



DİJİTAL İKİZLERİN MUHASEBESİ, MALİYETLEME VE RAPORLANMASI

Prof. Dr. Mehmet Özkan

(T.C.Marmara Üniversitesi-İşletme Fakültesi Emekli Öğretim Üyesi)

Dr. Mehmet Murat Keskin

(T.C.Marmara Üniversitesi-Sosyal Bilimler Enstitüsü Mezunu)

Dr. Özgür Özkan

(Yeminli Mali Müşavir)

İstanbul, 20 Kasım 2023

DİJİTAL İKİZLERİN MUHASEBESİ, MALİYETLEME VE RAPORLANMASI

Prof. Dr. Mehmet Özkan

(T.C.Marmara Üniversitesi-İşletme Fakültesi Emekli Öğretim Üyesi)

Dr. Mehmet Murat Keskin

(T.C.Marmara Üniversitesi-Sosyal Bilimler Enstitüsü Mezunu)

Dr. Özgür Özkan

(Yeminli Mali Müşavir)

İstanbul, 20 Kasım 2023

Vergi Müfettiřleri Derneęi

Cihan Sokak No: 13/7 Sıhhiye / ANKARA

Tel: (0 312) 231 80 19

Fax: (0 312) 231 80 65

www.vmd.org.tr

ISBN: 978-975-6601-76-1

Grafik Tasarım ve Baskı

GİRİşİM AJANS OFSET

MATB. BAS. YAY. DAę. KIRT. GIDA İNř. EęT.

DAN. REK. BİL. MAK. SAN. ve TİC. LTD. şTİ.

Samanyolu Cad. No:35 İskitler- Altındağ/ANKARA

Tel: 0312 384 22 23

www.girisimmatbaacilik.com

DİJİTAL İKİZLERİN MUHASEBESİ, MALİYETLEME VE RAPORLANMASI

ÖZET

Günümüzde, üretim süreçlerinin planlanmasında kullanılan mevcut yaklaşımlarda (teknik ve yöntemler), ilgili yeterli veri tabanının elde edilme süreci ve buna uygun yerleşim seçeneklerinin geliştirilmesi, toplam zaman tüketiminin %74'ü olup; planlama süreçlerinde tam otomatik teknikler henüz yaygın bir biçimde uygulanamamaktadır. Endüstrinin temel unsurlarından asli süreç verilerinin tam otomatik veri toplanmasının kullanımı sırasında gözlenen Endüstri 4.0'da ayrıca toplanan verilerin değerlendirilmesi, sayısallaştırılması (nicelleştirilmesi) ve analizinde açıklar-eksikliklere de rastlanılmaktadır.¹

Planlama faaliyetlerinin çoğu manuel-elle yapıldığında, herhangi bir kuramsal değerlendirmenin yokluğu, sonuçların mukayesesini zorlaştırmakta ve mevcut planlama süreçleri manuel olarak ulaşılan sonuçları simülasyon yardımıyla analiz etmektedir. Planlama prosedürünün değerlendirilme ve nicelleştirilmesi manuel kontrole meydan okuyan karmaşıklıkla sınırlı olması nedeniyle, satın alma ve seçim son derece karmaşık bir üretim sisteminin, neredeyse gerçek zamanlı değerlendirme ve analizi, gerçek zamanlı bir veri tabanına dayandığından, otomatikleştirilmiş verilerle ilgili araştırma yapılarak gerçekleştirilmelidir.

Öte yandan büyük bir hızla yaşadığımız bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak, Endüstri 4.0'dan daha ileri bir adım atılarak, Endüstri 4.0'ın temel felsefesini oluşturan **“Yarı İnsan-Yarı Makine”** yerini; Endüstri 5.0 ile **“İnsansı Makinele-re”** bırakmıştır. Böylece bir ürünün sanal olarak üretimi temeline dayanan **“Dijital İkiz/İkizler Üretimi”** kavramının gündeme gelmesi, Dijital İkiz Süreci-Dönemini başlatmıştır. Üretimin dijitalleşmesi, karmaşık sanal ürün modellerin uygulamasını körükleyerek, ürün gerçekleştirmenin tüm aşamaları dijital ikizleri-dijital üretim sürecini oluşturmuştur. Özellikle daha gerçekçi, sanal üretilen ürünlerin modelleri, gerçek ve sanal dünyaları yansıtırma, tasarım ve imalat arasındaki boşluğu kapatmadaki temel unsurlardandır.²

¹ Thomas H.-J. Uhlemanna , Christian Lehmann , RolfSteinheilpera: *TheDigitalTwin: RealizingtheCyber-PhysicalProductionSystemforIndustry 4.0*, “The 24.th CIRP Conference on Life CycleEngineering, 2017,P.335, <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-445708.html>

² Thomas H.-J. Uhlemanna , Christian Lehmann , RolfSteinheilpera: *TheDigitalTwin: RealizingtheCyber-PhysicalProductionSystemforIndustry 4.0*, “The 24.th CIRP Conference on Life CycleEngineering, 2017,P.335, <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-445708.html>

Dijital ikiz; bir ürün, hizmetin veya sürecin sanal bir modelidir. Diğer bir deyişle; fiziksel bir varlığın/nesnenin tam karşılığını-sanal bir ikizini yaratmak anlamına gelmektedir. Kısacası “Fiziksel nesnenin sanal kopyasıdır.”olarak adlandırılabilen dijital ikiz bir araba, bir makine, bir tren hatta bir jet motorunun dahi sanal kopyası olabilmektedir.³

Fraunhofer IOSB, “ *Dijital İkiz terimini, tüm geometri, kinematik ve mantık verileri dahil olmak üzere ürünlerin, makinelerin ve bileşenlerinin dijital araçlar yardımıyla modellendiği bir kavram olarak tanımlar. Dijital ikiz, gerçek fabrikadaki fiziksel varlığın görüntüsü olup, simülasyona, kontrole ve iyileştirilmeye olanak tanır.*”⁴

Dijital ikizin yaratılması, veri toplama zamanı arasında en aza indirilmiş bir gecikme ile bir optimizasyon olarak dijital eşdeğer sistemi oluşturulması prensibine dayanmakta olup, bu nedenle dijital bir veri toplama yaklaşımının varlığı elzemdir. Üretimde; Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamalarının yanı sıra, Lojistik ve Endüstriyel Süreçlerdeki hizmetlerde bu kavramın içinde yer almaktadır.⁵

Bunun için tüm üretim süreçlerinin uyumu ve maksimum veri akışının sağlanması zorunlu olup; özellikle,

- **üretimin optimize edilmesi ve dijitalleşmenin iyileştirilmesi ve**
- **daha ayrıntılı ve sağlıklı bir ürün maliyetlemesi ve hassas işler üreterek verimlilik artışı**

hedeflenmesi büyük önem taşımakta olup, bilim ve araştırmalarda dijital ikiz yoğun olarak tartışılan bir kavramdır. Dijital modelleri gerçek durum verileriyle ilişkilendirmek, fabrikaları daha verimli ve ürünleri daha müşteri odaklı hale getirebilecek çok çeşitli uygulamalar vaat etmekte olup; 4. Sanayi Devrimi sürecindeki gelişmeler, artık dijital ikizi kuramsal kavramlardan gerçek fayda elde etmek isteyen şirketlerin odağına taşımaktadır. Süreçler ve sistemler artık dijital ikizin kullanımına hazır hale getirilmek zorunda olması nedeniyle incelenmesi, çalışma konusu olarak seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri, Dijital İkiz.

Jel Kodu: L 63, M 40, M 41

³ “Dijital İkiz (DigitalTwin) Nedir?Endüstri4.0 ve Dijital İkizlerin Önemi”,28.12.2020,<https://www.entec.com.tr/dijital-ikiz-digital-twin-nedir-endustri-4-0-ve-dijital-ikizlerin-onemi/>,Erişim Tarihi:05.01.2022

⁴ “DigitalerZwilling - dasSchlüsselkonzeptfürIndustrie4.0”,<https://www.iosb.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/automatisierung-digitalisierung/anwendungsfelder/digitaler-zwilling.html>, Erişim Tarihi: 05.01.2022

⁵ Thomas H.-J. Uhlemanna,Christian Lehmann , Rolf Steinhilpera: TheDigitalTwin: RealizingtheCyber-PhysicalProductionSystemforIndustry 4.0”, “The 24.th CIRP Conference on Life CycleEngineering, 2017,P.335, <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-445708.html>

1. GİRİŞ

Rekabetin yoğun olduğu günümüz pazarlarında, pazara çıkış süresini kısaltma ya da artırma istekleri, ürün geliştirme performansı, sıklıkla dijital ikizler olarak anılan karmaşık sanal ürün modellerine daha hızlı uygulama olanağı yaratmaktadır. Üretimin dijitalleşmesiyle sağlanan siber-fiziksel üretim sistemleri, model tabanlı sistem mühendisliği ile veri toplama ve işleme vb. modeller üretim ve operasyon verileriyle giderek daha fazla zenginleştirilmektedir. Ayrıca, ürün ve süreç geliştirme sürecinin sonuçlarının etkin bir şekilde belirlenerek, işletimi maliyetli ve zaman alıcı fiziksel piyasalara ihtiyaç duymadan ürün davranışına yönelik hizmet kararları kolayca öngörülebilmiştir. Bu ise; özellikle tasarımda, bu tür gerçekçi ürün modelleri, tasarım kararlarının mekanik ürünlerin kalitesi ve işlevi üzerindeki sonuçlarının değerlendirilmesiyle beraber, hızlı ve verimli üretime olanak sağlamıştır.

Dijitalleştirme, nesneleri gerçek dünyadan dijital dünyaya sanal olarak kopyalamayı ve her iki dünyayı da senkronize ederek birbirine bağlamayı mümkün kılmaktadır. Bu şekilde, bir makine veya sistem gibi gerçek bir nesnenin dijital bir görüntüsü oluşturulabilmektedir.⁶Bununla birlikte, dijital ikiz, birçok şirket için yeni bir kavramdır. Böyle bir proje için organizasyonda kabul ve gerekli taahhüdü almak ve sürdürmek için, mümkün olan en kısa sürede somut sonuçlara ulaşmak önemlidir. Bir yandan sorunları tanımlamak ve değerlendirmek ve vakaları birlikte kullanmak veya bunlara dayalı uygun çözümler geliştirmek için tasarım odaklı düşünme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Öte yandan proje uygulamalarında çevik yöntemler kullanılmaktadır.⁷ Buna bağlı olarak ta; dijital ikizlerin uygulanmasına yönelik mevcut yaklaşımlar, kavramsal bir temelden yoksun oluşu, dijital ikiz vizyonunun tasarım ve üretim mühendisliğindeki çeşitli faaliyetlere uygulanabilirliğini engellemektedir. Kapsamlı dijital hizmet veren tasarım ve üretim mühendisliğinde fiziksel ürünün ikizi olan kapsamlı bir uygulama modelinin büyük önem taşıyan ölçeklenebilirlik, birlikte çalışabilirlik, genişletilebilirlik ve aslına uygunluk vb. özelliklerin yanı sıra bileşim, ayrıştırma, dönüştürme gibi ürün yaşam döngüsü boyunca bu dayanak model ve değerlendirilmesi gereklidir. Ayrıca, bu referans modelin geometrik varyasyonlara uygulanması yönetimi de öne çıkmaktadır.

