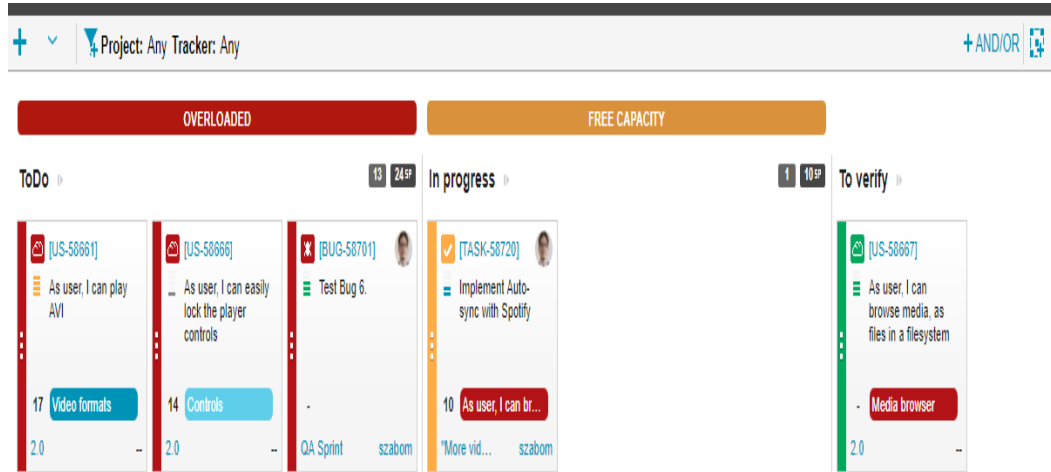
Şekil 4.17’de gösterildiğı gibi her cardboard için Work in Progress(Devam Eden Çalışma) değerleri ve sütun etiketleri yapılandırılabilir. Konfigürasyon sayfasına menüdeki Kanban Board Configuration(Kanban Kurulu Yapılandırması) öğesine tıklayarak ulaşılabilir (ancak bunu sadece Proje Yöneticileri kullanılabilir). Bu sayfada yapılan değışiklikler yalnızca mevcut Cardboard’u etkilemektedir (Anonim, 2021).

Cardboard yapılandırma sayfasının (Column Configuration(Sütun Yapılandırması)) ilk sekmesi, Cardboard’un kendisiyle aynı sütunları gösterir. Min/Max değerlerinin yapılandırılmadığı Done dışında her sütun çok benzerdir (Anonim, 2021).



Şekil 4.17. Cardboard yapılandırma sayfası (Anonim, 2021)

Her sütun için Work in Progress (Devam Eden Çalışma) en düşük ve maksimum değer olarak limitleri ayarlanabilmektedir. Cardboard üzerindeki bir sütunda minimumdan daha az veya maksimumdan daha fazla kart varsa, şekil 4.18'deki gibi uyarılar alınır (Anonim, 2021):



Şekil 4.18. Karton yapılandırma sayfası (Anonim, 2021)

Yapılandırma sayfasında bir alan boş bırakılırsa, o sütun içinde bir sınır olmadığı anlamına gelmektedir (Anonim, 2021).

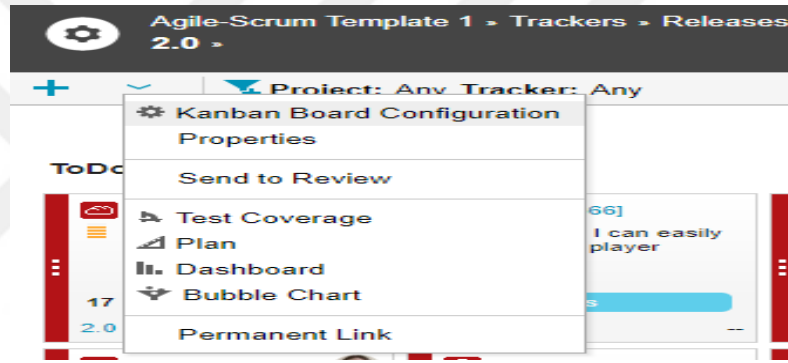


Sütun etiketleri de yapılandırılabilir, cardboard burada belirttiği gibi sütun adlarını kullanır (Anonim, 2021).

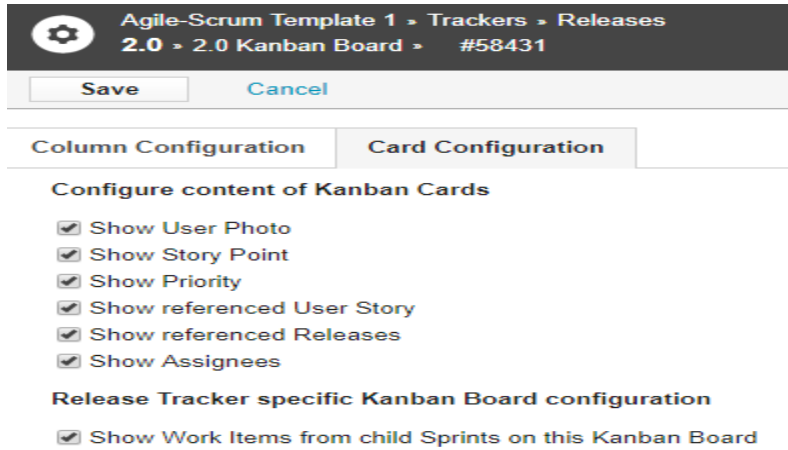
Üçüncü bir yapılandırma seçeneği, alt sprintlerden ekran kartları olarak etiketlenebilmektedir. Bu, varsayılan olarak kontrol edilmektedir. Bu, sadece sürüme bağlı öğelerin cardboard'ta değil biriyle bağlantılı tüm konuların da gösterileceği anlamına gelmektedir. Kutunun işaretini kaldırmak bunu devre dışı bırakılabilmektedir (Anonim, 2021).

Her sütunda, o sütuna eşlenmiş izleyici durumlarının bir listesi vardır. Bu eşlemeler izleyicilerin yapılandırma sayfalarında değiştirilebilir (Anonim, 2021).

Şekil 4.19'da görüldüğü gibi kartlarda gösterilen bilgiler Kanban Board Configuration menüsünden yapılandırılmaktadır (Anonim, 2021):



Şekil 4.19. Kanban board configuration menüsü (Anonim, 2021)



Şekil 4.20. Kartların farklı bölümlerini etkinleştirmek/devre dışı bırakma gösterimi (Anonim, 2021)

Şekil 4.20'de kanban kartlarının etkinleştirme ve devre dışı bırakma özelliği gösterilmektedir.

### 4.3. Uygulamalardan Elde Edilen Bulgular

Elde edilen bilgiler ışığında Hyperledger blok zinciri platformu endüstriyel olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Hyperledger, endüstriyel alanda kullanılmak üzere açık kaynaklı blok zincirleri ve ilgili uygulamaları oluşturmak için gerekli çerçeveyi, standartları, yönergeleri ve araçları sunan bir kurumsal blok zinciri projesidir.

Bu platform altında amaçlarında göre 12 proje yer almaktadır. Hyperledger blok zinciri platformlarının PoW ve PoS gibi doğrulama mekanizmalarına ihtiyaçları bulunur ve bu mekanizmalar sayesinde firmaların güvenlik zafiyetlerinin kapatılmasını sağlamaktadır. Doğrulama işlemlerinin gerçekleşmesini sağlayarak firmaların ağ kullanıcıları tarafından karşılıklı doğrulama yapıldığı için kuruluşlarda gerçekleşebilecek her türlü hilenin önüne geçilmesi sağlanmış olacaktır.

12 projeden oluşan Hyperledger platformu sayesinde firmalar arasında birçok kolaylık sağlaması beklendiği tespit edilmiştir. Bu projelerin firma yararları; Hyperledger Fabric firma çalışanlarından ağa katılımına izin verilen katılımcıların sadece müdahale edebilmesine olanak tanıdığından dolayı firmalardaki veri güvenliği sağlanmış olup aynı zamanda yapılan tüm işlemler kriptolu olduğundan tüm veriler tüm kullanıcılar tarafından görüntülenemez, Hyperledger Sawtooth yararları bakımından Fabric'e benzese de ikisi arasındaki temel fark Sawtooth'un hem izinli hem de izinsiz olarak blok zinciri geliştirme imkanının olması bu sayede tüm katılımcılar ağdaki işlemleri görebilir, Hyperledger Iroha bilgi ve dijital kimlik yönetimi konusunda, Hyperledger Burrow proje kullanıcılar hız ve kolaylık sağladığından yazılımcılara zaman kazandırmakta olup bu sayede firmaların gelişiminin sürdürülebilir olmasını amaçlar, Hyperledger Indy firmalardaki kimlik güvenliğinde kullanılması dışında kimlik bilgilerinin verilerinin depolanması hakkında, Hyperledger Cello blok zincirinde gerekli işlemlerde eğer birden fazla ağ oluşturulması gerekebilir bu durumlarda ağları yönetmek zor olacağı için Cello bu zorlukları azaltmayı sağlar, Hyperledger Composer geliştirme süreçlerini hızlandırarak firmalar için projelerin daha kısa süre tamamlanmasına olanak tanıyarak firmalarda karlılığın artmasını sağlar, Hyperledger Explorer, Hyperledger Quilt, Hyperledger Caliper Performans ölçümü için kullandığı belli başlı metrikler var. Bu metrikler başarı oranı, işlem ve okuma hacmi, işlem ve okuma gecikmesi, kaynak tüketimi; Hyperledger Ursa, Hyperledger Grid tedarik zinciri çözümleri için oldukça tercih edilen bir proje olmaktadır.

Hyperledger platformu blok zincirinin firmalar tarafından en çok tercih edilme nedeni olan veri güvenliğinde büyük rol oynamasıdır. Firmalarda tüm önemli verilerini sanala aktarıldığından ve günümüzde veri korsanları olarak tabir edilen bir tehlikenin olduğu dönemde blok zinciri uygulamaları veri güvenliği konusunda fayda sağlamaktadır.

Bu konuda öncü firmalardan biri olan IBM, geliştirdiği IBM Food Trust uygulaması ile blok zincirinin ne derece önem arz ettiğini kanıtlamıştır. 2017 yılında Juniper Research'ün gerçekleştirdiği anket çalışmasında katılımcıların yüzde 40'i IBM'i, blok zinciri teknolojisini kullanmayı düşünen veya devreye alma sürecinde olan işletmeler tarafından ilk sırada yer almıştır. Anket çalışmasında ayrıca ilk blok zinciri örneklerinin yatırımcıları teşvik ettiği söylenebilir.

Blok zincirine yatırım düzeylerini belirtmeye hazır olan katılımcılar arasında, üçte ikisinden fazlasının (%67) 2016 yılı sonuna kadar 100.000 dolardan fazla yatırım yaptıklarını belirtirken, bu şirketlerin %91'i şu anda harcama yapacaklarını söylemişlerdir. 2017 yılında şirketler için öncü olan IBM şu an birçok şirketin blok zincirine ve dijital dönüşüme adım atmasını sağladığı görülmektedir.

IBM'in liderlik açısından diğerlerine oranla farkı:

- Hyperledger gibi girişimlerle yüksek profilli Ar-Ge katılımı.
- Çeşitli sektörlerdeki gerçek blok zinciri müşterilerinin büyük bir listesi ve bankacılık, varlık takibi ve müzik endüstrisi gibi kullanım durumları yer almaktadır.

Düşük kodlu platformlardan olan ALM araçları, yazılım geliştirme yaşam döngüsündeki çeşitli görevleri yönetmek için kullanılmaktadır. Yukarıda kullandığımız düşük kod platformu olan codeBeamer ALM platformunda scrum ve kanban kartlarının işleyişi, çalışma şekli açıklanmıştır. CodeBeamer'da cardboard kanban panosunu oluşturulması sayesinde iş akışlarında kolaylıkla değişiklikliğe gidilebilmesi sağlanır. Programın firmalardaki kullanıcılara;

- Codebeamer en çok kullanılan iki çevik metodoloji olan Scrum ve Kanbanı içermekte olup çalışanların iş süreçlerini kolaylaştıran birçok özellik barındırmaktadır.
- Sprintler sayesinde müşterilerin çevrimiçi hale getirilme sürecini hızlandırmak ve kolaylaştırmaktadır. Bu sayede maliyetlerinde düşürülmesi sağlanmaktadır. Sprintler

müşteri sağlama, fiyat teklifi oluşturma ve faturalandırma gibi uzun süreli süreçlerin izlenmesini sağlayarak kullanıcıların takibini rahatlıkla yapabilmelerine olanak sağlamaktadır.

- Codebeamer iş yığınlarında(backlog) firmalarda ürün belirsizlikleri olacağı için kullanıcılara üç farklı seçenek sunmaktadır. Bu sayede kullanıcıların iş akışlarında fazla takılmadan hareket edebilmelerine olanak sağlamaktadır. Firmalar için iş operasyonlarının sorunsuz ve çabuk şekilde yapılması hem zamandan hemde maliyetten avantaj sağlayacaktır.
- Codebeamer ALM müşteri, süreç takibi yapılmasına olanak sağlayarak iş akışı çerçevelerinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.
- Codebeamer ALM'nın öne çıkan özellikleri, ürün biriktirme planı, sprint planı, yayın biriktirme planı, günlük sprint toplantıları ve görev güncellemeleri için kanban ve mevcut proje durumlarını güncellemek için gerçek zamanlı tablolar ve grafikler en önemli yanlarını oluşturmaktadır. Ürün geliştiricilerin devops yaşam döngüsü boyunca süreçleri kolaylaştırmasına olanak tanımaktadır.

CodeBeamer ALM'de yazılım geliştirme süreci yaşam döngüsüne tamamen entegre edildiği zaman firma çalışanları için görevler, kaynak kodu, test senaryoları ve sürümler arasında eksiksiz izlenebilirlik sağlanmasına yardımcı olmaktadır. CodeBeamer ALM platformu kanban gibi firmaların iş akışı dahili süreçlerine uyacak bir şekilde esnek bir yapıya sahip olduğu sonucu çıkarılmaktadır. CodeBeamer yukarıda da açıkladığımız gibi içersinde birçok fonksiyonu barındırmaktadır. Bu sayede firmaların özellikle tedarik zinciri konusunda karmaşık olan iş akışlarının rahatlıkla oluşturulabilmesine olanak sağladığı görülmektedir.

CodeBeamer ALM firmaların değişiklik taleplerinde Kanban panoları ve yayın istatistikleri ile iş atamasının ve ilerlemesinin görselleştirebilmelerini kolaylıkla gerçekleştirebilmelerine yardımcı olur. CodeBeamer ALM, ürün geliştirme süreçlerini basit bir şekilde düzenleyebilme ve otomatikleştirebilme, maliyetleri düşürebilme ve güvenlik açısından kritik öneme sahip olan uyumluluğu sürdürürken ürün kalitesinin artmasına olanak tanır. Kullanılabileceği başlıca alanlar arasında teknoloji ve yazılım geliştirme, otomasyon ve imalat endüstrisi yer almaktadır.

CodeBeamer ALM platformu gıda tedarikinde kullanılabilir bir programdır. Firmaların codeBeamer gibi düşük kodlu platformları seçerken önceliklerinin kullanım için firmalarına uygun olup olmadığına bakmaları gerekmektedir. Yanlış seçilen platformlar boşa zaman ve maliyete neden olduğundan dolayı firmalar platform seçimlerinden önce bir ön hazırlık yapmaları gerekir. Bu hazırlıklara 3.3.4. bölümde daha ayrıntılı olarak değinilmiştir.

Endüstri 4.0 bileşenlerinden bir olan Nesnelerin İnterneti firmalardan ve müşterilerden fiziksel ve sanal dünyayı birbirine bağlamaktadır. IoT teknolojisinde de veri önemli olduğundan veri güvenliğinde devreye blok zinciri girmektedir. Blok zincirinde her yeni bloktaki verilerden önce bir önceki bloktaki bilgilerin bilinmesi gerekmektedir çünkü yeni bloklar bir önceki bloktaki bilgilere göre oluşturulmaktadır. İşte bu çalışma mantığı sayesinde veri güvenliği sağlanabilmektedir.

Blok zinciri uygulamaları veri güvenliğini sağladığı gibi verilerin transferlerinin de hızlı yapılmasına yardımcı olmaktadır. Veri transferlerinin hızlı olması en çok tedarik zinciri konusunda yarar sağlamaktadır. Tedarik zincirinde en çok karşılaşılan sorunlardan biri olan gıdaların bozulmasını akıllı sözleşmeler sayesinde anlaşılabilir olacaktır. Akıllı sözleşmeler ile RFID etiketleri ile ortam sıcaklığını ölçebilen sensörler sayesinde gıdanın bozulup bozulmadığının takibi yapılarak gıda güvenliği ve ortamdaki bulunan faktörlerin kontrolü sağlanabilmektedir. Blok zincirinde bulunan akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi ile finans ve hukuki konularda anlaşmazlıkların önüne geçmesini sağlayacaktır. Ayrıca kişiler ve kurumlar arasında üçüncü kişiye gerek kalmayacaktır ve güven artık sorun olmayacaktır.

Geliştirilen bu projeler endüstride pek çok alanda kullanılmaktadır. Firmalar blok zincirinde kullanacakları projeleri ihtiyaçlarına göre belirlemelidirler. Her teknoloji gibi Hyperledger'in de ihtiyaçlar doğrultusunda uygun projelerinin seçilmesi ve gerekirse ek uygulama desteklerinin alınmasıyla endüstride doğru kullanımında yarar sağlanabileceği unutulmamalıdır.

Genel olarak firmalar güven problemi ile karşılaştığından blok zinciri platformları şifreli algoritmalar sayesinde güven sağlamaktadır. Hyperledger platformunu firma yöneticilerinin en çok tercih etme nedenlerinden biri de işletmelerin blok zincirinde kendi özel blok zinciri ağlarını oluşturabilmeleridir. Yukarıda sektör olarak ele aldığımız gıda alanında Hyperledger platformu kullanılarak birçok sorunun çözülmesi sağlanmıştır. Özellikle tedarik zinciri sorunlarının çok olduğu gıda sektöründe Hyperledger platformunda IBM Food

Trust projesi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu proje ile ürün takibinin ilk andan son ana kadar yapılması sağlanmış olup birçok başka sektörlerde de bu uygulama kullanılabilir olmuştur.

Araştırma ve uygulamalardaki bulgular bu kısımda karşılaştırılarak incelenmiştir daha sonra sonuç ve önerilerde çalışmalardaki eksiklikler, kullanılan gereksiz kısımlar, firma çalışanları ve yöneticilerin beklentilerindeki hatalar ve bazı sektörler için öneriler derlenerek açıklanmıştır.

Düşük kodlu platformlardan Endüstri 4.0 teknolojilerinde yararlanılmasıyla ilgili yapılan uygulama ve saha araştırmaları karşılaştırıldığında: Uygulama olarak geliştirilen AntTail, ilaç sektöründe tedarik zincirinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Geliştirilen bu proje ile hem ilaçların durumu hem de hastaların takibi gerçekleştirilmiştir. Yajing Luo ve arkadaşlarının yapmış olduğu anket çalışmasında da tedarik zinciri ve lojistikte bu katkıların beklendiği söylenmiştir ve AntTail'in geliştirdiği uygulama da elde edilen %98 başarı oranı bu beklentilerin gerçekleştiğini kanıtlamıştır. Elde edilen müşteri memnuniyeti de dile getirilmiştir. AntTail uygulaması anket çalışmasında da beklentilerden biri olan maliyetlerin azalmasına katkı sağladığını ve beklentileri karşıladığı görülmüştür.

Endüstri 4.0 ile blok zinciri teknolojisinin birlikte kullanımında saha araştırmasında bu iki teknolojiden tedarik zinciri ve lojistik alanlarında kullanılabileceği hakkında fikirler söylenmiştir. Niels Hackius, Moritz Petersen'in ile Tanweer Alam yapmış oldukları anket çalışmalarında beklentileri arasında olan tedarik zincirinde kullanımı uygulama olarak ADL'yi geliştiren Prince Waqas Khan vd.'in yaptığı et üretiminde tedarik zincirinde kullanılarak sağladığı yarar kanıtlanmıştır. Hem saha araştırmasında hem de uygulama kısmında bu iki teknolojinin entegrasyonu konusunda çekinceler olduğu görülmektedir. En önemli sorunun gerekli eğitimin sağlanamaması olduğunu iki çalışmada söylenmiştir. Saha araştırmasında firma çalışanlarının da söylediği gibi bu iki teknoloji dışında başka teknolojilere ihtiyaç duyulduğu uygulama çalışmasında ADL (derin öğrenme teknikleri) den yararlanılarak bir sorun ile karşılaşıldığında analiz edip, üreticilerin bilinçli kararlar almasına yardımcı olduğu söylenmiş olup saha araştırmasında kanıtlamaktadır. Saha araştırmasındaki gibi uygulamada güven sorununa değinilmiştir. Blok zinciri her ne kadar kimlik doğrulama konusunda güven sağlamak istese de hala veri güvenliğinden endişe duyulmaktadır.