Öte yandan, dijital ikiz uygulamaları, tasarımcıların ve mühendislerin nihai sistem üzerinde el sıkışmadan önce mevcut sistemi ve önerilen senaryoları test edebilecekleri, gerçek sistemleri veya hizmetleri doğrudan yansıtan sanal ortamdaki mo-

⁶ DigitalerZwilling "https://www.all-for-one.com/de/themen-impulse/iot-machine-learning/digitaler-zwilling/,Erişim Tarihi:19.12.2021

⁷ DigitalerZwilling "https://www.all-for-one.com/de/themen-impulse/iot-machine-learning/digitaler-zwilling/,Erişim Tarihi:19.12.2021

dellerdir. 2017 yılında dünyaca ünlü araştırma ve danışmanlık firması Gartner Inc. tarafından en iyi 10 stratejik teknoloji trendinden biri seçilen dijital ikiz teknolojisi, üretim açısından vazgeçilmez bir konuma gelmiştir. Bu durum, aynı zamanda en kritik endüstrilerde dijital ikiz uygulamaları nelerdir sorusunun cevabıdır.⁸

Teknolojik büyümenin hızıyla, üretimdeki dijital dönüşüme ayak uydurmak her zaman kolay olmamakla birlikte, Endüstri 4.0 ile birlikte nesnelerin interneti içindeki **“dijital ikiz”** kavramına ve dijital dönüşümü sağlamadaki ana rolüne yakından incelemek bakmak büyük önem taşımaktadır. Dijital ikiz teknolojisi 2002 yılından itibaren ortaya çıkmış olsa da yüksek maliyetler nedeni ile tam anlamıyla uygulanamamış ve nesnelerin interneti sayesinde maliyetler düşürülerek üretim için olmazsa olmaz unsurlardan biri haline gelmektedir.⁹

2. DİJİTAL İKİZ KAVRAMI

Fiziksel ve siber dünya arasında bir köprü olan dijital ikiz (**digital twin**); herhangi bir maddenin, hizmetin veya cihazın fiziksel olarak var olmasa dahi; dijital ortamda bire bir kopyasının-aynısının oluşturulmasıdır. Sensörler veya nesnelerin interneti ile birlikte fiziksel ortamdan alınan tam zamanlı veriler, ilk olarak dijital ikize aktarılır, dijital ikizde bu veriler işlenerek analiz edilir ve çıktıları ilgili paydaşlara sunulur. Tüm bu süreç sayesinde gerçekleşebilecek sonuçlar çok kısa zamanda maliyet kaybı yaşanmadan fark edilir ve üretime geçilmeden yaşanabilecek sorunlar tespit edilir. Kısacası dijital ikiz, iş sonuçlarını yönlendirmek için kullanılan ve imalat, depolama çözümü üreten şirketler tarafından birçok amaç için uygulanabilen canlı modellerdir.

Kısaca, Dijital İkiz, çeşitli amaçlar için kullanılabilen somut veya soyut bir nesnenin bilgisayarlı bir modelini ifade etmektedir. **“Dijital Avatar”** terimi de seçici olarak kullanılmaktadır.¹⁰

Ürün veya süreç geliştiren şirketler için, dijital ikiz uygulamaları iş/faaliyet performansını artırmayı ve maliyetleri düşürmeyi vaat etmekle beraber, sadece mühendislerin yaratıcılığını, yenilikçi gücünü ve ekip olarak verimliliğini arttırmakla kalmayacak; pazarlama, satış ve müşteri tabanınıza hizmet verme ve yönetim biçimini de etkileyecektir. Genel olarak dijital ikiz teknolojisi iş/faaliyet verimliliğini büyük ölçüde artıracak, firmayı müşterilerine daha da yakınlaştırarak daha fazla tasarruf

⁸ “Dijital İkiz Nedir?” 01 Kasım 2019, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi:20.06.2022

⁹ “Dijital İkiz Nedir?” 01 Kasım 2019, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi:20.06.2022

¹⁰ Stefan Grösser: “Definition: Wasist “DigitalerZwilling ?”, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371>,

ile güçlü bir rekabet pozisyonu sağlayacağı gibi üreticilerin ve mühendislerin pek çok faaliyeti başarmasına yardımcı olacaktır.¹¹

2.1. Dijital İkiz Tanımı ve Özellikleri

Dijital İkiz, yaşam döngüsünü kapsayan bir nesnenin veya sistemin sanal bir temsildir. Gerçek zamanlı verilerden güncellenerek ve karar vericilere bu nesne veya sistem hakkında karar vermede yardımcı olmak için simülasyon, makine öğrenimi ve muhakeme tekniği olarak kullanılmaktadır. Ek olarak, Dijital İkiz performans verilerini ileten cihazlara gömülü sensörler yardımıyla işletmelerin ürünlerini ve makinelerini dönüştürmelerine yardımcı olmaktadır. Bu döngü, işletmelerin sorunları önceden tanınmasını ve çözmesini sağlayarak onları çok daha verimli hale getirmektedir.¹²

Mühendis ve üreticilerin özelliklerle;

- Kullanımdaki ürünleri gerçek kullanıcılar tarafından gerçek zamanlı olarak görselleştirmek,
- Dijital bir iş parçacığı oluşturmak, farklı sistemleri birbirine bağlamak ve izlenebilirliği teşvik etmek,
- Öngörüye dayanan analitik ile varsayımları iyileştirmek,
- Uzaktaki ekipmanlarda sorun gidermek,
- Sistem sistemleri içindeki karmaşıklıkları ve bağlantıları yönetmek

vb. faaliyetleri başarıyla gerçekleştirmesine olanak veren ve aynı zamanda dijital ikiz ve nesnelerin internetlerinin devreye girdiği yerler de vardır. Örneğin bir dijital ikiz, bir varlığın oluşumunu yaşam döngüsü boyunca anlatmak için bağlı sensörlerden gelen verileri kullanabilmektedir.

Bu sayede nesnelerin interneti verileriyle, örneğin sıcaklık ve nem gibi belirli varlık sağlığı ve performans göstergeleri ölçülebilir. Mühendislerin, bu verileri sanal modele veya dijital ikizle birleştirerek, aracın kendisinden gerçek zamanlı geri bildirimle aracın gösterdiği performansı tam olarak görebilmesine olanak sağlayan bu yeni yaklaşımın örnekleri otomotiv, sağlık ve üretim gibi pek çok sektörde uygulama alanı bulmaktadır.¹³

¹¹ "Dijital İkiz Nedir?" 01 Kasım 2019, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi: 20.06.2022

¹² Anshari, Muhammad, Mohammad N. Almunawar, and Masairol Masri. 2022. "Digital Twin: Financial Technology's Next Frontier of Robo-Advisor" *Journal of Risk and Financial Management* 15, no. 4: 163. <https://doi.org/10.3390/jrfm15040163>

¹³ "Dijital İkiz Nedir?" 01 Kasım 2019, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi: 20.06.2022

Formula 1: Her saniyenin çok çok önemli olduğu Formula 1 otomobil yarışını geliştirmek için dijital ikizteknolojisi kullanılmakta olup, bu tekniksayesinde sürücülerin hangi hamlesinin ve otomobil ekipmanlarında ki hangi ayarların otomobil performansını artırabileceği bilinmektedir. Bu durumun önemi McLarenGroup'un teknoloji yan kuruluşu olan McLaren Applied Technologies'de eski bir genel müdür ve başkan yardımcısı olan Peter van Manen tarafından **"Dijital ikiz bize tüm süreçlerde yardımcı olan mükemmel bir tekniktir"** ifadesinde belirtilmektedir.

Singapur: Singapur'un bir dijital ikizi olduğunu çok kimse bilmemektedir. Oysa bu teknoloji sayesinde enerji tüketiminin verimliliğinden vatandaşların yaşamını iyileştirebilecek birçok uygulamaya kadar kentin yönetimine giren pek çok değişken iyileştirilebilmektedir. Ayrıca büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve sanal gerçeklik sayesinde bir şehrin karmaşık sistemini dijital dünyaya aktarmak artık mümkün olduğundan ve şehir planlamacılarının çok fazla risk almadan çözümleri test etmesine olanak sağladığından burası bir şehir laboratuvarı ve uzmanların dijital ikiziyle çalıştığı bir inovasyon-merkezi.

Dijital ikiz teknolojisi, şu anda mevcut olan en önemli Endüstri 4.0 teknolojilerinden de birisidir. Dijital İkiz, üretim hattının ve üretim sürecinin tüm yönleri hakkında bize fikir vermektedir. Bu yüzden de mühendisler başta olmak üzere birçok disiplin tarafından kullanılmaktadır. Temel felsefesi, önceki modelin ayrıntılı bir geçmişine sahip olarak, hataları düzeltebilme ve yeni, daha güvenilir sürümler oluşturabilme yeteneğidir. Başka bir deyişle, dijital ikizler mühendislere de fiziksel varlıklara, süreçlere ve sistemlere bakmalarına, keşfetmelerine ve değerlendirmelerine olanak tanıyan sanal araçlar sağlar. Bu yetenek ile şu anda olup bitenlerin yanı sıra gelecekte de ne olacağına dair doğru bir görüş elde etmek mümkündür.¹⁴

2.1.1. Dijital İkizin Tarihsel Gelişimi

Endüstri 4.0 senaryosu, Siber-Fiziksel Sistemler (CPS), Nesnelerin İnterneti (IoT), Büyük Veri analitiği ve yıllar içinde ortaya çıkan diğer teknolojiler gibi yeni farklı teknolojik yaklaşımlar hakkında sürekli olarak yeni tartışmalar getirmektedir. Dijital İkiz kavramı da bu tartışmalar arasındaki en önemli gelişmelerden bir tanesidir. Dijital İkiz, belirtilen teknolojileri yapay zeka ile birleştirerek ve diğerlerinin yanı sıra simülasyon fiziksel varlıkları sanal olarak temsil etmektedir.¹⁵

¹⁴ "Dijital İkiz Nedir? Faydaları Nelerdir?" 18 Ekim 2020, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz-nedir-faydaları-nelerdir/>, Erişim Tarihi: 25.05.2022

¹⁵ M. A. N. de Andrade, H. A. Lepikson and C. A. T. Machado, "A New Framework and Methodology for DigitalTwin Development," 2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON), 2021, pp. 134-138, doi: 10.1109/INDUSCON51756.2021.9529701.

İkiz konsepti, 1960 yıllarındaki görevler sırasında uzay gemilerinin davranışlarını yansıtmak için en az iki özdeş uzay gemisinin oluşturulduğu ve fiziksel ikizler olarak kullanıldığı NASA'nın Apollo programına kadar uzanmaktadır. Daha sonra, terimin daha çok tartışılmaya başlandığı 2010 yıllarında NASA tarafından uzay gemilerinin davranışlarını dijital olarak yansıtmaya çalışırken dijital ikiz kavramı kullanılmıştır. Dijital İkiz kavramı, ilk kez 2002 yılında bir sunum sırasında ortaya çıkmış olup; Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) dijital ikizlerle ilgili tüm tartışmaların çıkış noktasıdır ve ilk resmileştirilmiş dijital ikiz kavramı;

- **Fiziksel nesneyi içeren fiziksel alan,**
- **Sanal nesneyi içeren sanal alan,**
- **Her iki nesne arasındaki bağlantı (fiziksel dünyadan dijital dünyaya ve tam tersi şekilde veri akışını sağlar.)**

olmak üzere; üç unsurdan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, 2003 yılında, Dijital İkiz kavramı tanınmış bilim adamı Michael Grieves tarafından ilk kez; **“Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi”** adlı kitabında dile getirilmiştir. Teknolojinin hızla gelişmesinin yanında, IoT ve Büyük Veri Analitiği alanında yaşanan pozitif ilerlemeler, Dijital İkiz kavramının 2003 yılından 2011 yılına kadar hızlı bir şekilde gelişmesine yardımcı olmuştur. Dijital İkiz ile ilgili ilk makale 2011 yılında yayınlanmış ve dijital ikizin mevcut uygulamalarda ne kadar yararlı olduğu detaylandırılarak açıklanmıştır. NASA, 2012 yılında dijital ikizlerin resmi tanımını yaparak aynısını Havacılık ve Uzay Endüstrisinde uygulamıştır. Ardından, Dijital İkiz ile ilgili geniş çaplı araştırmalar başlamış ve 2014 yılında, temel olarak, dijital ikizin bir kavramsal fikri geliştirilerek, birçok pratik uygulamada nasıl uyarlanabileceğini belirten ilk teknik incelemeler yayınlanarak, 2017 yılında Dijital İkiz yaklaşımı, önümüzdeki on yılda en umut verici on teknolojik trendden biri olarak sınıflandırılmıştır.¹⁶

2.1.2. Dijital İkizin Tanımı

Klasik tanıma göre; dijital ikiz(ikizler), bir nesnenin dijital kopyasıdır. Bu nesne canlı veya yapay olabilmesine karşın bu konunun özünü değiştirmez. Bu kavram, gerçek fiziksel varlıkların yanı sıra süreçlerin, insanların, mekanların, sistemlerin ve cihazların dijital bir kopyasını ifade eder. Dijital ikizler, fiziksel varlıklar ile sanal dünya arasında sorunsuz veri aktarımı sağlayarak, fiziksel varlıkların kontrolü, anlaşılma ve optimizasyonunu kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Dijital İkiz teknolojisi, ger-

¹⁶ P. V, L. P, N. J. Jain, N. L P, N. H and B. K, “DigitalTwinTechnology: A BirdEyeView,” 2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), 2021, pp. 1069-1075, doi: 10.1109/ICIRCA51532.2021.9545020.