Düşük kodlu platformlardan blok zinciri teknolojilerinde yararlanılmasıyla ilgili yapılan uygulama ve saha araştırmaları karşılaştırıldığında: Saha araştırmasında blok zinciri

teknolojisinin düşük kodlu platformlar ile şirketlerin kendi ağlarını kurabilmeleri beklentiler arasında olmuştur. Uygulama SLINGR.io düşük kodlu platformu ile geliştirilmiş blok zinciri ağı ele alınmıştır. Bu uygulamada meta veriler sayesinde bir blok zinciri kurulduğu aktarılmıştır ve blok zincirinde kullanılmasında beklentileri karşıladığı görülmüştür. Ayrıca beklentiler arasında olan iş süreçlerinde kullanımı ile vatandaş geliştiricilerden uygulamaya katkı sağlamaları beklentiler arasında olmuştur ve bu uygulamada da beklentilerin karşılandığı kanıtlanmıştır.

Diğer bir uygulamada düşük kodlu platformun blok zinciri ile tedarik zinciri üzerine bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamada istenilen elde edinilse de düşük kodlu platformların geliştiriciler tarafından kodlara erişimin mümkün olmaması eksiklik olarak gösterilmiştir. Geliştiricilerin beklentileri arasında platformların her bir işleyişinde kodları görebilmek yer almaktadır. Geliştiriciler kodlara müdahalede bulunamamasının düşük kodlu platformlarda uygulama geliştirirken veya bir işlem yapıldığında geri dönülmesinin zor olduğunu, bu yüzden uygulama seçerken kodlara erişimin açık olduğu platformların seçilmesinin daha avantaj sağlayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Tedarik zinciri konusunda beklentileri karşılasa da geliştiriciler açısından düşük kodlu platformlara hala bir güvensizlik olduğu görülmektedir.

İncelediğimiz teknolojilere genellikle çalışanlar karşı çıkmaktadır. Bunun önüne geçmek için firmaların çalışanlar ile seminerler düzenlemesi önerilebilir. Daha önce bu teknolojileri kullanmış çalışanlar firmalara dahil edilerek hem diğer çalışanların bu teknolojilere daha kolay adapte olmaları ve akıllarındaki soru işaretlerini de gidermeleri sağlanabilir. Endüstri 4.0, blok zinciri ve düşük kodlu platformların firmalara adapte etmek iyi sonuçlar getirir ancak her teknoloji gibi bu teknolojilerinde getirdiği sorunlar unutulmamalı ve firmalar karşılarına çıkabilecek sorunlar için önlemlerini alarak bilinçli şekilde bu teknolojileri entegre etmeleri gerektiğini unutmamalıdır.

Şirketler maliyet konusunda her teknolojiye yaklaşırken tereddüt içinde olmuşlardır. Yeni çıkan ve gelişmekte olan her teknolojiye karşı beklentilerinin boşa çıkma ihtimalinden dolayı yeniliklerden kaçmaktadırlar. Firmalar mevcut çalışan kültürlerini yeni teknolojilerden dolayı değiştirmek zorunda kalacaklardır. Bu sebepten çalışanların bu duruma karşı çıkmalarından ya da hevesli olmamalarından dolayı firma yöneticilerinin aklında dijital dönüşümü dahil etme konusunda hala kuşkuları bulunmaktadır.

Blokszincir teknolojisi karmaşık bir yapıya sahiptir. Özellikle sıfırdan bir blok zinciri ağı oluşturulması gerektiğinde çalışanların yeterli derecede geliştirmeye yönelik bilgileri olmadığı durumlarda düşük kodlu geliştirme platformları devreye girerek bu açığı kapanacaktır. Kodsuz/Düşük kodlu geliştirme platformları geliştirici olmayan geliştiricilerin de sahaya katılarak fayda sağlanmasını sağlar.

Düşük kodlu platformlarda firma yöneticileri kodlama bilgisi olmayan çalışanlarından geliştirmeye yönelik beklenti içerisindeyler. Firma yöneticilerinin bu beklentileri çalışanlarından alabilmesi için eğitime ihtiyaçları olduğunun farkında olmaları gerekmektedir. Düşük kodlu platformlarda sürükle bırak ve tıklayarak gerçekleştirilen işlemler hem firmalara hem de firma çalışanlarına güvenilir bir ağ ve sürdürülebilir bir zemin oluşturabilmelerini sağlayacaktır. Düşük kodlu platformlar uygulama oluşturma sürecini kolaylaştırmak ve kullanıma hazır olarak ve üçüncü taraf yazılımlara bağımlı olmaması için kodlama düzeyini en aza indiren iş uygulamalarını tasarlamak, oluşturmak, özelleştirmek ve dağıtmak gibi şirketlere önemli avantaj getirmektedir. Düşük kodlu platformların kullanımıyla Endüstri 4.0 ve blok zincirinde firmaların daha hızlı adapte olmalarına, bu sayede yeni teknolojiler benimsemeleri konusunda güven kazanmalarını sağlamış olacaktır. Düşük kodlu platform yetenekleriyle diğer dijital dönüşüm teknolojilerinin daha hızla oluşturulabilmesi ve kontrol edilebilmesi sağlanabilecektir.

Dijital dönüşüm yeni iş süreçleri de getirmektedir. Covid-19 gibi olağan üstü durumlarda endüstride üretim etkilenmekte, bu da sorunlarla başa çıkmak için yeni yollar aranmasına neden olur. Bu noktada iş süreçlerini yönetebilmek için dijital dönüşüme geçişi sağlar.

Dijitalleşme, mevcut iş süreçlerini değiştirmek için BT veya dijital teknolojilerin nasıl kullanılabileceğini açıklamaktadır. Örneğin, tüm müşterilerin firmalarla kolayca bağlantı kurmasını sağlayan ve geleneksel firma-müşteri etkileşimlerini değiştiren yeni çevrimiçi veya mobil iletişim kanallarının oluşturulması. Böyle bir değişim genellikle dijital teknolojiler olmadan mümkün olmayan yeni sosyoteknik yapıların dijital eserlerle düzenlenmesini içerir. Dijitalleşmede BT, iletişim gibi mevcut iş süreçlerini değiştirerek yeni iş olanaklarını yakalamada önemli bir olanak sağlamaktadır. Dijitalleşme yoluyla firmalar, süreçler arasında daha verimli bir koordinasyona izin vererek ve/veya kullanıcı deneyimlerini geliştirerek ek müşteri değeri yaratıp, mevcut iş süreçlerini optimize etmek için dijital teknolojileri uygulamaktadırlar. Dolayısıyla dijitalleşme sadece maliyet tasarrufuna odaklanmakla



kalmıyor, aynı zamanda müşteri deneyimlerini iyileştirebilecek süreç iyileştirmelerini de içermektedir.

Başarılı dijital dönüşüm, stratejiye en uygun şekilde iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması ve optimizasyonu ile iş birliği içersindedir. Kurumlarda iş süreçlerinin dönüşümü, Ar-Ge (Araştırma-Geliştirme), üretim ve dağıtım süreçlerinin otomasyonunu kapsamaktadır. Dijital teknolojiler aynı zamanda insanların farklı fonksiyonel alanlarda farklı seviyelerde çalışabilme kapasitelerini fark etmelerini de sağlamaktadır. Dijital dönüşüm ile birlikte yeni iş süreçleri geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan hibrit çalışmanın yaygınlaşmasıyla birlikte çalışma yöntemlerini ve iş süreçlerini iyileştirmek çoğu şirket için bir öncelik haline gelmiştir. Çalışanların evlerinde artan mesafeli çalışma, gerçek müşteri ilişkileri verilerine dayalı karar verme, farklı üretim birimlerinde üretimin mevcudiyeti konusunda karar verme sürecini hızlandırmaya yardımcı olmaktadır.

Dijital dönüşümde etkilenen bir diğer iş süreci ise tedarik zinciri olup tedarik zincirini iyi yöneten şirketler; dağıtımda performans, zamanında teslimat, esneklik, maliyet azaltma, risk yönetimi, sürdürülebilirlik, otomasyon ve izlenebilirlik gibi ana konulara odaklanmaktadır. Dijital dönüşümde tedarik zincirindeki yeni trendleri, yeniden yapılanma, süreçleri yalınlaştırma, hizmetleri çeşitlendirme, bilgi teknolojileri, sürdürülebilirlik, esneklik ve risk yönetimi olarak sıralanmaktadır (Anonim, t.y.).

Akıllı dijital tedarik zincirini gerekli kılmak ve etkinleştirmek üzere pazar da ve üretim tarafında birleştirmiştir. Akıllı dijital tedarik zinciri, işletmelerin yeni ürünleri hızlı bir şekilde değerlendirmesine ve tercih edilen tedarik zinciri stratejilerine göre hizalamasına, ürün yaşam döngüsünün başlarında riskleri tespit edip hafifletmesi ile birlikte daha istikrarlı ve güvenilir bir tedarik hattı sağlamak için kullanım ömrü sonu bileşenlerini belirlemesine olanak tanır. En önemlisi, işletmelerin geniş ve değişen müşteri taleplerine hızlı ve doğru bir şekilde yanıt vermelerini sağlayarak daha rekabetçi hale getirecektir (Anonim, t.y.).

RFID, GPS ve kablosuz olarak ağa bağlı gömülü sensörler artık toplu olarak dünyanın her köşesinden tedarik taraflı veriler üretebilir ve bu verileri tasarımdan üretime ve ötesine kadar süreçteki her paydaşa Bulut aracılığıyla gerçek zamanlı olarak aktarabilir olacaktır. Algoritmalar ve buluşsal yöntemler tedarikçilerden, üreticilerden, perakendecilerden ve diğer ortaklardan gelen veri topluluğu sayesinde ortaya çıkan eğilimleri proaktif olarak belirleyebilirse, lojistiğin potansiyel faydasını görmüş olacaktır (Anonim, t.y.).

Akıllı dijital tedarik zincirinin operasyonel hedefi dinamik bir dijital ekonomiye ayak uydurmaksa; işlevsel hedefi envanter, lojistik ve tedarikçiler arasında gerçek zamanlı, uçtan uca eyleme geçirilebilir görünürlük getirmektir. Eyleme geçirilebilirlik analitikle birleştiğinde veriye dayalı karar vermeye, daha iyi hesap verebilirliğe ve karmaşıklığı benimsemek için daha karmaşık araçların kullanımına izin vermektedir (Anonim, t.y.). Tedarik zincirinde geliştirilmiş talep odaklı tedarik zinciri yönetimi, dijital iş parçacığı, entegre değer zinciri diğer yenilikler arasında yer almaktadır. Üretim sektöründeki yeni teknolojilerin ana uygulamalarından bazıları; gerçek zamanlı sipariş takibi ve tedarikçi lojistiği, sanal geliştirme sistemleri, makineden makineye (M2M) iletişim, müşteri yaşam döngüsü izleme ve yönetimi ve yapay zeka destekli iş süreci otomasyonudur (NU. CEPAL, 2021).

Çizelge 4.7’de üretim sektöründe geliştirilmiş iş süreçleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Üretim sektöründe geliştirilmiş iş süreçleri (NU. CEPAL, 2021)

<b>Tasarım Araştırması, Gelişim ve Yenilik</b>	<b>Tedarik ve Girdiler</b>	<b>Üretim ve Operasyonel Yönetme</b>	<b>Dağıtım ve Lojistik</b>
<b>Prototip tasarımı, ürün geliştirme ve talep planlaması</b>	<b>Üretim girdilerinin edinilmesi, ekipman ve ambalaj</b>	<b>Ürün parçalarının montajı ve gerekli onarım ve bakım</b>	<b>Depolama, dağıtım ve paketleme</b>
Sanal gerçeklik veya artırılmış gerçeklik simülasyonları kullanan ürün tasarımı.	Sanal gerçeklik simülasyonlarını kullanan sanal paketleme.	Otomatikleştirmek için robot kullanımı üretim süreçleri.	Otonom kamyonlar rotaları optimize edebilir ve kazaları en aza indirebilir.
Prototipleri hızlı bir şekilde geliştirmek için baskının kullanılması.	Robotik süreç otomasyonunu 3D kullanarak siparişlerin otomasyonu.	Kişiyeye özel 3d baskı bileşen ve yedek parçaları.	
	Girdi tedariki için çevrimiçi ticaret platformları.	Akıllı makineden makineye kullanımı montaj işlemlerinin otomatikleştirme ve optimizasyon etmek için ağlar.	

Çizelge 4.7. Üretim sektöründe geliştirilmiş iş süreçleri (devamı)

Nesnelerin İnterneti sistemlerini kullanarak akıllı envanter yönetimi ile istekleri gerçek zamanlı olarak yönetin.	Montaj boyunca çalışanlara rehberlik etmek ve zincirdeki hataları en aza indirmek için akıllı gözlük kullanımı.
	Sanal gerçeklik simülatörleri personeli eğitmek ve üretim hatalarını en aza indirmek.

İş süreçlerinde, mevcut iş süreçlerini değiştirmek ve müşteri deneyimi konusunda yapılacak olan çalışmalar işletmelerin dijital dönüşümden daha fazla faydalanmasını sağlayacaktır.

Dijital dönüşüm ile birlikte iş süreçlerinin de değişmesiyle firmalarında çalışan profili ve iş kolları da değişmiştir. Prestijli ABD teknoloji dergisi CIO tarafından yayınlanan bir sıralamaya göre, dijital dönüşüme geçiş yapan firmalarda şu anda talep gören beş iş sahası (Anonim, t.y.);

#### 1. Yapay Zeka Mimarı (IA)

Önümüzdeki birkaç yıl içinde hem işletmelerde hem de tüketicilerin günlük yaşamlarında yapay zeka çok önemli yer kaplayacaktır. Bu nedenle şirketler, yapay zeka destekli ürün ve hizmetlere yönelik talebi karşılamak için donanımlı elemanlar aramaktadırlar. Adayların, yapay zeka entegrasyonu için makine öğrenimi deneyimine ve veri analitiği veya doğal dil işleme bilgilerine dayanmaktadır (Anonim, t.y.).

#### 2. İş Zekası Analisti (BI)

Şirketler veri toplamaktan veriyi anlamaya doğru ilerlerken bunu nasıl yapacağını bilen çalışanlara ihtiyaçları vardır. İş, bir şirket tarafından karar vermek için toplanan verileri analiz etmeyi ve yeni çözümler geliştirmeyi içerir. İş zekası analistlerinin veri tabanları, analitik araçlar ve rapor üretimi konusunda deneyime ihtiyaçları vardır (Anonim, t.y.).

### 3. Bulut Mimarı

Bu çalışanlar, bir şirketin bulut bilişim stratejisini denetler ve bulut tabanlı uygulamaları uygular, yönetir ve destekler. Bu nedenle sunucular, depolama platformları, bağlantı ve yazılımla ilgili her şeyden sorumludurlar. Bu, çeşitli işletim sistemlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasının yanı sıra ağ oluşturma, programlama ve güvenlik konusunda uzmanlık gerektirir (Anonim, t.y.).

### 4. Veri Uzmanı

Şirketler her zamankinden daha fazla veri depoladıkları için veri uzmanları büyük talep görmektedir. Görevleri hem yapılandırılmış hem de yapılandırılmamış derlenmiş verileri sınıflandırmak ve analiz etmektir. BT diplomasının yanı sıra işverenler, veri analizi ve programlama konusunda deneyime sahibi olması gerekmektedir. Bu çalışanların ayrıca şirketi riske atmadan değerli verileri kullanma becerisine sahip olmaları gerekmektedir (Anonim, t.y.).

### 5. Web Geliştiricisi

Web geliştiricileri, yazılım sistemlerini tasarlar, geliştirir, kurar, test eder ve bakımını yapma görevindedirler. Çalışma, C#, C ++, HTML, Java, Microsoft.NET ve SQL Server gibi birden çok programlama dili ile çalışarak web siteleri veya mobil uygulamalar kodlamayı, tasarlamayı ve oluşturmayı içermektedir. Ayrıca, müşteri ihtiyaçlarını anlamak ve web sitelerini iyileştirmek ve tatmin edici bir kullanıcı deneyimi sağlamak için önerilerde bulunmak zorundadırlar (Anonim, t.y.).

Diğer iş sahaları ise Dijital Dönüşüm Yöneticisi, Dijital Dönüşüm Danışmanı, Proje Analisti, BT Proje Yöneticisi, BT danışmanı, BT Stratejisti, BT Strateji Danışmanlığı, Veri Dönüşüm Görevlisidir.

Geleceğin iş fırsatları aşağıdaki gibidir;

- Chief Digital Officer (Baş Dijital Görevlisi)
- SEO/SEM specialist (Seo / Sem uzmanı)
- Traffic Manager

- Copywriter (Metin Yazarı)
- Digital Account Manager (dijital hesap yöneticisi)
- Web designer (web tasarımcısı)
- CRM Manager (CRM yöneticisi)
- UX/UI designer (UX/ UI tasarımcısı)
- Social Media Manager (Sosyal Medya yöneticisi)
- Growth Hacker: Growth Hacking, bir iş modelini kullanıcıya kavuşturmak için yaptığı planlı büyüme stratejisi ve planlamalarının hazırlanmasıdır.
- Bioinformatician (biyoinformatikçi) (Anonim, t.y.).

Düşük kodlu platformlar tasarım ve mantığa odaklanmak için kodun karmaşıklığını soyutlamakla ilgilidir. Düşük kod geliştirmeyi hızlandırarak firmaların kurumsal ihtiyaçlarını karşılayacaktır. İşletmelerin düşük kodlu platformları benimsemesi ile mevcut BT ve OT yeteneklerini geliştirmeye ve onlara başka alanlara vakit ayırabilmesini, ürün ve hizmetlerde yenilik yaparak mevcut müşterileri elinde tutup pazar payını arttırarak yeni müşteriler kazanmasını ve çevikliğin artmasında başarılıdır; pazara daha hızlı ulaşım pazar paylarının artmasına şirketlerin ömürlerinin daha uzun olmasını sağlar.

Düşük kodlu platformlar sayesinde dünyanın herhangi bir yerindeki satış, pazarlama, ürün, operasyon ekipleri ve kurucular, herhangi bir teknik bilgiye ihtiyaç duymadan karmaşık iş akışları ve uygulamalar oluşturabilmektedirler.

Düşük kodlu platformların benimsenmesi genişledikçe ve işletmeler AI, robotik ve makine öğrenimi gibi teknolojilere yöneldikçe, bu teknolojileri kullanmak için çözümler artmaktadır. Sağlanan entegrasyon ile firmalardaki yeni teknolojileri benimsemeye büyük kolaylık sağlayacaktır. Firmaların önem vermesi gereken üç hedef; dijital dönüşüm, otomasyon ve veri güvenliği ile pazar payında diğer firmalara karşı avantaj sağlayacaktır. Düşük kodlu platformlarda bu üç hedef konusunda firmaların ihtiyaçlarını karşılayacaktır. Firmalar bu hedefler sayesinde sadece geliştiriciler veya programcılar için değil, herkesin iş hedeflerini takip etmesini ve gereksiz risklerden kaçınırken yeni fırsatlardan faydalanmasını kolaylaştıracaktır.

Düşük kodlu platformlar her ne kadar blok zinciri ve endüstri 4.0 üzerinde geliştiriciler açısından kolaylık sağlasa da kullanılan uygulamaların bazıları üretilen kodun incelenmesine izin vermemektedir. Bu yüzden düşük kodlu platformlarda hataları izlemek ve uygulamalarda hata ayıklamak zor olmaktadır. Geliştiriciler müdahale edemediğinden çıkacak sorunlar karşısında firmalar etkisiz kalabileceklerini düşünmektedir. Ayrıca platformlar üretilen kodun incelenmesine imkan verse de teknik bilgi gerektirdiğinden yapılacak müdahaleler geliştiricilere yine ihtiyaç duyulacağı aşıkardır.

Düşük kodun pratik kullanım durumu yeni teknolojilerin kullanımı ve oluşturulmasında kullanıcılara içgörü kazandırmaktadır. Yapılan uygulamaları değerlendirdiğimizde düşük kodlu platformlar diğer teknolojilere endüstriyel yaklaşımlar kullanılabilirlik ve entegrasyon yetenekleri açısından yüksek bir olgunluk göstermektedir. Akademik olarak yaklaşımlar entegrasyon yeteneklerinin sağlanmasında çalışmada da bahsettiğimiz zorlukları ortaya çıkarmaktadır.

Düşük kodlu platformlar endüstri 4.0 açısından firma ve çalışanlara büyük kolaylık sağlamaktadır. Örnek vermek gerekirse; saha hizmetleri uygulamaları kullanarak saha dışındayken müdahalede bulunup bilgilere çevrimdışı olarak erişim sağlanarak üretkenliği arttırmasını sağlanabilir. Düşük kodlu platformlardaki mikro hizmetler benimsenmesi ile uygulamalar oluşturarak, yerinde iş gücünün daha hızlı, veriye dayalı planlama, üretim ve hizmet elde edilmesini sağlayan veri analitiği ve panolarla uygulamalar geliştirilebilmesine olanak tanır.