çek ve sanal dünyaların birleşik bir görünümünü sağlayarak Endüstri 4.0 dünyasında kritik bir rol oynamaktadır. Genel olarak, bu, IoT (M2M) için platform çözümlerini kullanmanın özel (dikey) bir örneği olarak, dijital ikiz tanımı gereği, aynı zamanda simülasyon araçlarının dijital ikizi oluşturmak için kullanılabileceği bir simülasyon modeli içermelidir. Yani simülasyon, bazı fiziksel modellerin dijital bir prototipini oluşturma ve analiz etme süreci olup; bu prototiple gerçek dünyadaki fiziksel bir modelin davranışını (özellikleri değerlendirilerek) kesin olarak öngörmesi amaçlanmaktadır.¹⁷

2.1.3. Dijital İkizin Unsurları

Bir fiziksel nesnenin veya sistemin yaşam döngüsü boyunca sanal temsilcisi olan dijital ikiz, daha iyi karar verme için öğrenmeyi, muhakemeyi ve dinamik olarak yeniden kalibre etmeyi etkinleştirmek için gerçek zamanlı verileri ve diğer kaynakları kullanır.¹⁸ Bu kaynakların kullanımında gereken veri akışlarını gerçekleştiren unsurlar ise;¹⁹

- Fiziksel İkiz'den, Dijital İkize veri akışının etkinleştirilmesi ve
- Fiziksel İkiz'in veri almasıdır.

2.1.3.1. Çift Yönlü İletişim

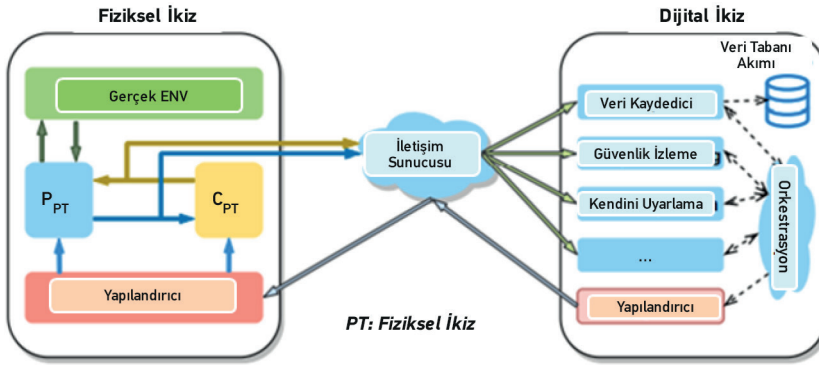
Bir dijital gölgeyi, dijital ikize dönüştürmek için, iki yönlü iletişimin, yani bir Fiziksel İkizden, Dijital İkize veri akışının etkinleştirilmesi gerekmektedir. Ek olarak, Fiziksel İkiz'in veri alması için bazı değişiklikler yapılmalıdır. Buna kontrol cihazını Dijital İkiz'den mesaj alacak şekilde güncellemek ve parametrelerini yeniden yapılandırmak örneğini verebiliriz. Bir dijital ikiz örneği, Şekil 2'den görüleceği gibi, fiziksel ikize konfigüre edilebilir hale getirmek için bir konfigüratör özelliği ile beraber dijital gölgeye Dijital İkiz'e dönüştürmek için konfigürasyon servisi eklemelidir.²⁰

¹⁷ O. Pokusaev, A. Chekmarev and D. Namiot, "On DigitalTwinfor Metro System," 2021 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), 2021, s. 1, doi: 10.1109/EWDTS52692.2021.9581028.

¹⁸ Kalibrasyon, belirlenmiş koşullar altında, doğruluğu bilinen bir ölçüm standardını veya sistemini kullanarak diğer test ve ölçüm aletinin doğruluğunun ölçülmesi, sapmalarının belirlenmesi ve doküman haline getirilmesi için kullanılan ölçümler dizisidir.

¹⁹ H. Feng, C. Gomes, C. Thule, K. Lausdahl, A. Iosifidis and P. G. Larsen, "Introduction to Digital Twin Engineering," 2021 Annual Modeling and Simulation Conference (ANNSIM), 2021, pp. 1-12, doi: 10.23919/ANNSIM52504.2021.9552135.

²⁰ H. Feng, C. Gomes, C. Thule, K. Lausdahl, A. Iosifidis and P. G. Larsen, "Introduction to Digital Twin Engineering," 2021 Annual Modeling and Simulation Conference (ANNSIM), 2021, pp. 1-12, doi: 10.23919/ANNSIM52504.2021.9552135.

Şekil 1: Siber-Fiziksel Sistemler(CPS) Tabanlı Dijital İkizlere Şematik Genel Bakış

Fiziksel ikizden toplanan veriler, güvenlik izleme, kendi kendine uyarlama gibi daha fazla kullanım için iletişim sunucusu aracılığıyla dijital ikize gönderilir. Ayrıca dijital ikiz, iletişim sunucusu aracılığıyla fiziksel ikize geri bildirim de gönderebilir. Çift yönlü iletişimi gerçekleştirmede kullanılabilecek birçok teknoloji mevcut olup, örneğin, yukarıda belirtildiği gibi Ditto ve RabbitMQ çift yönlü iletişimin etkinleştirilmesini sağlarken, siber güvenliği sağlamanın önemli zorluklarını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, eski sistemler, güvenliği artırmak için gerekli yazılım yamalarını yapamadıkları ve internete bağlanamadıkları için, kesintiler yaşanabilmektedir.

2.1.3.2. Kendi Kendine Adaptasyon

Kendi kendine adaptasyon, bir bilgisayar sisteminin çalışma algoritmalarının parçalarını zaman içinde değiştirme yeteneğidir. Siber-Fiziksel Sistemler'in (CPS) hızla artan karmaşıklığı ile birlikte bir fiziksel ikizden gelen devasa verileri anlamak ve fiziksel ikize uygun tepkiye karar vermek oldukça önemlidir. Dijital İkiz, kendi kendine uyarlamayı gerçekleştirmek ve büyük miktarda veriyi zamanında işlemek için kullanılabilir. Bununla birlikte, kendi kendini uyarlama prosedürleri çok karmaşık olabilmekte ve büyük ölçüde alan bilgisine dayanmakta olup, uygulamaya göre özelleşmektedir. (Örneğin, kuluçka makinesi için kendi kendine uyarlama döngüsü, bir robot manipülatörü için kendi kendine uyarlama döngüsünden oldukça farklıdır.) Bu arada, sistemi nasıl yeniden yapılandıracağını en iyi bilen kişiler, bu kendi kendine adaptasyon döngülerini kodlayabilen kişiler olmayabilirler. Bu nedenle, alan uzmanlarının dijital ikizi değiştirmesini sağlayan diller ve çerçeveler bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır.

Ayrıca, yeni konfigürasyonun (yapılandırma) ve sistemi mevcut konfigürasyondan yenisine taşıma eyleminin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi çok önemlidir.

Ulaşılabilirlik analizi gibi teknikler burada önemli rol oynamaktadır. Örnek olarak, kuluçka makinesine uygulanan aşağıdaki kendi kendine adaptasyon döngüsünü verebiliriz. Bu adımlar;²¹

- Bir anormallik algılandığında başlaması: Bu, örneğin kuluçka makinesine yerleştirilen bir nesne (örneğin bir kova buz) nedeniyle olabilir. Sistemdeki değişiklikleri algılamak için kalman filtresi ve anomalidedektörü kullanılabilirliği,
- İlgili verileri toplamak için bir deney planlanması: Bu deneyin doğası uygulamaya özeldir ve deney tasarımı bunun için kullanılabilirliği,
- Yeni deneyi programlamak için denetleyiciyi yapılandırılması,
- Veri kaydediciyi kullanarak deney verilerini toplanması,
- Yeni deneyler için parametre tahmininin çalıştırılması,
- Kalman Filtresini yeni parametrelerle yeniden yapılandırılması,
- Kontrolör davranışlarını optimize etmek için Ne-eğer simülasyonlarını çalıştırılması,
- Denetleyicinin yeniden yapılandırılması.

2.1.4.Dijital İkizin Anlam ve Önemi

Dijital İkiz (DT), fiziksel (IoT) cihazlarını dijital alana anında eşlemek için umut verici bir teknoloji olarak, IoT cihazlarının dinamik durum bilgilerini gerçek zamanlı olarak yakalayabilmektedir. Ayrıca, gelişmiş sensör teknolojisinin yardımıyla 6G'de dijital ikiz, sanal nesne ile fiziksel varlık arasında son derece güvenilir ve anında bağlantı sağlamaktadır. Spesifik olarak, yazılım tanımı ve sensör güncellemesi yoluyla, fiziksel dünyadan haritalanan sanal bir nesne, dijital alanda oluşturulabilir ve sanal nesne, gerçek zamanlı sensör verileri aracılığıyla geliştirilmektedir. Ayrıca, IoT cihazlarının gerçek zamanlı gelişmiş sanal nesneleri, yeterli bilgi işlem kaynakları nedeniyle genellikle sunucularda tutulmaktadır.²²

Bu arada, IoT cihazları için, sunuculardaki dijital ikiz akıllı bir model oluşturmalarına yardımcı olduğunda, sunucunun yalnızca kendilerinden gelen verilere değil, aynı zamanda diğer dağıtılmış IoT cihazlarından ve sunucularından gelen verilere

²¹ H. Feng, C. Gomes, C. Thule, K. Lausdahl, A. Iosifidis and P. G. Larsen, "Introduction to Digital Twin Engineering," 2021 Annual Modeling and Simulation Conference (ANNSIM), 2021, pp. 1-12, doi: 10.23919/ANNSIM52504.2021.9552135.