Düşük kodlu platformların, üreticilerin ve satıcıların tedarik ve operasyon planlamasını daha iyi yönetmesine, lojistik ve ürün yönetimini optimize edilmesi ve doğru kararlar verilmesini sağlayan eylemlere dönüştürerek iş zekası sağlamasına olanak tanıyan uygulamalar oluşturulmasını sağlayacağı açıktır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın yazın bölümünde sınırlılık ve zorluklar bulunmamakta ancak konusal olarak geniş bir alanda çalışıldığı için bazı kısımlara detaylı olarak değinilememiştir. Konunun toparlanamamak şekilde yayılmaması için konu yazın bölümünde önem derecesine göre kısıtlamalar getirilerek yazılmıştır. Araştırma bölümünde, en büyük kısıtlamamız araştırma sahalarında uygulanabilirliğinde hem süre olarak hemde alınacak geri dönütlerin doğruluğu açısından araştırmayı kısıtlamaktadır. Toplanacak verilerin katılımcı ve kurumlardan zaman ve takvim olarak sorunlar çıkabileceğinden dolayı karşılaşılan zorluklardan birini oluşturmaktadır. Araştırmanın henüz ülkemizde yaygın olmayan bir konu üzerine yapılması saha araştırmalarının gerçekleştirilmesine engel olmaktadır. Bu yüzden uygulama bölümünde başka araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiş çalışmalar değerlendirilip yorumlanması ile sınırlandırılmaktadır. Bu alanda gerçekleştirilmiş anket çalışmalarının yeterli olmaması çalışmamızın genişletilmesine ve daha fazla konunun derinine inilmesine engel olmaktadır. Karşılaştığımız anket çalışmaları ile dijital dönüşümde firmaların dikkat etmesi gerektiği hususlar belirlenmiştir. Bunun sonucunda yaptığımız değerlendirmeler ile öneriler geliştirilmiştir. Ayrıca ülkemizde bu tarz bir uygulama sahasında uygulanmak üzere araştırma taslağı geliştirilmiştir.

Covid-19 ile birlikte tüm sektörlerde benimsenmeye başlanan Endüstri 4.0, tüm üretim süreçlerini ve sosyal yapıları kökten değiştiren dördüncü sanayi devrimi yaşanmaktadır. Endüstri 4.0 işin doğasını kökten değiştiren üretim süreçlerinin otomasyona ve robotiğe dönüşmesine dayanmaktadır. Bu sayede en basit iş türleri ve rutinlerdeki çalışma işlevleri giderek ortadan kalkmaktadır. Hatta sistemleri çok daha karmaşık ve otomatikleştirilebilir süreçlere yönlendirilirler. Bu gelişmeler yeni istihdam alanı yaratırken aynı zamanda yeni teknolojileri kullanabilen vasıflı işçi sayısının artmasını da sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 yaygınlaşması ile beraber blok zincirine ve düşük kodlu platformlara gereksinim duyulmuştur. Blok zinciri birey-işletme arasında etkileşimin daha verimli hale gelmesini sağlarken güveni güçlendirerek kullanıcıların kendi verilerinin kontrolünü elinde tutmasına yardımcı olmaktadır. Düşük kodlu platformlar her iki teknolojiye de destek olmaktadır. Gerek iş süreçlerinde gerekse uygulama geliştirmede dijital dönüşümde büyük rol oynamaktadır. Endüstri 4.0, blok zincir ve düşük kodlu platformlar ile firmalar dijital dönüşüme daha da yakın olacaktır.

Dijital dönüşüm firmalara sağlacağı katkılar aşağıda özetlenmiştir;

- Dijital dönüşüm firmalarda karlılığın artmasını sağlamaktadır.
- Eski kullanılan sistemlerde süreçler yavaş ve esnek olmayan sistemlerden oluştuğundan IT üzerinde baskıya neden olmaktadır. Düşük kod sayesinde uygulama geliştirme döngüleri kısaltmakta ve çalışanlar kendi süreçlerini haritalayarak, formlar oluşturabilme imkanına sahip olmaktadır. Daha kolay iş akışları oluşturma imkanı sağladığı için daha hızlı işlerin ilerlemesine ve güncellemeye daha az zaman harcanmasına olanak sağlamaktadır. Yani daha fazla işlemi daha hızlı bir şekilde optimize etmeye yardımcı olmakla beraber akışı bozan BT darboğazlarını da ortadan kaldırmasını sağlamaktadır.
- İmalat sektöründe en çok karşılaşılan durumlardan biri olan veri girişi hatası, firmalara ek maliyet olarak geri dönmektedir. Bu noktada otomasyon devreye girmektedir. Otomasyon kullanıcı hatalarını ortadan kaldırıp, hataların düzeltilmesiyle ilgili maliyetlerinde azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca otomasyon sistemleri sayesinde zamandan tasarruf sağlanmaktadır.
- Kağıt tabanlı formlar ve belgeler üretkenliği, görünürlüğü ve veri kalitesini olumsuz etkiler bu yüzden yapılandırılmış bir biçimde verileri yönetmek için dijital formlar oluşturulur. Dijital formlar kullanıldığında manuel girişe gerek kalmamaktadır. Dijital formlar sayesinde erişim kolaylığı sağlanır ve kağıt tüketim maliyetinin azalmasını sağlamaktadır.
- Düşük kodlu uygulamalar, üretkenlik ve iletişim araçlarını kullanılan içerik hizmetlerine (SharePoint, Google Drive, Box ve Dropbox) bağlandığında veri toplama ve analiz etme zorluğunun aşılmasını sağlamaktadır.
- Dijital ortamda gerçekleşen işlemlerin her adımı otomatik olarak kaydedildiğinden süreç performansı ve darboğazlar hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu sayede daha fazla optimizasyon sağlanır. Düşük kodlu platformlar, süreçleri hızlı bir şekilde güncellemeyi kolaylaştırarak çeviklik ve içgörü kombinasyonu ile yalın üretimin sürekli iyileştirme hedeflerini karşılanmasını sağlamaktadır.



- Düşük kodlu platformlar vatandaş geliştiricilerin kullanımı ile karşılaşılan sorunlarda farklı bakış açısı ile hızlı bir şekilde çözümler geliştirilmesini sağlamaktadır.
- Dijital dönüşümün bir diğer ayağı olan Endüstri 4.0; üretimde esnekliğin artmasını, daha fazla verimliliğin sağlanmasını, hatasız ve kişiye özel ürünlerin üretilmesi ile üretim maliyetlerin düşürülmesini, yeni iş modellerinin geliştirilmesini, simülasyon sayesinde sistem izleme ve arıza tespitlerini kolaylaştırması, işçi temelli gerçekleşen işlemlerin dijital ortamlara ve robotiğe geçmesi ile işçi temelli hataların ortadan kaldırılması gibi faydalar sağlamaktadır.

Her gelişme gibi dijital dönüşümde firmalara sorunlar getirmektedir. Bu sorunlar aşağıda özetlenmiştir;

- Düşük kod geliştirme de firmaların çalışanların yaptığı işlemleri kontrol etmesi zor olmaktadır. Genel olarak çalışanların depolama ya da bilgi işlemlerinde genel bir bulut altyapısı oluşturmak için kullandığı kurumsal IT'ye bulutta verilerin işlenmesine izin veren bazı uygulamalar destek vermektedir. Bulut teknolojisine geçiş görünürlüğü artırmaya yardımcı olmaktadır. Bu, bulut tabanlı platformları daha güvenli hale getirmektedir.
- Veri denetimi sorunu şirketlerde büyük sorunlara yol açmaktadır. Düşük kodlu platformların birçoğu, işletmelerin kontrolleri kullanabilmesi için olanak sunmaktadır. Şirketler kullanacakları düşük kodlu platformu seçerken kodlama yeteneğinden önce veri güvenliğine önem vermelidir. Diğer sorunlardan biride son kullanıcıların bazen yapılandırma, izinler ve erişim kontrolleri hakkında kararlar almak zorunda kaldıkları durumlarla karşılaşmalarıdır. Müşteri verilerinin bu platformlarda nasıl silindiği ve bölümlere ayrıldığı konusunda yapısal riskler vardır.
- Firmaların kullanacakları düşük kodlu platformu seçerken her düşük kodlu platformun sağladığı katkıların farklı ve eşit olmadığını bilmeleri gerekmektedir. Seçilen platformun şirket yapısını ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek derecede olmaması firmaların bu eksikleri kapatmaları için başka sistemleri entegre etmesine neden olmaktadır. Yanlış seçilen platform hem maliyetlerin artmasına hem de sistemlerin karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda ek geliştirici maliyetine neden olmaktadır.

- Kullanılan platform daha etkili hale geldikçe çalışanlar tarafından kullanım oranı artar bu durum kurumsal güvenliğin veri zafiyetine neden olur. Veri zafiyetinden kaynaklı iş mantığı sorunları açığa çıkmaktadır.
- Vatandaş geliştiricilerin yeterli bilgiye sahip olmadığı durumlarda fazla eğitim görmeleri gerekmektedir. Bu da ekstra maliyete ve uzun zaman kayıplarına neden olmaktadır. Düşük kodlu platformların satıcı sistemlerinde, denetimlerin olmaması güvenlik zafiyetine yol açmaktadır. Şirketlerin bu sorun ile karşılaşmaması için mevcut olan üçüncü taraf güvenlik denetimleri, güvenlik ve uyumluluk sertifikaları, hizmet düzeyi anlaşmaları ve siber güvenlik sigortası gibi araçların kullanılması gerekmektedir.
- Düşük kodlu platformların satıcı kitlemesi aslında en büyük sorunlardan biridir. Bu sorunlarla karşılaşılması için satıcı lisanslamadan önce satıcıların politikalarını anlamak önemlidir.
- Dijital dönüşümün en büyük sorunu firmaların bu hıza ve dönüşüme ayak uyduracak derecede donanıma sahip insan kaynağının olmamasıdır. Firmalarda bulunan mevcut çalışanlarında yeni sistem için yetersiz kalması durumu da bu soruna dahildir.
- Şirketlerin dijital kültürlerinin tam olarak oluşturulmamasından kaynaklı şirket çalışanlarının dijital süreçlerde istenilen performansı gösterememesine sebep olmaktadır. Dijital dönüşüm firmalarda her departmanı kapsamalıdır. Sistem kısıtlı olarak firmaların bazı departmanlarında kullanılırsa sağlayacağı katkıdan istenilen seviyede fayda elde edilememesine neden olur.

Dijital dönüşüm birçok sektörde kullanılmaktadır. En çok kullanılan sektörlerin başında yer alan gıda sektörü için önerilere yer verilmiştir. Gıda endüstrisinde en çok sorun tedarik zincirinde aksaklıkların yaşanmasıdır. Tedarik zincirinde sorunlar yaşanmaması için blok zinciri teknolojisi kullanılmalıdır. Blok zinciri ile gıdaların çıkışından son kullanıcıya ulaşmasına kadar takibi kolaylıkla yapılabilmektedir. Tedarik zincirinde envanter bakımı, tedarikin ve dağıtımın yönetilmesi gibi mevcut iş süreçlerini kodsuz hale getirerek dijitalleşme daha kolay hale getirilebilir. Firmaların kendi blok zinciri ağlarını düşük kodlu platformlar ile oluşturması hem maliyetlerinin düşmesini hem de sorunsuz bir şekilde oluşturulmasını sağlayacaktır. Düşük kod ile kurulan blok zincirleri yapılan işlemlerin her kullanıcı tarafından denetlene bilmesini sağladığından, firmalara blok zinciri ağlarını kurarken

uzman geliştiriciler yerine düşük kodlu platformları tercih etmeleri önerilir. Uygulama kısmında ele aldığımız Prince Waqas Khan vd.'ın yaptığı et üretiminde tedarik zincirinde Endüstri 4.0 teknolojisi olan IoT ve blok zinciri kullanılmıştır. Bu uygulamada yeterli sonuçlar alınmış olsada hala veri güvenliği için kuşkuları bulunmaktadır. Veri güvenliği konusunda kuşkuları olan firmalara blok zinciri platformlarını seçerken satıcı güvencelerine bakmaları gerektiği önerilebilir.

Endüstri 4.0'dan sonraki seviye Endüstri 5.0 olacaktır. Endüstri 4.0 firmalara teknoloji odaklı bir geçiş sağlarken çalışan etiği olarak sorun yaratmaktadır. Bu sanayi devrimi ile otonom sistemlerin artması işten çıkarma ve iş güvenliği açısından endişe yaratmaktadır. Endüstri 4.0 devrimine geçişin sürdürülebilir olması için sosyo-ekonomik kalkınma hedeflerine uygun biçimde olması önem taşımaktadır. Endüstri 5.0 toplumdaki yüksek dijital dönüşümlere dayanmaktadır. Bu kavram, teknolojik gelişmelerden yararlanarak ekonomik büyümenin tüm yönüyle toplumsal ve çevresel faydaları korumayı amaçladığı söylenebilir. Geliştirilecek yeni çözümler toplum yararına çalışacak biçimde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu yeni devrimin bağlamsallaştırma ve endüstriyel teknolojiler hakkında kolektif bir bakış açısı kazandıracığı düşünülmektedir. Üretimde kullanılan cobot'lar yani iş birlikçi robotların makine insan iş birliğinde yol gösterici olacağı öngörülür. Endüstri 4.0 firmalara ne derece doğru şekilde entegre edilip kullanılırsa firmaların bir sonraki dijital devrim olan Endüstri 5.0'a geçişini başlatması diğer firmalara oranla daha önce ve kolay olacaktır. Firmaların yeni teknolojilere geçişleri daha önceden kullandıkları ve kullanmaya devam ettikleri teknolojilere de bağlı olduğu görülmektedir.

İşletmelerin önem verdiği bir konu olan iş mantığı, firmaların düşük kodu tercih etmelerinde önemli bir nedendir. Karmaşık iş mantıkları firmaları zor durumda bırakmaktadır. Karmaşık iş mantıkları için uygulamalar geliştirmeye çalışan firmalar düşük koda geçmesi ile iş mantığını oluşturmada daha başarılı olmayı beklemektedirler.

İşletmelerin her zaman yeni teknolojileri kullanırken eski sistemleri ile karşılaştırma yapmaktadırlar. Yeni sistemleri şirketlerine entegre eden firmalar önceki sistemlerine göre daha fazla işlem yapılabilmesini beklemektedir. Firmalar dijital dönüşüme başlarken ve başladıktan sonra hedeflerine göre hareket edecekleri süreçte teknolojik olarak yardımcı araçlardan (Endüstri 4.0 bileşenleri, genel olarak firmalar IoT teknolojisini düşük kod ile birlikte kullanmaktadır), yüksek kapasitede verimlilik elde etmeleri gerekmektedir.

Düşük kodlu platform ve araçları firmalara sorunsuz şekilde dahil edildiğinde şirketlerin iş süreçlerini iyileştirmelerine ve dijital dönüşüm yolculuklarında daha çevik ve verimli olmalarına yardımcı olmaktadır. Dijital dönüşümü firmaların tercih etmeleri için en önemli faydaları çeviklik ve her yeni teknoloji ile birlikte gelişen BT ve OT yetenekleri ile mevcut sistemlerinin daha da iyi gitmesi, üretimde kişiye özel ürün geliştirilmesini sağlayarak tercih edilebilirliklerinin artması ve müşteri portföyünün genişlemesidir. Ayrıca müşteri deneyimlerinin geri bildirimlerle daha da iyileşmesi sağlanmaktadır. Bunun dışında gerekli eğitimlerle sektörde yer alan her çalışandan istenilen verimin elde edilebileceğinin bilinci yer almaktadır.

Çalışmamızda incelediğimiz uygulamalardan bazılarında eksiklikler vardır. Düşük kodlu platformlar ile IoT teknolojisi birlikte kullanılarak ilaç takibi gerçekleştirmişlerdir. Tedarik zinciri ve lojistik alanında kullanılmak üzere tasarlanan uygulama yüzde 98 oranında başarı göstererek ilaç takibinde başarılı olduğunu göstermiştir. Her sektörde olduğu gibi ilaç sektöründe de müşteri memnuniyeti önemlidir. Bu noktada da müşterilerden olumlu geri dönüş alınmıştır. Ülkemizde de her sektörde tedarik zinciri sorunlar bulunmaktadır. Geliştirilen bu projeden esinlenerek farklı sektörlerde uygun uygulamalar geliştirilebilir. Örneğin bu uygulamadan ülkemizde gıda endüstrisinde fayda sağlanabilir. Özellikle gıda ihracatının fazla olduğu ve sınır kapılarında bekleme süreleri ile olağan üstü durumlarda gıda gibi bozulması yüksek ürünlerde düşük kodlu platformlar kullanılarak tasarlanacak bir uygulama ile birlikte gıdanın durumunun takibinin yapılabilmesi, IoT ile gerçekleştirilebilecek sensörler sayesinde uygulamaya anlık verilerin gitmesiyle birlikte tedarik zincirinde ürünlerin bozulma durumu hakkında bilgi sahibi olmalarında fayda sağlanabilir.

Düşük kodlu platformlar sayesinde uzman geliştiricilere gerek kalmadan sıfırdan firmalar kendi özel blok zinciri ağlarını oluşturma imkanına sahiptir. Türkiye’de blok zinciri kullanımının bir örneği olan IBM blok zinciri platformu ile tedarik zinciri takibini sağlayan Güler Dinamik Gümrük Müşavirliği şirketi de düşük kodlu platformları kullanarak kendi blok zinciri ağlarını sıfırdan oluşturabilirler. Bu sayede tedarik zincirinde firmaların isteklerinin daha kolay karşılanabilmesi ve aynı zamanda özel olarak durumların değişmesine göre düşük kodlu platformlar ile geliştirilecek blok zinciri ağı ile güvenilir bir ağ ve sürdürülebilir bir zemin oluşturulması sağlanabilecektir. Düşük kod sayesinde, blok zinciri ağ projesini, kod dizilerine gerek kalmadan ağ yapısının grafik biçiminde temsilinden oluşan, kendi kendini

belgeleyen materyal şeklinde paylaşım yapılabilme olanağı sağlar. Blok zinciri teknolojisi için kullanılacak kodların karmaşıklığından kurtulabilmek ve daha hızlı entegre edebilmesini sağlamak için düşük kodlu yazılım geliştirme platformları kullanılmalıdır. Bu sayede daha hızlı ve daha az ya da hiç kod bilmeden sisteme entegre edilmesine olanak sağlanarak firmaların maliyetlerinin düşmesine de etki edeceği öngörülmektedir.

IoT ile blok zinciri teknolojisini birlikte kullanarak çiftliklerde envanter takibi yapılabilmesi için geliştirilen uygulama ile çiftlik sahibi katılımcılar için mevcut hayvanlarına et ürünleri dosyaları oluşturmaları sağlanmıştır. Böylelikle et tedarikinde kullanılmak üzere bir uygulama geliştirilmek istenmiştir. Geliştirilen uygulama fayda sağlasa da blok zinciri ve IoT teknolojilerinin birlikte kullanımında yeterli sayıda uzman ekipler olmamasından kaynaklı uygulamanın yaygınlaşp kullanılabilirliğinin artması konusunda soru işaretleri oluşturmuştur. Bu iki teknolojinin entegrasyonu konusunda eksiklik olduğundan dolayı kullanıcıları eğitmek için uygun eğitim platformları da mevcut olmadığından, uygulamayı kullanan kullanıcılar açısından bu durum eksiklik olarak görülmektedir. Çalışmada da bahsedildiği gibi ülkedeki yasal kısıtlamalara da takılmaktadır. Ağ üzerinden kullanıcılar bilgilerini paylaştığından verilerin kötüye kullanımını konusunda ülkelerin çekinceleri olmaktadır. Uygulama ülkemizde de kullanılabilir. Özellikle ülkemizde yaygın olarak büyükbaş hayvanlarda görülen hastalıkların takibinde kullanılarak, şap gibi bulaşıcı hastalıkların yayılmasının önüne geçilebilir. Ayrıca bu uygulama farklı sektörlerde de kullanılabilir. Ülkemizde ürün tedarikinin sıkıntılar yaşayan sektörlerin başında gelen tekstil ve otomotiv sektöründe ihtiyaçlar doğrultusunda uyarlanarak yedek parça envanter optimizasyonu ile fayda sağlanabilir. Ayrıca yedek parça envanteri için geliştirilecek uygulamalar ile tam zamanında bir yaklaşım geliştirilerek üreticilerin yedek parça konusunda sorunlar yaşanmasının tamamen önüne geçilebilir.

Ülkemizde ve birçok ülke de sorun olarak görülen gıda sektörü üzerinde düşük kodlu platformlar ile birlikte geliştirilebilecek uygulamalar kaynak yönetimi, daha iyi güvenlik, kalite, gıda miktarı ve gıda ürünlerinin israfının önüne geçilebilmesinde fayda sağlayabilir. Bu sayede hem gıda takibinin kolaylıkla yapılması sağlanırken aynı zamanda gıdadan kaynaklı hastalıkların önüne geçilip takibinin yapılmasında da fayda sağlanabilir.

Dijital dönüşüm elbette yeni iş süreçleri dışında yeni iş alanları da açmaktadır. Şirketlerin daha uzman kişileri işe almaları gerektiğinden mevcut çalışanlarla yollarını ayırmayı tercih edebilecekleri gibi eğitim görmelerini de ikinci bir seçenek olarak düşünmeleri

gerekir. Mevcut çalışanlar dışında daha uzman kişiler daha yüksek maaş yani daha fazla maliyet getirmektedir. Bu yüzden firmalara mevcut çalışanlarını yeteneklerine göre eğitimler verilmesi önerilmektedir.

Düşük kodu tercih eden firmalar ve ekipleri, gelecekte ortaya çıkabilecek zorluk türlerini ve seçilen platformun bunları nasıl ele alacağını da göz önünde bulundurarak seçmeleri önerilir. Örnek olarak perakende sektörünü verirsek değişen piyasa koşulları nedeniyle taleplerde büyük bir artış yaşanabilir. Seçilen düşük kodlu platform, beklenmedik bu talep artışıyla başa çıkabilecek mi? Uygulanmak istenen bu platform sayesinde gerçekleştirilebilecek mi? sorularını aklara getirmektedir. Yakın zamanda covid-19 salgını ile önce maske tedariki konusunda ülkeler arasında sorunlar yaşanmıştır. Keza aşuların tedariki ve saklanması konusunda da sorunlar yaşanmıştır. Düşük kodlu bir platform ile birlikte kullanılacak IoT ile oluşturulacak bir uygulama ile bu sorun çözülebilir.