²² J. Zhang, Y. Liu, X. Qin and X. Xu, "Energy-Efficient Federated Learning Framework for Digital Twin-Enabled Industrial Internet of Things," 2021 IEEE 32nd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2021, pp. 1160-1166, doi: 10.1109/PIMRC50174.2021.9569716.

de dayanması gerektiği dikkate değerdir. Bununla birlikte, ticari rekabet ve gizlilik koruması amacıyla, farklı operatörlerden farklı sunucuların, IoT cihazlarının yakalanan sensör verilerini, dijital alanda değiş tokuş etme istekliliği yavaştır. Bu da veri adaları sorununu beraberinde getirmekte ve yapay zeka tabanlı IoT için büyük bir zorluk oluşturmaktadır.²³

Diğer bir yaklaşıma göre, dijital ikiz, fiziksel bir sistemin öğeleri ve dinamiklerinin sanal bir temsilcisi olup; belirli bir sistemin dinamiklerini incelemek için makine öğrenimi, veri analitiği ve çoklu fizik simülasyonunu kullanmaktadır. Dijital İkizler,

- İzleme Dijital İkizleri,
- Simülasyon Dijital İkizleri ve
- Operasyonel Dijital İkizler

olarak sınıflandırılabilir. Bir izleme ikizi, bir fiziksel sistemin (örneğin, otonom araba gösterge paneli) durumunun izlenmesini desteklerken, bir simülasyon ikizi, gelecekteki durumlar hakkında bilgi sağlamak için, çeşitli simülasyon araçlarını ve makine öğrenimi şemalarını kullanmaktadır. Bu arada, operasyonel bir ikiz, sistem operatörlerinin siber-fiziksel bir sistemle etkileşime girmesine ve analiz ve sistem tasarımına ek olarak farklı eylemler gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır.²⁴

Dijital ikizin özü, fiziksel uzaydaki nesneleri dijital yöntemlerle sanal uzaya eşlemek olup; sanal uzayda, fiziksel nesnelerin dijital modelleri oluşturulmakta ve dijital simülasyon yöntemleriyle yaşam döngüsünün çalışma yasası oluşturulmaktadır. Ayrıca fiziksel nesneler, sanal uzay nesnesinin çalışma yasasına göre, kontrol edilebilmesi nedeniyle, sanal alan ve fiziksel alan, dijital ikiz platformun temel bileşenleridir. Ek olarak, iki alanın işletilmesi ve yönetilmesi için bir servis terminali gerekmektedir.²⁵

İki tür dijital ikiz modeli bulunmakta olup, bunlar²⁶:

²³ J. Zhang, Y. Liu, X. Qin and X. Xu, "Energy-Efficient Federated Learning Framework for DigitalTwin-Enabled Industrial Internet of Things," 2021 IEEE 32nd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2021, pp. 1160-1166, doi: 10.1109/PIMRC50174.2021.9569716.

²⁴ Latif U. Khan, Walid Saad, Dusit Niyato, Zhu Han, ChoongSeon Hong, Digital-Twin-Enabled 6G: Vision, Architectural Trends, and Future Directions, 2102.12169.pdf (arxiv.org)

²⁵ Y. Yang, W. Meng, H. Li, R. Lu and M. Fu, "A DigitalTwin Platform for Multi-Rotor UAV," 2021 40th Chinese Control Conference (CCC), 2021, pp. 7909-7913, doi: 10.23919/CCC52363.2021.9550249.

²⁶ D. Palchunov and A. Vaganova, "Methods for Developing Digital Twins of Roles Based on Semantic Domain-Specific Languages," 2021 IEEE 22nd International Conference of Young Professionals in Electronic Devices and Materials (EDM), 2021, pp. 515-519, doi: 10.1109/EDM52169.2021.9507716.

- **Dijital İkiz Prototip:** Fiziksel bir versiyonu tanımlamak ve oluşturmak için gereken bilgileri içerir. Genellikle nesne, 3D model, hammadde listeleri, parçalar, bileşenler, üretim süreçlerinin açıklamaları vb. için gereksinimleri içerir.

- **Dijital İkiz Örnek:** Tüm hizmet ömrü boyunca konu nesneyle ilişkili belirli bir fiziksel varlığı kapsar. Bu kavram aynı zamanda Dijital İkizler Topluluğu olarak da tanımlanmakta olup; dijital ikizin tüm örneklerine erişim yetkisi olan, bilgi talep etme ve temelinde tahminler oluşturma yeteneğine sahip bir hesaplama yapısıdır.

2.1.4.1. Dijital İkizin Vizyonu

Dijital İkizin vizyonu kendisinin kapsamlı bir fiziksel ve işlevsel olabilecek tüm bilgileri az ya da çok içeren bir bileşen, ürün veya sistemi kapsayan tüm - mevcut ve sonraki - yaşam döngüsü aşamalarında sağladığı faydalardır. Bağlı sensörler, Büyük Veri Analitiği ve Yapay Zeka (AI) uygulamaları dahil olmak üzere, dijital ikize entegre edilebilecek birçok güçlü bilişim teknoloji unsurlarının gelişmesine bağlı olarak, artık günümüzde dijital ikiz/ikizler endüstride önemli ölçüde kullanım alanı bulmaktadır. Dijital ikiz çözümleri, zamanla hem daha sağlam hem de daha uygun maliyetli hale gelmekte olmasının sonucu, kullanımı çok yakın zamana kadar hacvicilik ve ağır makine sektörüyle sınırlı iken bu durum değişmekte ve artık akıllı şehirler, sağlık, sigorta ve kamu hizmetleri gibi çeşitli sektörlerde değişik kullanım örnekleri bulunmaktadır.²⁷

İleriye dönük dijital ikizler, başta imalat olmak üzere, birçok endüstride temel bilişim teknolojisi araçlarından biri olarak ortaya çıkmakta ve aynı zamanda çok çeşitli alanlarda ürün geliştirme ve ürün testlerinde devrimsel çığır açmaktadır. Bu nedenle, bir şekilde yakalanıp analiz edilebilecek veriler ürettiği sürece, gelecekte üretilen hemen hemen her ürünün kendi dijital ikizi olabilecek ve böylece, **"Dijital Üçlü"** olarak bilinen bu konsept dijital ikizin evriminin bir sonraki aşamasını temsil edecektir. Örneğin, Boeing'in geliştirme amacıyla yeni bir uçağın yalnızca bir dijital ikizine sahip olması yerine, şirket yaptığı her uçak için benzersiz bir dijital modele sahip olacaktır. Bu bağımsız modeller, bağlı sensörlerden gerçek zamanlı olarak bilgiyle beslenebilecek ve ürün yaşam döngüsü, kestirimci bakım vb. hakkında gerçek zamanlı öngörüler yapmak için Yapay Zeka (AI) analizleri uygulanabilecektir. Ayrıca, giyilebilir cihazlardan gerçek zamanlı bilgi toplanabilecek ve bir kullanıcının benzersiz genetik kodunu içerebilecek ve bu bilgiyi teoride kullanarak gezegendeki her insan son derece kişiselleştirilmiş ancak uygun maliyetli tıbbi tedavi alabilecek-

²⁷ *TheFuture of DigitalTwins, TheFuture of DigitalTwins: NEC Insights | NEC*

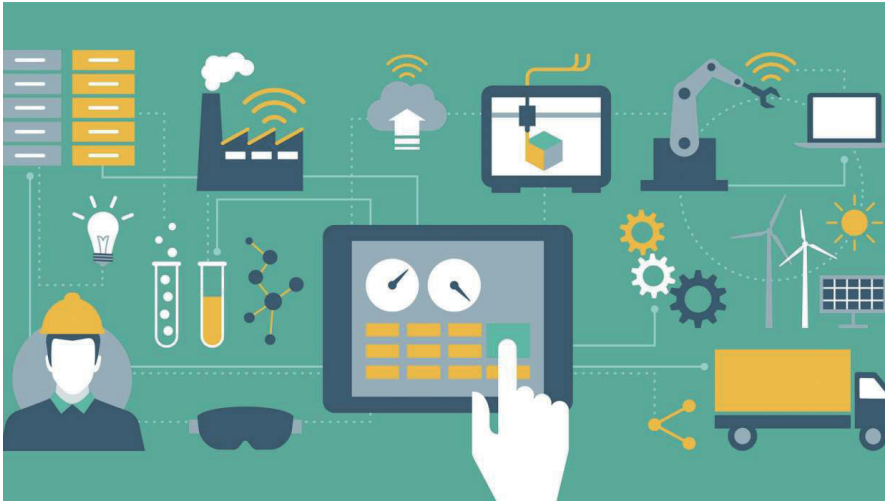
tir.²⁸ Öte yandan, Dijital İkizin değeri aşağıdaki gibi özetlenebilir:²⁹

- **Görünürlüğü Artırma,**
- **Pazara Çıkış Süresinin Azaltılması,**
- **Optimum Çalışmayı Koruma,**
- **Enerji Tüketiminin Azaltılması,**
- **Bakım Maliyetlerinin Azaltılması,**
- **Kullanıcı Katılımını Artırma,**
- **Bilgi Teknolojilerini Birleştirilmesi.**

2.1.4.2.Dijital İkiz ve Endüstri 4.0 İlişkileri

Fabrika operasyonlarındaki simülasyon teknolojileri sayesinde, makine kurulum ve ayarları sanal olarak yapıp zaman ve maliyet avantajı sağlamaktadır.

Şekil 3: Dijital İkizler Sanal ve Fiziksel Dünyası



Fiziksel dünyayı uzun süredir sanal dünyadan ayrı değerlendirmek mümkün olmayıp, sanal dünyanın temeli fiziksel dünyaya dayanırken, fiziksel dünyanın sınırları sanal dünya ile genişlemektedir. Bu iki dünyanın bir araya geldiği Sanal-Fiziksel Sistemler ise; şu iki önemli unsurdan oluşmaktadır: (Bölüm 215-Şekil 4)

²⁸ TheFuture of DigitalTwins, TheFuture of DigitalTwins: NEC Insights | NEC

²⁹ Fei Tao, Meng Zhang and A.Y.C. Nee, Digital Twin Driven Smart Manufacturing, Academic Press, London, 2019, s.22 <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02206-9>

- Birbirleri ile internet üzerinden ve atanmış bir internet adresi ile haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ;
- Gerçek dünyadaki nesnelerin ve davranışların bilgisayar ortamında simülasyonu ile ortaya çıkan sanal ortam.

Siber-Fiziksel Sistemler, sadece üretimde değil, Ar-Ge. tasarım ve pazarlama süreçlerinde de önemli farklar yaratabilmektedir. Örneğin, bir fabrika fiziksel olarak kurulmadan önce Yıldızgenin oluşturacağı bir simülasyon yoluyla kurulup gerekli bütün fizibilite çalışmaları bu simülasyon üzerinden yapılabilmektedir. Bu durum otomasyon uygulamalarının daha kısa sürelerde hatasız olarak tamamlanması ve tesisin operasyonundan sorumlu personelin yetkinliklerinin geliştirilmesinin önemini her gün daha da arttırır. Sunulan çözümler ile geliştirilen otomasyon uygulamasının gerçek tesisle aynı davranışı sergileyen bir dijital ikizinde test edilmesi ya da eğitim amaçlı olarak kullanılması ile beraber, ayrıca geliştirilen uygulamayı gerçek bir kontrolör olmaksızın test etmek yine mümkündür. Bu özellikleri ile Yıldızgenin çözümleri, projenin simülasyon gereksinimlerine göre uyarlanabilen, esnek ve diğer yazılım platformlarına entegre yapıda ideal bir simülasyon altyapısı oluşturmaktadır. Kısacası Siber-Fiziksel Sistemler, dolayısıyla da Endüstri 4.0, bugün belki hayal bile edemediğimiz çözümlerin üretilmesi, kaynak kullanımının iyileştirilmesi, verimliliğin artırılması anlamında gelecek vaat etmektedir.³⁰

2.1.4.3. Dijital İkiz ve Nesnelerin İnterneti

Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel nesnelerin üzerine yerleştirilmiş olan sensörler sayesinde sensörlerin izlediği tüm verileri alan ve işleyen bulut tabanlı bir sisteme bağlanması sonucunda, ürünün gerçek zamanlı verilerini almamızı mümkün kılıyor. Nesnelerin İnterneti dijital modelimizi fiziksel dünyanın bütün özelliklerini yansıtan gerçek bir ikiz haline getirmek için gereken verileri oluşturmamıza, paylaşmamıza, arşivlememize yardımcı olan bir altyapı sunar. Bir modele ne kadar fazla bilgi sağlarsanız o model sizin için o kadar doğru tahminlerde bulunabilir. Dolayısı ile anlık değişimleri sonuçlara yansıtacak şekilde sürekli bir bilgi akışı ve sonu gelmeyen bir analiz döngüsü kurmanız da gereklidir.³¹

Nesnelerin İnternet'i dijital ikizimizi fiziksel özelliklerimizi bütünüyle yansıtan gerçek bir ikiz haline getirmek için gereken verileri oluşturup dijital ikiz modelimizi

³⁰ <https://www.yildizgen.com/dijital-isletme-akilli-fabrika-akilli-teknoloji/uretim-simulasyon-fabrika-dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi:25.06.2022

³¹ Hakan Kahraman: "Nesnelerin İnternetinde Dijital İkizlerin Yükselişi", <https://www.endustri40.com/nesnelerin-internetinde-dijital-ikizlerin-yukselisi/>, (Kaynak:Dzone-IBM- i –scoop-Beyondplm-Siemens-)

üretmemize yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, bugün dijital ikizlerin ağırlıklı olarak Nesnelerin İnterneti'nde, mühendislik ve imalatla kullanıldığını görebiliriz. Uçak motorlarına veya IoT özellikli endüstriyel robotlar gibi daha karmaşık ve teknoloji yoğun fiziksel varlıkları içeren ürünlere baktığımızda neden dijital bir ikiz yaratma gereksinimi duyduğumuzu anlayabiliriz. Gerçek hayatta test etmenin maliyetli ve zor olduğu kompleks ürünlerden elde edilen verilerle oluşturulmuş bir dijital ikiz üzerinde testler yapmak ürünü fiziksel dünyaya sunmadan önce kolay yoldan denememizi sağlar.³²

2.1.4.4. Dijital İkiz ve Makine Öğrenimi

Basit uygulamalar için, dijital ikiz teknolojisi, makine öğrenimini kullanmak zorunda kalmadan değer sunabilmektedir. Basit uygulamalar, sınırlı sayıda değişken ve girişler ve çıkışlar arasında kolayca keşfedilebilen doğrusal bir ilişki ile karakterize edilir. Bununla birlikte, birden fazla veri akışıyla mücadele eden çoğu gerçek dünya sistemi, verileri anlamlandırmak için makine öğreniminden ve analitikten yararlanmaya hazırdır. Makine öğrenimi, bu bağlamda, daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilecek kalıpları ortaya çıkarmak/keşfetmek için bir veri akışına uygulanan herhangi bir algoritmayı ima eder. Örneğin, makine öğrenimi karmaşık analitik görevleri otomatikleştirebilir. Verileri gerçek zamanlı olarak değerlendirebilir, en az denetime ihtiyaç duyarak davranışı ayarlayabilir ve istenen sonuçların olasılığını artırabilir. Makine öğrenimi, maliyet tasarrufuna yol açabilecek eyleme geçirilebilir öngörüler üretmeye de katkıda bulunabilir.³³

2.1.5. Dijital İkiz Yapısı-Mimarisı

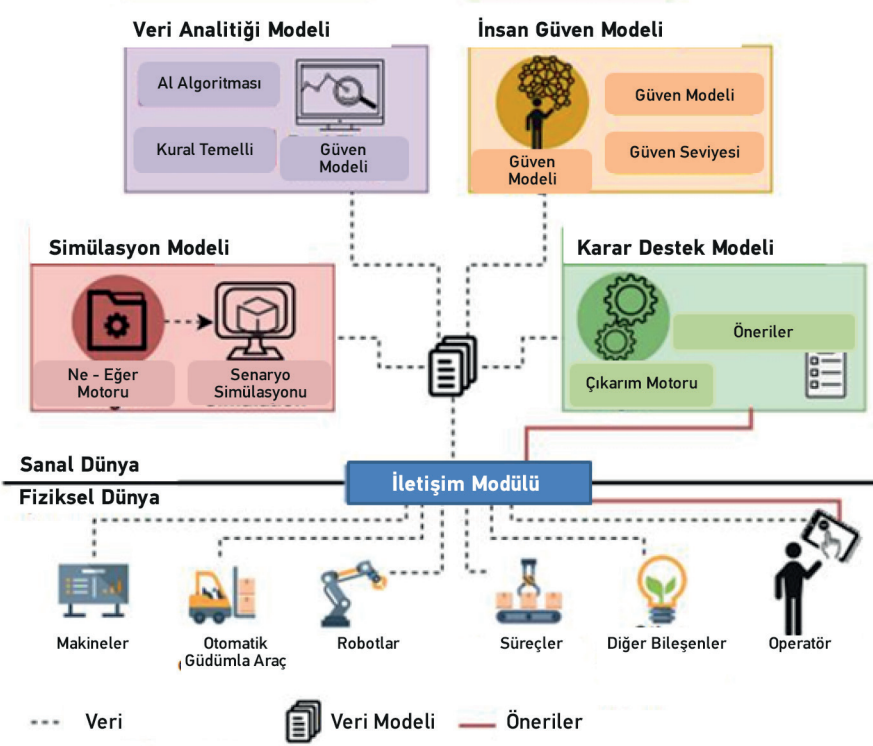
Dijital teknolojilerin, yani Dijital İkizlerin uygulanması ve kaynakların optimize edilme stratejileri ile verimli yönetimini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Şekil 4, daha önce yayınlanmış karar desteği için genel bir mimariye dayanan ve önerilen Dijital İkiz mimarisini göstermektedir.³⁴

³² Hakan Kahraman: "Nesnelerin İnternetinde Dijital İkizlerin Yükselişi", <https://www.endustri40.com/nesnelerin-internetinde-dijital-ikizlerin-yukselisi/>, (Kaynak: Dzone-IBM- i –scoop-Beyondplm-Siemens-)

³³ Madni, Azad M., Carla C. Madni, and Scott D. Lucero. 2019. "Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering" *Systems* 7, no. 1: 7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>

³⁴ F. Pires, B. Ahmad, A. P. Moreira and P. Leitão, "DigitalTwinbasedWhat-ifSimulationforEnergy Management," 2021 4th IEEE International Conference on IndustrialCyber-PhysicalSystems (ICPS), 2021, pp. 309-314, doi: 10.1109/ICPS49255.2021.9468224.

Şekil 4: Dijital İkiz Genel Mimarisi-Yapısı



Şekilden de görüleceği üzere; mimarlık-yapı, fiziksel dünya ve sanal dünya olmak üzere iki boyutu içerir. Birinci boyut olan fiziksel dünya söz konusu olduğunda, bu bir makine, bir robot, bir AGV (Otomatik Güdümlü Araç) veya dijitalleşme düzeyine ve Dijital İkizin amacına bağlı olarak üretim katındaki öğelerin ve süreçlerin konjugasyonu (gen aktarımı) ile temsil edilebilir; Sanal Dünya Boyutunda, İletişim Modülü, Simülasyon Modülü, Veri Analitiği Modülü, Karar Destek Modülü ve İnsan Güven Modülü olmak üzere beş modül üzerine inşa edilmiştir.

İletişim Modülünün birincil amacı, fiziksel ve sanal dünya arasında ve tam tersi iletişim kurmak ve Dijital İkiz mimarisini oluşturan sanal modüller arasında veri alışverişine izin vermektir. Bu modül, değiş tokuş edilen farklı veri türlerini standart bir şekilde düzenlemekten ve standart endüstriyel iletişim protokollerini (örneğin, OPC-UA, Modbus veya EtherNet/IP) kullanmaktan sorumlu bir veri modelinin kullanımını kapsar.

Simülasyon Modülü, doğrulama, değerlendirme ve doğrulama aracı olarak hizmet edebilecek fiziksel dünya varlıklarının veya sistemlerinin sanal kopyasının

farklı simülasyon senaryolarını çalıştırmaktan sorumludur. Bu modülün içinde, farklı parametre ve konfigürasyonların oluşturulabileceği ve fiziksel sistemin simülasyon modeline uygulanarak test edilebileceği çeşitli test senaryoları oluşturmaktan sorumlu bir Ne-Eğer motoru bulunmaktadır.

Veri Analitiği Modülünde, gerçek zamanlı izleme ve tahmin olmak üzere iki ana eylem gerçekleştirilir. Fiziksel sistemden toplanan gerçek zamanlı veriler kural tabanlı izlemeye tabi tutulur. Tahminleri gerçekleştirmek için sistemden toplanan geçmiş verilere yapay zeka algoritmaları (örneğin makine öğrenimi) uygulanır.

Karar Destek Modülü, Kafesteki İnsan (HiTM) ve Döngüdeki İnsan (HiTL) olarak insan operatörü de dahil olmak üzere, karar verme döngüsünde (stratejik ve/veya operasyonel) fiziksel dünyadaki operatörleri desteklemeyi amaçlar. Karar desteği, bilgi tabanlı bir çıkarım motorunun kullanımı yoluyla öneriler sağlayarak çalışır.

Son olarak, İnsan Güven Modülü, tavsiyelerin fiziksel dünyaya uygulanma düzeyini belirlemek için dijital ikizdeki insan operatörünün güven düzeyini değerlendirmekten sorumludur. Güven düzeyi, belirli bir öneri türü için güven düzeyini belirlemek için önceden tanımlanmış güven modellerini ve yapay zeka algoritmalarını (örneğin, pekiştirmeli öğrenme) kullanan bir güven motoru tarafından belirlenir. Sistemin güven düzeyi, kurulan güven modeline ve mevcut güven düzeyine göre belirlenecektir.

2.1.6. Dijital İkizlerde Kullanılabilecek Modeller

Dijital İkiz, sistem ve alt sistem düzeyinde, hesaplama açısından verimli ve yüksek doğrulukta ve güvenilir olan çeşitli modellere ihtiyaç duyacaktır. Ayrıca, modeller, bileşen toleransları, yaşlanma, hasar, sistem yeniden yapılandırması vb. nedeniyle ürünün performansındaki herhangi bir değişikliği hesaba katarak, ürünün tüm ömrü boyunca yüksek doğruluk sağlamalıdır. Bu nedenle, Dijital İkizin, ideal olarak, çalışması sırasında fiziksel sistemden toplanan verileri kullanarak kendi modellerini akıllı bir şekilde güncelleme ve iyileştirme becerisine sahip olması gerekmektedir.³⁵ bir dijital ikizde kullanılabilen modeller, önceden tanımlanmış matematiksel modellerden veriye dayalı ampirik modellere kadar sürekli bir spektrumda bulunur ve hibrit yaklaşımlar arada bir yere düşer.

³⁵ A. Wunderlich, K. Boothand E. Santi, "HybridAnalyticaland Data-DrivenModeling Techniquesfor DigitalTwin Applications," 2021 IEEE ElectricShip Technologies Symposium (ESTS), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/ESTS49166.2021.9512364.