Dijital dönüşüme geçerken ya da geçmeyi düşünen firmaların kullanabilecekleri ya da tercih etmeyi düşündükleri teknolojiler için bir ön hazırlık yapmaları önerilmektedir. Bilinçsiz şekilde firmaların dijital dönüşüm için hareket etmesi sorunlara ve boşa bir maliyet kaybına yol açabilir. Bu durumda firmaların ve çalışanların yeniliklere yaklaşırken kuşkuya düşmelerine neden olmaktadır. Bu yüzden firmalar yeni bir teknoloji benimsemeden önce artı ve eksilerini firmaya hangi noktada faydalar sağlayabileceğini, firmanın bu teknolojilere henüz hazır olup olmadığı ve çalışanların bu teknolojiler için nasıl yaklaştığını (bazı çalışanların hala yeni teknolojilere kuşku ile yaklaşmakta olup çalışmamızda araştırma sahası olarak ele aldığımız 4 ankette de görülmüştür) önceden bir saha araştırması yaparak belirlenmesi gerekmektedir. Çalışanlar özellikle düşük kod'ta geliştiriciler olarak istedikleri müdahalede bulunamadıkları için her zaman bu durumu bir sorun olarak gördükleri kanısına varılmıştır.

Ancak “Düşük kod ve diğer dijital dönüşüm projeleri (Endüstri 4.0 ve blok zinciri), işletmelerin beklentilerini karşılayabilir mi?”,” Kuruluşlar, Endüstri 4.0 ve blok zinciri ile oluşturdukları uygulama ve projelerini düşük kodla oluşturup çalıştırabilir ve geniş ölçekte hızlı uygulama geliştirmenin avantajlarından yararlanabilir mi? “ bu sorular aslında dijital dönüşüme adım atmak isteyen bütün firmaların aklındadır. Dijital dönüşümün karşılığını alamama korkusu yeni teknolojilere karşı her zaman itici bir sorun olmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında dijital dönüşüme Türkiye gibi henüz yabancı olan ülkelerin ve şirketlerin adım atmaları konusunda bir fikir oluşturması ve yol gösterici olarak blok zinciri, Endüstri 4.0 ve düşük kodlu platformlar ile birçok alanda özellikle tedarik zinciri konusunda gerekli adımları atmaları ön görülmektedir. Dijital dönüşüme geç kalınan her dakika hem ülkelerin hem de firmaların üretimde geri kalmasına yol açarak mevcut durumların daha da kötüye gitmesine ve pazar paylarının giderek küçülmesine ya da tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Bu yüzden ülkelerinde geliştirecekleri projeler ve destekler ile öncülük etmeleri beklenmektedir. Şirketler tarafından yapılan çalışmalar, ilk yatırımların çoğunun, şirketleri daha kapsamlı denemeler ve/veya entegrasyonlar sürdürmeleri için yeterince teşvik edici sonuçlar vereceği ön görülmektedir.

Blok zinciri ile düşük kodlu platformların kullanımıyla kısa vadede elde edilen sonuç; düşük kodlu platformlar tedarik zinciri ve güvenlik belirteçlerinden ve ötesinden daha geniş blok zinciri iş modelleri kategorisine fayda sağlamıştır. Yakın vadede yeni blok zinciri protokollerinin ortaya çıkmaya devam edeceği tahmin edildiğinden, bir blok zinciri iş modelini yürütmenin hem yeni teknolojiyle başa çıkmayı hem de mevcut sistemlerle birlikte çalışmasını içereceği söylenmektedir. Sonuç olarak düşük kodlu platformlar yeni teknolojileri yakalayabilmek için tek yol olarak görülmektedir.

Öyle görünüyor ki, kısa vadede çok daha fazla işletme düşük kodlu platformlar, blok zinciri, yapay zeka, nesnelerin interneti, asistan robotlar, bulut teknolojiler gibi teknolojik dönüşüm enstrümanlarından faydalanmaya başlayacaktır. Bu dönüşümü başaramayan birçok firma içinse “zorlu senaryolar” gündemde olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Alamri, B., Javed, I. T., and Margaria, T. (2021). A GDPR-Compliant framework for IoT-based personal health records using blockchain. *2021 11th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, (s. 1-5).
- Alban, S. (2022, Haziran 1). *32 no-code tools you need to try in 2022*. 5 Haziran 2022, Erişim adresi: <https://userguiding.com/blog/no-code-tools/>
- Anonim. (2018, Şubat 24). *Industry 4.0 advantages and disadvantages*. 10 Şubat 2022, Erişim adresi: <https://www.machinmetrics.com/blog/industry-4-0-advantages-and-disadvantages>
- Anonim. (2019, nisan 18). *Hyperledger nedir?* 19 Mayıs 2022 , Erişim adresi: <https://bctr.org/hyperledger-nedir-8652/>
- Anonim. (2019, Ocak 9). *Proof of Work (PoW) Consensus*. 14 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://www.geeksforgeeks.org/proof-of-work-pow-consensus/?ref=gcse>
- Anonim. (2020). *No-code vs. low-code*. 20 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://finxact.com/wp-content/uploads/2020/10/ebook-no-code-vs-low-code.pdf>
- Anonim. (2020, Mayıs 28). *Permissioned vs permissionless blockchains*. 15 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://101blockchains.com/permissioned-vs-permissionless-blockchains/>
- Anonim. (2020, Eylül 3). *Proof of stake (hisse kanıtı) nedir? nasıl çalışır?*. 15 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://www.btcturk.com/bilgi-platformu/proof-of-stake-hisse-kaniti-nedir-nasil-calisir/>
- Anonim. (2020, Mayıs 15). *When was 3d printing invented? the history of 3d printing*. 14 Şubat 2022, Erişim adresi: <https://www.bcn3d.com/the-history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>
- Anonim. (2021). *10 best low code development platforms 2021*. 20 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://tr.myservername.com/10-best-low-code-development-platforms-2021>
- Anonim. (2021). *Scrum and Kanban For The Enterprise*. 20 Mayıs 2022, Erişim adresi: [https://codebeamer.com/cb/wiki/199575#section-Section-Section-Section-What+is+a+cardboard\\_3F](https://codebeamer.com/cb/wiki/199575#section-Section-Section-Section-What+is+a+cardboard_3F)
- Anonim. (2021). *Endüstri 4.0 : aydınlık gelecek karanlık fabrikalarda mı?*. 15 Şubat 2022, Erişim adresi: <https://themanhattan.org/endustri-4-0-nedir/>
- Anonim. (t.y.). *2021'de En iyi 10 düşük kod geliştirme platformu*. 19 Aralık 2021 Erişim adresi: <https://tr.csstricks.net/8222894-10-best-low-code-development-platforms-in-2021>
- Anonim. (2022). *7 benefits ibm food trust*. 18 Mayıs 2022, Erişim adresi: <https://www.ibm.com/blockchain/resources/7-benefits-ibm-food-trust/>
- Anonim. (t.y.). *AntTail provides transparency and quality assurance with IoT*. 15 Nisan 2022, Erişim adresi: <https://www.mendix.com/customer-stories/anttail-ensures-quality-medicines-iot/>
- Anonim. (t.y.). *Blockchain distributed ledger technology*. 19 Kasım 2021 , Erişim adresi: <https://www.i-scoop.eu/blockchain-distributed-ledger-technology/>



- Anonim. (t.y.). *Blokzincir*. 20 Kasım 2021, Erişim adresi: <https://blokzincir.bilgem.tubitak.gov.tr/blok-zincir.html>
- Anonim. (t.y.). *From pallets to Personalization: Intelligent Digital Supply Chain Trends* the evolution of the intelligent digital supply chain. 22 Mayıs 2022, Erişim adresi: <https://www.jabil.com/blog/from-pallets-to-personalization-the-evolution-of-the-intelligent-digital-supply-chain.html>
- Anonim. (t.y.). *Industry 4.0*. 5 Ocak 2022, Erişim adresi: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
- Anonim. (t.y.). *Industry 4.0*. 15 Ocak 2022, Erişim adresi: <https://trex.com.tr/information-bank/industry-4-0/>
- Anonim. (t.y.). *Kissflow*. 19 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://tr.dev-binario.eu/kissflow/>
- Anonim. (t.y.). *Most demanded digital professions*. 5 Haziran 2022 , Erişim adresi: <https://www.iberdrola.com/talent/most-demanded-digital-professions>
- Anonim. (t.y.). *Selective laser sintering*. 17 Şubat 2022, Erişim adresi: <https://www.protolabs.co.uk/services/3d-printing/selective-laser-sintering/>
- Başak, E. E., Yılmaz, İ. S., ve Deniz, N. (2019). Endüstriyel ürün imalatı yapan bir işletmede yalnız üretim uygulaması. *Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 157-172.
- Başaran, A. (2021, Aralık 19). *Blockchain consensus algoritması nedir?*. 24 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://www.koinbox.net/blockchain-consensus-algoritmasi-nedir/>
- Bhushan, B., Sahoo, C., Sinha, P., and Khamparia, A. (2020). Unification of Blockchain and Internet of Things (BIoT): requirements, working model, challenges and future directions. *Wireless Networks*, 55-90. <https://doi.org/10.1007/s11276-020-02445-6>.
- Bock, A. C., and Frank, U. (2021). Low-Code Platform. *Business & Information Systems Engineering*, 733–740.
- Bulut, E., ve Akçacı, D. D. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD) ASSAM International Refereed Journal Sayı: 7, 4(7), 50-72*.
- Burgh, D. A. (2019). *A readiness self-assessment model for low-code development enabled DevOps* (Yüksek Lisans Tezi), Eindhoven University of Technology.
- Codebeamer. (2021). *Scrum and kanban for the enterprise*. Erişim adresi: [https://codebeamer.com/cb/wiki/199575#section-Section-Section-Section-What+is+a+cardboard\\_3F](https://codebeamer.com/cb/wiki/199575#section-Section-Section-Section-What+is+a+cardboard_3F)
- Curry, S., Härer, F., and Fill, H. G. (2022). Blockchain application development using model-driven engineering and low-code platforms: A survey. In *International Conference on Business Process Modeling, Development and Support, International Conference on Evaluation and Modeling Methods for Systems Analysis and Development* (pp. 205-220). Springer, Cham.
- Dahlberg, D. (2020). *Developer experience of a low-code platform: an exploratory study* (Yüksek Lisans Tezi), Human-Computer Interaction and Social Media.