Şekil 5: Dijital İkiz Kullanım Modelleri

a) Beyaz Kutu Modelleri: Beyaz kutu modelleri, ölçülen sistem verilerine sıfır bağımlı olan önceden tanımlanmış analitik modellerdir. Beyaz kutu modelleri davranışsal ve/veya fizik tabanlı olabilir. Modelde kullanılan tüm matematiksel denklemler ve parametreler, model oluşturulduğunda doğrudan model geliştiricisi tarafından bilinir ve belirtilir. Tipik bir mühendislik tasarım süreci sırasında yürütülen çoğu çevrim dışı simülasyon, beyaz kutu modelleri olacaktır. Geleneksel beyaz kutu modelleri son derece öngörülebilir ve güvenilir olup, model geliştiricisi, modelin davranışını belirleyen denklemleri ve parametreleri açıkça programladığı için modelin davranışıyla ilgili herhangi bir belirsizlik yoktur. Bununla birlikte, fiziksel sistem ömrü boyunca önemli değişikliklere uğrarsa, modeller değişiklikleri yansıtmayacak şekilde çevrimiçi olarak güncellenmediğinden beyaz kutu modellerinden ayrılabilir.

b) Kara Kutu Modelleri: Karşı uçtaki kara kutu modelleri, yüksek düzeyde yapılandırılabilir bir genel amaçlı modelleme yapısı seçilerek ve ampirik veriler kullanılarak model parametrelerinin ayarlanmasıyla oluşturulan tamamen veriye dayalı modellerdir. Bir kara kutu modelinde, model geliştiricisi tarafından hiçbir sistem denklemi veya parametresi dikte edilmemekte olup modelin davranışı, onu oluşturmak için kullanılan ampirik veriler tarafından tamamen belirlenir. Geleneksel makine öğrenimi modelleri kara kutu modelleridir. Kara kutu modelleri, matematik kullanılarak açıkça tanımlanamayacak kadar karmaşık problemler için son derece kullanışlıdır. Örneğin, kara kutu makine öğrenimi modelleri, özellikle yapay sinir ağları, konuşma tanıma veya görüntü sınıflandırma gibi alanlarda olağanüstü ve benzeri görülmemiş bir başarı göstermiştir. Kara kutu modelleri, güç ve enerji sistemlerinin modellenmesinde de bir miktar kullanım bulmuştur, ancak kısmen bu sistemleri tanımlayan yaygın olarak mevcut matematik bilgisini kullanmadıkları için beyaz kutu modellerinden daha az yaygındır.

c) Gri Kutu Modelleri: Beyaz kutu ve kara kutu yöntemleri arasında kalan gri kutu modelleri, her ikisinin faydalarını birleştirmek için önceden tanımlanmış anali-

tik modelleri bazı veriye dayalı deneysel yöntemlerle birleştirir. Genellikle gri kutu modelleri, belirli sistem parametreleri açısından model tasarımcısı tarafından doğrudan belirtilen sistem denklemlerini içerir. Bu parametrelere nominal değerler verilebilir, ancak daha sonra fiziksel sistemden çevrimiçi olarak toplanan ampirik veriler kullanılarak aktif olarak yeniden tanımlanabilir. Bu nedenle, gri kutu modelleri bazı ölçüm verilerine dayanır, ancak genellikle bir kara kutu modelinin eğitimi için gerekenden daha az veri gerektirir.

2.1.7. Dijital İkizlerde Yaşanan Zorluklar

Dijital İkiz yıllar içinde büyük ölçüde gelişme göstermiş olsa dahi, birçok işletme (kurum ve kuruluş) henüz bunu üretim süreçlerinde kullanmamış olup; bunun nedeni dijital ikizin çok çeşitli avantajlarının yanı sıra; dikkate alınması gereken birkaç endişe verici-zorluk yaratıcı durumunun (dezavantajlarının) bulunmasıdır. Dikkat edilmesi gereken endişe verici-zorluk yaratıcı durumlardan bazıları şunlardır:³⁶

a) Uygun Fiyatlı Altyapı: Mevcut teknolojiler ve yapabilecekleri şeyler şaşırtıcı olup; araştırmacılar-geliştiriciler, fiziksel olarak inşa edildiğinde neye mal olacağını düşünmeden daha doğru ve yüksek performanslı bir model oluşturmaya kapılırlar. Bu nedenle, şirket ve araştırmacılar-geliştiricilerin bir Dijital İkiz oluşturmada önce, altyapı gereksinimlerini, iyice değerlendirmeleri gerekir.

b) Yapılandırılmamış veriler: Modelin en iyi performansı gösterebilmesi için, verilerin yüksek kalitede, yapılandırılmış ve sürekli olması gerekmektedir; ancak, bu her zaman böyle değildir. Mevcut verilerin, çeşitli konumlarda saklanabilmesi ve tek bir veri tabanına bağlı olmamaları nedeniyle, canlı verileri tek bir modüle entegre etmek kolay değildir. Buna bağlı olarak da, ortaya çıkan veri kaynağı, ikiz model tarafından anlaşılabilir bir yapıya sahip olmalıdır.

c) Bağlantı: Dijital İkiz tamamen sanal bir ürün olduğundan, araştırmacılar-geliştiriciler dünyanın herhangi bir yerinden verilere erişebilmelidir. Dünya çapında veri bağlantısının-verilere erişim durumunun her yerde aynı olmaması nedeniyle henüz bu mümkün olamamaktadır. Bu durum veri modeli için bir zorunluluk olup; kullanılan IoT sinyallerinin kalitesi ve sayısı verilerin durumunu belirleyecektir. Bağlantıdaki herhangi bir uzlaşma olmaması durumu veri kaybına neden olabilir veya yapılandırılmamış veriler bu kesin nedene bağlı olarak teslim edilebilmesine karşılık, sonuçta kararsız bir model ortaya çıkabilir. Buna bağlı olarak ta bir model oluştururken bağlantı üzerinde çok düşünülmelidir.

³⁶ P. V, L. P, N. J. Jain, N. L P, N. H and B. K, "Digital Twin Technology: A Bird Eye View," 2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), 2021, pp. 1069-1075, doi: 10.1109/ICIRCA51532.2021.9545020.

d) Gizlilik ve güvenlik: İşletmeler(kurum ve kuruluşlar) için, önemli bir faktör de gizlilik ve güvenlik sağlanması gerekliliği olup; veri birikimi Dijital İkize has bir davranış olduğundan, işletmenin-kuruluşun değerleri her ne pahasına olursa olsun korunmalıdır. Bunun için, veri analitiği ve IoT'de gelişmiş güvenlik düzenlemelerinin uygulanması bir çözüm olabilir.

3. DİJİTAL İKİZLERİN MALİYETLEMESİ

Dijital ikizin maliyetlerinin hesaplanmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli noktalar, dijital ikiz ve;

- **Veri ve bilgilerin kullanımı,**
- **Fabrika ve üretim planlaması,**
- **Fayda-Maliyet analizleri**
- **Dijital İkiz Maliyetlerinin oluşumu,**

olup, bu bölümde; “Dijital İkiz ve Bilgi”, “Dijital İkiz ve Üretim” ile “Dijital İkiz Maliyetleri ve Muhasebesi” alt başlıkları ile beraber örnek bir uygulama incelenecektir.

3.1. Dijital İkiz ve Bilgi İlişkileri

Fiziksel bir nesnenin, işlemin veya yerin sanal bir versiyonu olan dijital ikiz, gerçek zamanlı ve dijital bir benzer-eşdeğeri olarak hizmet eder. Zira, bir kopyası oluşturulmak istenilen her şey hakkında, tüm bilgi ve veriler toplanarak; önce dijital bir ikiz oluşturulur ve daha sonra dijital bir alanda yeniden yaratılmasına bağlı olarak, Dijital İkizin oluşturulması ve uygulanmasında öncelikle olan en önemli etken bilgidir.

Dijital ikizler, karmaşık, maliyetli ve hatta tehlikeli süreçleri daha güvenli, daha uygun maliyetli ve uygulaması daha kolay hale getirmeye yardımcı olması nedeniyle, dijital dönüşümü gerçekleştirmek için, anahtar teknolojilerden biridir. Ancak dijital ikizleri oluşturmak hiç de kolay değildir ve bir kez oluşturulduklarında neredeyse sınırsız bir potansiyel sunarlar. Her bir bileşen ve bu bileşenlerin etkileşim şekli, dijital olarak yeniden oluşturularak bulundukları ortam dahi simüle edilebileceği gibi, Dijital İkiz daha sonra yapay zeka kullanarak, bu şekilde tasarım, süreç, zaman veya koşullardaki değişikliklerin etkilerini simüle edebilir. Gerçek nesnenin herhangi bir zamanda aynı değişikliklere maruz kalması gerekmez.³⁷

³⁷ DarekFanton : “Was ist ein digitaler Zwilling: Beispiele und Anwendungsfälle”, 20.08.2021, <https://www.onlogic.com/company/io-hub/de/was-ist-ein-digitaler-zwilling-beispiele-und-anwendungsfaelle/>, Erişim Tarihi: 24.06.2022

Bu ise, önce elde edilen veriler ve verilerin işlenmesi yani bilgi haline dönüştürülerek kullanımıyla olasıdır. Bir diğer ifade ile, dijital ikiz, tasarım ve geliştirme, üretim ve işletim sırasında gerçek hayattan sensörlerden sürekli olarak bilgi toplar ve bunlar dijital ikizin modelinin beslenmesini sağlar. Bu sürekli veri akışı nedeniyle, gerçek hayattaki değişiklikler dijital ikize yansyarak, proje ile daha da gelişmesini sağlar. Ancak burada dikkat çekici olan dijital ikizin oluştururken geliştirme üretim ve işletim aşamalarında veriler toplanarak bilgiye dönüştürülüp; **-gerçek hayattan işletmeye veri ve bilgi girişi-** kullanılırken, dijital ikiz üretildikten sonra ise, **-işletmeden gerçek hayata veri ve bilgi-** aktarılmaktadır.

Bunun yanı sıra, geliştirme sırasında dijital prototipler oluşturulabilir, test edilebilir ve iyileştirilebilir. Bu, herhangi bir fiziksel ürün yapılmadan çok önce gerçekleşir. Bir ürün üretime geçtiğinde dijital ikizlerin kullanılabilmesi, ekipman ve operatörlerden gelen gerçek zamanlı geri bildirimlere dayalı olarak süreci iyileştirir ve bir ürün kullanımda olduğunda, çalışması dijital ikizin yardımıyla optimize edilebilir. Çünkü, bu mümkün olan en iyi çalışma koşulları ve bakım programlarını içermekte- önerilen tasarım değişikliklerine veya alternatif konfigürasyonlara kadar her konuda bilgi vermektedir.³⁸

Dijital ikizler, daha hızlı ve daha ucuz olmakla beraber, fiziksel nesnelerin sanal kopyalarının avantajları yalnızca saf maliyet düşürmeyle sınırlı değildir. Dijital ikiz, verilerin çok daha iyi anlaşılmasına yarar ve dolayısıyla örneğin; bir üretim şirketinde daha kesin bir öngörüye izin verdiği için - dijital dünyada zamanın hiçbir rolü yoktur. Zira farklı senaryolardan geçmede bilgisayar binlerce çalışma saatini simüle eder veya üretim koşullarını değiştirir. Bu nedenle dijital ikiz;

- **Model tabanlı geliştirme,**
- **Süreç, tasarım ve performans optimizasyonu,**
- **Sistem davranışının öngörülmesi,**
- **Risklerin ve maliyetlerin azaltılması,**
- **Pazara sunma süresini hızlandırmak,**
- **Tasarım, sistem, süreç ve ürün özelliklerinin daha iyi anlaşılma ve görselleştirilme,**

³⁸ DarekFanton : "Was ist ein digitaler Zwilling: Beispiele und Anwendungsfälle", 20.08.2021, <https://www.onlogic.com/company/io-hub/de/was-ist-ein-digitaler-zwilling-beispiele-und-anwendungsfaelle/>, Erişim Tarihi: 24.06.2022

- **Anlaşılabilirlik ve etkileşim,**
- **Bilgi ve reklam kampanyalarına uygunluk**

vb.avantajları-yararları sağlamaktadır.³⁹

Dijital ikizin anahtarı, “*incelenen nesnenin yaşam döngüsü boyunca ihtiyaç duyulan bilgi türlerine odaklanmak*” olup, bilgileri yeniden kullanılabilir şekilde yapılandırmak genellikle önemlidir. Bu amaçla, şirket çapında tek tip bir veri yapısı olarak kanonik bir veri modelinin (**canonicaldata model**) oluşturulması önemli olabilir. Böylece, farklı sistem ve uygulamaların birbirine bağlanmasını ve şirket bilgilerinin değiş tokuşu sağlanır. Kanonik bir yapı, (**İngilizce “Canonicalstructures” veya “Canonical model”, bilim ve teknolojiye, “Bir nesnenin doğal benzersiz bir temsili veya bazı nesneler için tercih edilen bir gösterimi, Bilgi işlemede “Farklı veri formatları arasında iletişim kurmada kullanılan bir tasarım modeli “anlamı taşır.”**)⁴⁰ farklı sistemlerin üzerinde kolayca anlaşılabilir bir formatta iletişim kurmasına izin verebilir.⁴¹

Öte yandan bilgi kullanımında, temel veri ve bilgiler matematik istatistik yöntemlerle elde edilmekte olup; kullanımda Dijital İkiz, bir aşamanın faaliyetleri daha sonraki bir aşamanın faaliyetleri ve sonuçları etkilediği bir süreci taklit etmektedir. Belki de bunu kavramak için, binalar veya altyapı yerine bir üretim sürecini düşünmek daha kolaydır. Süreçteki farklı olaylar arasındaki korelasyon ilgi çekmekte ve bir girdinin bir sonucu nasıl etkilediği her zaman açık olmayabilir. Dijital İkiz; fiziksel ve dinamik durumu modellemek için kullanıldığında verimsizlikler saptanabilir ve irdelenebilir. Böylece operasyonların değeri yükseltildiği gibi, sistemdeki riskler bulunup incelenebilir ve bunları azaltmak için çalışabilir.⁴²

3.2.Dijital İkiz ve Üretim

Günümüzde, dünya pazarındaki modern sanayi üretimi, kısa teslim sürelerinde çeşitli karmaşık ürünlerde daha fazla artış gerektirmesi nedeniyle, endüstri her zaman zamandan tasarruf etmek ve maliyeti düşürmek amacıyla ürünlerin ürün yaşam döngüsü boyunca izlenebileceği bir çözüm aramaktadır. Dijital İkiz teknolojisi

³⁹ “Digitale Zwillinge evolutionieren Wirtschaft und Gesellschaft”,<https://www.vrvs.at/forschung/digitaler-zwilling/>, Erişim Tarihi:25.06.2022

⁴⁰ [https://stringfixer.com/tr/Canonical_\(disambiguation\)](https://stringfixer.com/tr/Canonical_(disambiguation)), Erişim Tarihi:25.06.2022

⁴¹ DigitalerZwilling-Übersicht und Schritt für Schritt Anleitung für Ihren Einstieg”,<https://www.cad-schroer.de/news-events/artikel/digitaler-zwilling-uebersicht-und-schritt-fuer-schritt-anleitung-fuer-ihren-einstieg/>, Erişim Tarihi:25.06.2022

⁴² Paul Lengthorn:“8 steps to specifying a Digital Twin”,<https://www.consulteng-survivor.com/8-easy-steps-to-specifying-a-digital-twin>, Erişim Tarihi:12.07.2022

ile üretim sürecinden gelen geri bildirimlerin yanı sıra, ürün performansı hakkında gerçek zamanlı durum verme potansiyeline sahiptir. Üreticilere sorunları fark etme, sorunları öngörme ve olası çözümleri sağlama veya üreticilerin daha iyi kararlar almasına yardımcı olma olanağı vererek, Dijital İkiz, üretim sürecini daha güvenilir, esnek ve öngörülebilir hale getirebilir. Dijital İkiz, hammaddeden başlayarak bitmiş ürüne kadar üretim sürecinin izlenmesini desteklemek için, fiziksel parçaları izleyebilir ve sanal parçaların gerçek zamanlı durumunu güncelleyebilir. Bu sayede üretim sürecindeki tüm tesisler, araçlar ve ekipmanlar yönetilebilir ve optimize edilebilir. Bu alandaki birçok ilgili çalışma, Dijital İkizin potansiyelini göstermiştir.⁴³

Bir dijital ikiz, bir nesnenin yaşam döngüsünün tüm aşamalarında fayda sağlayabilir.

-İlk aşama olan “Tasarım”, karmaşık ürün gereksinimleri, hızlı geliştirme döngüleri ve katı düzenleyici gereksinim vb. faaliyetlerle ilgilenir. Dijital ikiz, farklı tasarım alternatiflerinin etkilerini araştırmaya ve ürün tasarımlarının gereksinimi karşıladığından emin olmak için simülasyonlar ve testler çalıştırmaya yardımcı olur.

-İkinci aşama olan “İmalat-Üretim” ile dijital ikiz, yaratılıştaki daha çok faydalı ve kaliteli ürünle daha yüksek verim elde edilmesine yardımcı olabilir.

-Üçüncü aşamada, “İşlet-Çalıştır”, nesnelerin (örneğin makineler) kullanılabilirliğini iyileştirmek için bir dijital ikiz kullanılabilir.⁴⁴

Sanayi devriminden önce, fiziksel eserler belirli bir şablonun benzersiz örneklerinde, ağırlıklı olarak zanaatkarlar tarafından üretiliyordu. Ancak, değiştirilebilirlik kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte 18. YY'da parçaların tasarlanması ve üretilmesine bağlı olarak şirketlerin yapıları ve yönetsel anlayışları hızla yenilenerek, ürünlerin kopyalarını seri üretimde oluşturma çabaları ön plana çıkmaya başlamıştır. Son dönemlerde, kitle paradigması özelleştirme, özelleştirilmiş ürünlerde düşük birim maliyetler elde etmek için, bu iki yerleşik üretim konseptini birleştirmeyi amaçlamıştır. Bununla birlikte, bu tür üretim paradigmaları, büyük miktarlarda benzerlerin üretilmesine izin verse de, özelleştirilmiş, parçalar veya ürünler, bu üretilmiş örneklerin sadece ilgisiz kopyalarıdır. Bunun aksine, bir ikiz oluşturma fikri, bir parçanın veya ürünün bir kopyasını üretmeyi ve bunu akıl yürütme için kullanmayı ifade etmekte olup; aynı parçanın veya ürünün diğer örnekleri aracılığı ile birden çok kopya arasında bir ilişki kurulmasına olanak sağlar. Bu fikrin (NASA

⁴³ Paul Zhu Z., Xi X., Xu X., Cai Y. Digital Twin-driven machining process for thin-walled part manufacturing (2021) *Journal of Manufacturing Systems*, 59 , pp. 453-466.

⁴⁴ Stefan Grösser: "Definition: Was ist 'Digitaler Zwilling'?", <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition-on/digitaler-zwilling-54371>, Erişim Tarihi: 30.06.2022

uzay araştırmalarında, bugünün dijital ikizinin öncüsü olan eşleştirme teknolojisini ilk kullanma düşüncesi) NASA'nın Apollo 13 programından kaynaklandığı ifade edilmektedir.⁴⁵

Görülüyor ki, dijital ikizin üretimi diğer klasik ürünlerden farklılık arz etmekte ve bu farklılık şirketlerin çalışma şekillerini optimize etmelerini, kaynakları korumalarını ve daha sürdürülebilir olmalarını sağlayan özellikler kazandırılmasından kaynaklanmaktadır. Tipik bir uygulama alanı, **iç-hat içi** kalite kontrolü (**Inline-Qualitäts-kontrolle**) olup, bu yöntemle, ürünlerin son denetimine artık gerek yoktur. Sensör (duyusal), üretim sürecinde gerekli kalite verilerini zaten toplamakta ve böylece, son muayenede personel maliyetlerinden ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Ancak dijital ikizler daha fazlasını yapabilmekte olup; bu ise; kendini özellikle; bireysel üretim ve seri üretimde kendini göstermektedir.⁴⁶

Bireysel Üretimde; Dijital ikizler, hem tekli hem de seri üretimde avantajlar sağlar ve optimizasyon potansiyelinden yararlanır. Bireysel üretimde firmalar, özellikle daha uzun takım ömrü ve daha verimli kullanılmayı hedeflemektedir. Hat içi kalite kontrolünün de çalışma süresinden tasarruf sağladığı kanıtlanmış olup, böylece vasıflı işçi eksikliği telafi edilebilecektir. Malzemede kalite dalgalanmaları, örneğin boru üfleyicileri (döküm sırasında oluşan hava kalıntıları) veya sertlikteki farklılıklar hat içi kalite kontrol tarafından belirlenerek malzeme hataları sonucu, hurda olabilecek bir iş parçasının daha fazla işlenmesini engeller.

Seri Üretimde; tekli üretimde de rol oynayan avantajlar seri üretimde de geçerli olup, yalnızca kalite rastgele bir temelde izlenirken, artık üretim sürecinde toplanan kalite verilerine dayanarak her bir ürün için açıklama yapmakta olasıdır. Ürünler, daha sonraki kullanımlardan elde edilen uygulama verilerine göre optimize edilebilir. Örneğin, parçalar üzerindeki barkodlar, fiziksel nesnelerin birkaç işlem adımı üzerinden dijital ikizlerine atanmasını mümkün kılar.⁴⁷

Son olarak, endüstriyel değer zincirindeki hemen hemen tüm bağlantılar, dijital ikizlerden yararlanabilir. Aslında, dijital ikizler şirket genelindeki verilerle zengin-

⁴⁵ <https://www.intsoft.com.tr/blog/2021/09/14/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi:01.07.2022 ve P. V, L. P, N. J. Jain, N. L. P, N. H and B. K, "Digital Twin Technology: A Bird Eye View," 2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), 2021, pp.1069-1075, doi:10.1109/ICIRCA 51532. 2021.9545020.

⁴⁶ Theresa Höhn: "Das können digitale Zwillinge für Ihre Produktion tun", 16 Juli 2021, <https://www.inno-focus.com/2021/07/16/das-können-digitale-zwillinge-für-ihre-produktion-tun/>, Erişim Tarihi:25.06. 2022.