- Dai, H.-N., Zheng, Z., and Zhang, Y. (2019). Blockchain for internet of things: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5) (s. 8076 - 8094). IEEE. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2920987>.
- Dalibor, M., Heithoff, M., Michael, J., Netz, L., Pfeiffer, J., Rumpe, B., . . . Wortmann, A. (2022). Generating customized low-code development platforms for digital twins. *Journal of Computer Languages*. <https://doi.org/10.1016/j.cola.2022.101117>.
- Davutoğlu, N. A. (2020). Üçüncü ve dördüncü sanayi devrimleri arasındaki temel ve sistematik farklılıkların determinist bir yaklaşımla analizi. *Management and Political Sciences Review*, 2(1), 176-194.
- Demirkol, İ., and Al-futaih, A. A. (2020). The Relationship Between Industry 4.0 and Lean Production: An Empirical Study on Bursa. *İşletme Araştırma Dergisi*, 12(2), 1083-1097.
- English, S. M., and Nezhadian, E. (2017). Application of bitcoin data-structures & design principles to supply chain management. *University of Bonn, Germany*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.04206>
- Ergun, H., ve Esenkaya, A. (2022). Blockchain teknolojisi ile finansal piyasalarda yaşanan gelişmeler üzerine bir inceleme. *Karatay Journal of Islamic Economics & Finance*, 1(1), 77-98.
- Eroğlu, F. (2019). *Nesnelerin interneti tabanlı endüstri 4.0 sanayi uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Geleedst, M. E. (2021). *Identifying the most critical features of lowcode platforms* (Yüksek Lisans Tezi), Faculty of Economics and Business administration.
- Goloseva, J., and Romanovs, A. (2018). *The advantages and disadvantages of the blockchain technology*. 2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE) (s. 1-6). IEEE.
- Göktaş , P., ve Aksu, B. (2021). Endüstri 4.0 ile beraber blok zincir (blockchain) teknolojisi, bitcoin ve sanal paraların gelecekteki olası etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 279-293.
- Gürer, E. (2019, Ekim 25). *Low code platform nedir?*. 18 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://www.setxrm.com/blog/low-code-platform-nedir/>
- Hackernoon. (2021, Kasım 28). *Asymmetric cryptography in blockchain*. 1 Aralık 2021, Erişim adresi: <https://hackernoon.com/asymmetric-cryptography-in-blockchains-d1a4c1654a71>
- Hackius, N., and Petersen, M. (2017). *Blockchain in logistics and supply chain: trick or treat* . In Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment.Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), (s. 3-18).
- İçten, T., ve Bal, G. (2017). Artırılmış gerçeklik teknolojisi üzerine yapılan akademik çalışmaların içerik analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 401-415.
- Jamil, F., Ahmad, S., Iqbal, N., and Kim, D.-H. (2020). Towards a remote monitoring of patient vital signs based on iot-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals. *Blockchain Security and Privacy for the Internet of Things*.

- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Khan, S., and Suman, R. (2021). Blockchain technology applications for industry 4.0: a literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, 2(4).
- Javaid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., Suman, R., and Vaish, A. (2020). Industry 4.0 technologies and their applications in fighting covid-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 419-422.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., and Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion*, 1-79.
- Kanbanize. (2021). *Cost of delay: the economic impact of a delay in project delivery*. <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/cost-of-delay>
- Kesayak, B. (t.y.). *Endüstri tarihine kısa bir yolculuk*. 10 Mart 2022, Erişim adresi: <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>
- Khan, P. W., Byun, Y.-C., and Park, N. (2020). IoT-Blockchain Enabled Optimized Provenance System for Food Industry 4.0 Using Advanced Deep Learning. *Blockchain Security and Privacy for the Internet of Things*.
- Khan, S. N., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C., Benkhelifa, E., and Bani-Hani, A. (2021). Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 2901–2925 .
- Kim, H. M., and Laskowski, M. (2016). Towards an ontology-driven blockchain design for supply chain provenance. *Workshop on Information Technology and Systems (WITS)*. İrlanda.
- Ko, T., J. L., and Ryu, D. (2018). Blockchain technology and manufacturing industry: Real-time transparency and cost savings. *Economic and Business Aspects of Sustainability*.
- Kumari, S., and Polke, N. (2018). Implementation Issues of Augmented Reality and Virtual Reality: A Survey. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 853–861. doi:10.1007/978-3-030-03146-6\_97
- Leal, A., Rodrigues, J., and Pereira, N. (2020, Ekim 25). A Blockchain Experimentation at Banco de Portugal.
- Liskin, O., Schneider, K., Fagerholm, F., and Münch, J. (2014). *Understanding the role of requirements artifacts in*. Proceedings of the 7th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering, 56-63.
- Luo, Y., Liang, P., Wang, C., Shahin, M., and Zhan, J. (2021). *Characteristics and challenges of low-code development: the practitioners' perspective*. IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), (s. 1–11).
- Lytovchenko, N., and Savvin, M. (2019, Mayıs 30). *10 best low-code development platforms for 2021 [updated]*. 12 Mayıs 2022, Erişim adresi: <https://www.apriorit.com/dev-blog/617-web-top-best-lcdps-2019>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., and Tripathi, S. (2015). Internet of things (iot): a literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173.

- Motta, G. A., Tekinerdogan, B., and Athanasiadis, I. N. (2020). *Blockchain Applications in the Agri-Food Domain: The First Wave*. 20 Mart 2022, Erişim adresi: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbloc.2020.00006/full>
- Mwema, F. M., and Akinlabi, E. (2020). *Basics of Fused Deposition Modelling (FDM). Fused Deposition Modeling*. doi: 10.1007/978-3-030-48259-6\_1
- NU. CEPAL. (2021). *Digital technologies for a new future*. Santiago: Eclac Headquarters.
- Oral, O., ve Çakır, M. (2017). Nesnelerin interneti kavramı ve örnek bir prototipin oluşturulması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 172-177.
- Özgür, D. (2019, Mart 26). *Hyperledger Mimarisi — Bölüm 1*. 15 Mayıs 2022, Erişim adresi: <https://medium.com/hyperledger-t%C3%BCrkiye-platformu/hyperledger-mimarisi-b%C3%B6l%C3%BCm-1-8e84daad4d44>
- Palomés, X. P., Tuset-Peiró, P., and Casas, P. F. (2021). *Combining low-code programming and SDL-based modeling with snap! in the Industry 4.0 context*. 2021 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C) (s. 741-750). Fukuoka, Japan: IEEE.
- Pape, D., Hinz, T., Perales, O. G., and Fraile, F. (2018). Vf-OS Architecture. *Enterprise interoperability: Smart services and business impact of enterprise interoperability* (s. 77-82). içinde Almanya: Institute of Applied Computer Science, Technische Universität Dresden.
- Patel, J. (2022). *Low code vs traditional development*. 22 Mayıs 2022, Erişim adresi: <https://www.monocubed.com/blog/low-code-vs-traditional-development/>
- Roy, R. (2021, Mart 2). *Low code no code questions before you start*. 12 Mart 2022 , Erişim adresi: <https://www.rtinsights.com/low-code-no-code-questions-before-you-start/>
- Sahay, A., Indamutsa, A., Ruscio, D. D., and Pierantonio, A. (2020). *Supporting the understanding and comparison of low-code development platforms*. 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA).
- Salamone, S. (2021, Ağustos 10). *4 benefits of using low code in industrial manufacturing*. 10 Mart 2022 , Erişim adresi: <https://www.rtinsights.com/4-benefits-of-using-low-code-in-industrial-manufacturing/>
- Sanchis, R., Perales, G., Francisco, F. F., and Poler. (2019). Low-code as enabler of digital transformation in manufacturing industry. *Applied Sciences*, 2-17.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., and Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 811-833.
- Schroeder, G. (2019, Mart 4). Our low-code path to the blockchain. 20 Nisan 2022, Erişim adresi: <https://www.linkedin.com/pulse/our-low-code-path-blockchain-grace-schroeder/>
- Seyhan, M., Bayram, G., ve Toğay, A. (2021). Hızlı prototipleme ve endüstriyel tasarım ilişkisinin sektörel üretim süreçlerinde mevcut durum tartışması. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digtia Industry*, 5(2), 326-338.
- Sönmez, S., Kesen, U., ve Dalgıç, C. (2018). *Üç boyutlu yazıcılar*. 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, (s. 471-481). İstanbul.

- Subramani, R. (2020, Mayıs 20). *Unlocking enterprise blockchain potential with low codecapabilities*. 14 Kasım 2021, Erişim adresi: <https://devops.com/unlocking-enterprise-blockchain-potential-with-low-code-capabilities/>
- Şekkeli, Z. H., ve Bakan, İ. (2018). Akıllı fabrikalar. *Journal of Life Economics*, 5(2), 203-220.
- Tanrıverdi, M., Uysal, M., ve Üstündağ, M. T. (2019). Blokzinciri teknolojisi nedir ? ne değildir ? : Alanyazın incelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 203 - 217.
- Tektas, M., ve Doğan, S. (2021). *Blok zincir ve akıllı ulaşım sistemlerinde uygulama alanları*. Conference: 2nd International Conference on Intelligent Transportation Systems. Bandırma.
- 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) (pp. 1-6). IEEE.
- Topcu, B. A., ve Sarıgül, S. S. (2020). Dünyada ve Türkiye’de blok zinciri teknolojisi: finans sektörü, dış ticaret ve vergisel düzenlemeler üzerine genel bir değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27-39.
- Ünal, G., ve Uluyol, Ç. (2020). Blok Zinciri Teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 167-175.
- Virta, T. (2018). *Relation of low-code development to standard software development: case biit oy* (Master’s thesis), Lappeenranta University of Technology.
- Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve otonom robotlar. *Elektrik Mühendisliği Odası*, Aralık Sayı 459,39.Erişim adresi : [https://www.emo.org.tr/ekler/91f2bb2a057879e\\_ek.pdf?dergi=1069](https://www.emo.org.tr/ekler/91f2bb2a057879e_ek.pdf?dergi=1069)
- Yener, E. (2020). *Dijital girişimcilikte blok zincir teknolojilerinin rolü ve bir model önerisi: blok zincir tabanlı ikinci el araç alım satım platformu: Sechandchain* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yıldız, A. (2018). *Endüstri 4.0 ile yalnız üretim arasındaki ilişkilerin incelenmesi*. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi.
- Yıldızbaşı, A., ve Üstünyer, P. (2019). Tarımsal gıda tedarik zincirinde blokzincir tasarımı: türkiye’de hal yasası örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 458-465.

## **TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER**

### **A. Uluslararası Hakemli Makaleler**

Yoktur.

### **B. Uluslararası Makaleler**

Yoktur.

### **C. Ulusal Hakemli Makaleler**

Yoktur.

### **D. Ulusal Makaleler**

Yoktur.

### **E. Uluslararası Konferans Bildirileri**

Yoktur.

### **F. Ulusal Konferans Bildirileri**

Yoktur.

### **G. Projeler**

Yoktur.

### **H. Ödüller**

Yoktur.