⁴⁷ Theresa Höhn: "Das können digitale Zwillinge für Ihre Produktion tun", 16 Juli 2021, <https://www.inno-focus.com/2021/07/16/das-können-digitale-zwillinge-für-ihre-produktion-tun/>, Erişim Tarihi:25.06. 2022.

leştirilirse fayda özellikle büyür ve ilgili şirketler daha sonra verileri paylaşır veya bir IoT platformu aracılığıyla iş ortaklarına görünür hale getirirse, dahil olan herkes fayda sağlar. Bu nedenle, bir IoT platformunun şirketlerin teknik bilgilerini koruması özellikle önemlidir.⁴⁸

Bu hususta Siemens AG.'nin üretim anlayışı şöyledir: "Üretim planlamasının temel amacı, üretimin gerekli sonuçlara ulaşmasını sağlamaktır. Üretim planlayıcısı, üretim hatlarını planlamalı ve robotlar veya konveyör bantlar gibi gerekli üretim ekipmanlarını seçmelidir. Dijital ikiz üretim, programlamadan otomasyon donanımına kadar her şeyi içerir ve yeni bir üretim hücresinin veya hattının sanal olarak devreye alınması ve Dijital Kurumsal çözüm teklifi ile üretimin başlamadan önce optimize edilmesini sağlar."⁴⁹

3.3. Dijital İkiz ve Maliyetleri

Dijital İkizleri model tabanlı sistem mühendisliği (MBSE) ve sistem mühendisliği süreçlerine entegre etmeye karar verirken maliyet her zaman çok önem taşıyan bir husus olup; açıkça tanımlanmış kapsam ve amaç, Dijital İkizler uygulanmasının maliyetini kestirmede ön koşullardır. Bir Dijital İkiz daha büyük bir ön yatırım gerektirse dahi, Dijital İkizlerin dahil edilmesinin sistemin yaşam döngüsünde önemli bir yatırım getirisi sağlaması beklenebilir. Bir sistemin sanal temsilinin oluşturulmasında, gereken karmaşıklık düzeyi, zaman ve çabaya göre, maliyetler değişebilir. Bununla birlikte, günümüz dünyasında, çoğu kuruluş, doğrulama ve test süreleri ve maliyetlerini düşürmede ki; değerlerinden dolayı sanal sistem modellerinin oluşturulmasını sürdürmekte olup, Dijital İkiz bu ilerlemede bir sonraki mantıklı adımdır. Dijital İkizin maliyeti, sistemdeki bileşenlerin sayısının, bileşenler arasındaki arayüzlerin ve bağımlılıkların, belirli işlevleri uygulamak için kullanılan algoritmaların karmaşıklığının ve Dijital İkizi oluşturmak için, gereken bilgi ve know-how'ın bir fonksiyonu olup, Dijital İkiz yeniden kullanılmak üzere tasarlandığında maliyetlerin daha da düşürülmesinde önem rol oynar.⁵⁰

Bağlayıcı olmayan ilk toplantılarda şirket hakkında fikir ve dilekleri konuşabilmesine karşın, Dijital İkizin ne için kullanılacağı hususu açık bir şekilde belirlenmeli ve ölçüm cihazlarının seçimi kesinleşmelidir. Ön koşullarda, Dijital İkiz için en uygun

⁴⁸ Theresa Höhn: "Das können digitale Zwillinge für Ihre Produktion tun", 16. Juli 2021, <https://www.inno-focus.com/2021/07/16/das-können-digitale-zwillinge-für-ihre-produktion-tun/>, Erişim Tarihi: 25.06. 2022.

⁴⁹ <https://new.siemens.com/de/de/branchen/automobilherstellung/digital-twin-produktion.html>, Erişim Tarihi: 01.07.2022.

⁵⁰ Madni, Azad M., Carla C. Madni, and Scott D. Lucero. 2019. "Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering" *Systems* 7, no. 1: 7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>.

hazırlığın ne olduğu kararlaştırılmalıdır. Genelde süreçlerin adım adım dijitalleştirilmesi öngörülmekle beraber, Dijital İkizin, önce küçük süreçlerde uygulanarak, daha sonra daha büyük süreçlere genişletilmesi, aynı zamanda çalışanların yeni çalışma yöntemine başlamalarını da kolaylaştıracığı için, daha sonra bir dijital ikiz oluşturmak için, önce seçilen nesne taranmalıdır. Haritalama ve Tarama Bölümü-Departmanı bununla ilgilenecek ve bunlar çok çeşitli araçlar ve ölçüm cihazları ile gelecek ve nesneleri ölçmeye başlayacaktır. Örneğin M6 arabası lazer tarayıcıyla nokta bulutu oluşturularak aynı zamanda binanın 360 derecelik görüntülerini kaydedilebilir. 3D ölçümün bir teknolojik genel bakışı burada bulunabilir ki bu, görüntüleri nokta bulutda saklanmasını çok kolaylaştırır. Dış çekim ve varlıkların çevreleyen alanda drone ve diğer ölçüm cihazları ile kaydedilebilir ve Dijital İkizlere eklenebilir.⁵¹

3.3.1. Dijital İkiz ve Fayda-Maliyet İlişkileri

Havacılık, otomotiv, savunma, sağlık gibi test maliyetlerinin ve hatalı ürün sonuçlarından kaynaklanan maliyetlerin yüksekliği nedeniyle dijital ikiz teknolojisi gerçek zamanlı verilerin kullanılması ve izlenebilirliği ile önem kazanmaktadır. NASA, fiziksel olarak yakınında bulunamadığı araçların sistemlerini çalıştırmak, bakım ve onarım sorununu çözmek için geçmişte kullandığı eşleştirme metodunu dijital ikizlere uyarlayarak yeni nesil araçları için kullanmaktadır. 2012 yılında NASA, Araştırma Merkezi tarafından yayınlanan makalede gelecek nesil NASA, ve ABD, Hava Kuvvetleri araçlarının daha uzun süre boyunca daha yükseğe uçmaları ve daha hafif malzemeden yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Bunun için yayınladıkları makalede daha önce kullandıkları öngörüye dayalı deney tasarımının yerine geliştirdikleri Dijital İkiz çalışmasıyla maliyetlerin azaldığı ortaya konulmuş olup, çalışmaya göre; maliyetleri azaltan 3 neden şunlardır:⁵²

-**Birincisi** ürün tasarımında optimum sonuca ulaşmak için gerçek verilerin kullanılarak daha kısa zamanda daha doğru sonuca ulaşılmasıdır.

-**İkincisi** bir parti içinde çıkan hatalı parça nedeniyle tüm parti ya kontrol edilmekte ya da yeniden üretilirken, Dijital İkiz her parça ve ürünün takip edilebilir olmasıyla sadece hatalı parçaların ayıklanmasını sağlamaktadır.

⁵¹ Drone terimi genellikle herhangi bir pilotsuz hava aracını ifade eder. Bazen insansız hava araçları (İHA) olarak adlandırılan bu araçlar, askeri operasyonlardan paket teslimatına kadar etkileyici bir dizi görevi yerine getirebilir. Drone'lar bir uçak kadar büyük veya avucunuzun içi kadar küçük olabilir. (Kaynak: Matthew Urwin: What is a Drone" 18.08.2022, <https://builtin.com/drones>)

⁵² Esra Kumaş-Serpil Erol "Endüstri 4.0'da Anahtar Teknoloji Olarak Dijital İkizler... Politeknik Dergisi, 2021; 24 (2) : 692.

-Üçüncüsü ise, her parçanın gerçek zamanlı takibiyle parça ve sistemin performansı gözlenebilmekte ve bakım süreleri tahmin edilebilmekte ve aynı anda ürün ömrü uzamaktadır.

Fiziksel malzemelerden elde edilen ürün ve buna ilişkin süreçlerin tamamının maliyeti ile dijital ikizin maliyetleri karşılaştırıldığında (Fiziksel-Gerçek ve Sanal Maliyet Karşılaştırılması, Fiziksel-Gerçek ve Sanal Maliyetlerde Maliyet Değişikliği ve Zaman/Yıl olarak) Grieves ve Vickers'a göre, üssel bir şekilde fark ortaya konulmaktadır.

Benzer şekilde her araç için şasi numarasına ait Dijital İkiz oluşturan Tesla, yazılım güncellemeleri sayesinde ürün sürekliliğini sağlamaktadır. 2014 yılında bir modelinde yaşanan güvenlik sorunu nedeniyle ABD. Ulusal Otoyol Trafik Güvenliği İdaresi tarafından arabalarının geri çağırılması istenmiştir. Tesla, Dijital İkiz ve IoT sayesinde 29222 aracını geri çağırmak yerine yazılım güncellemesiyle sorunu gidermiştir. Bu örnek; dijital ikiz ve sanal ortamda yapılabilecek ürün veya üretim sürecinin simülasyonunun, fiziksel olarak yapılabilecek aktivitelerin maliyetleri arasındaki farkı ortaya koyması bakımından çarpıcıdır. Bir diğer örnek, General Electric, daha verimli bir rüzgâr türbini inşa etmek ve jet motorlarının ne zaman bakıma ihtiyaç duyacağını önceden görebilmek için dünya genelinde 1 milyonu aşkın Dijital İkiz uygulamasından faydalandığını açıklamıştır. Aynı zamanda bir GE şirketi olan Baker Hughes'in (BHGE) inşa ettiği 3.500 ton ağırlığındaki turbo jeneratörün Batı Kazakistan'a taşınması ve montajını gerçekleştirmek için uzaktan yönetebilecekleri sistemde dijital ikiz teknolojisinden yararlanmışlardır.⁵³

Dolayısıyla; Dijital İkizlerin endüstrinin farklı sektörlerinde uygulanmaya başlandığı ve geleneksel üretim yöntemlerine göre, maliyet etkin çözümler sunabildiği, verimlilik artışı sağladığı açıkça görülmektedir. Nitekim dijital ikizler; fiziksel ürüne ait üretim süreçlerinde, ürün hatalarının tespiti daha ürün ortaya çıkmadan tasarımların aşamasında yakalanabilmekte, ürünün mühendislik maliyetlerini azami ölçüde aşağıya çekebilmektedir.⁵⁴

3.3.2. Digital İkiz Maliyetlerinin Değerlendirilmesi

Dijital ikiz, fiziksel bir **nesnenin dijital kopyasıdır**. Fiziksel nesnenin modelini, nesnenin verilerini, nesneyle bire bir karşılaştırmaları ve nesneyi izleme yeteneğini

⁵³ Esra Kumaş-Serpil Erol "Endüstri 4.0'da Anahtar Teknoloji Olarak Dijital İkizler... Politeknik Dergisi, 2021; 24 (2) : 693.

⁵⁴ Esra Kumaş-Serpil Erol "Endüstri 4.0'da Anahtar Teknoloji Olarak Dijital İkizler... Politeknik Dergisi, 2021; 24 (2) : 694.

içerir. Dijital ikiz teknolojisi, karmaşık ürünler üzerinde tümleşik bir veri, model ve analiz aracı olarak ürün tasarımı, gerçek zamanlı simülasyon, takip ve optimizasyon konularında üreticilerin ürünlerini daha iyi anlayabilmelerini ve bu doğrultuda analizler yapabilmelerini mümkün kılar. Gerçek hayatta test etmenin maliyetli ve zor olduğu karmaşık ürünlerden elde edilen verilerle oluşturulmuş bir dijital ikiz üzerinde testler yapmak, ürünü fiziksel dünyaya sunmadan önce kolay yoldan denenmesini sağlar. Böylece bu bölümde açıklanacağı üzere; zaman (daha kısa sürede ve hızlı üretim ile) ve maliyetlerde (bilgi ve iletişim teknolojileri ile yapay zekanın yoğun kullanımı ile) tasarruf, kalite ve ürün verimliliğinde (hatalı, kusurlu ve bozuk ürünlerin önlenmesi ile) büyük artışlar yaratır .

3.3.3. Dijital İkizin Maliyet Hesaplaması

Dijital ikizlerin maliyetlendirilmesi, üç aşamalı bir hesaplama ile oluşan özel bir yaklaşım gerektirmektedir. Bunun nedeni; maliyet hesaplamaları açısından;

- **Oluşum-Üretim maliyetleri, ,**
- **Dijital-Sanal maliyet ve**
- **Gerçek maliyet**

hesaplamalarından oluşması ve toplam maliyetlerin belirlenmesinde dijital ürünün yaşam süreci-döneminin dikkate alınması zorunluluğudur. Çünkü dijital ürünün öngörülen-dijital maliyetleri gerçekleştirilen maliyetler ile karşılaştırılarak, sapmaların belirlenmesi ile dijital ikizin gerçeğinin oluşturulması (gerçekten üretilmesi) ile sanalı sona ermektedir. Her ne kadar gerçek ürünün üretilmesi sonrasında, sanal maliyetler oluşsa da, bu maliyetler gerçek ürünün maliyetlerine ya da dönem maliyetlerine yüklenebilir.

Burada dikkat edilecek en önemli husus; Dijital İkiz maliyetlerinin normal-geleneksel bir maliyet hesaplaması ile saptanmasının yetersizliğidir. Çünkü; Dijital İkizler normal bir ürün ya da hizmet olmayıp, sanal bir üründür, mazisi çok yenidir ve yazında henüz yeterince tanımlanamamıştır. Bu nedenle, onun maliyetlerini geniş açıdan değerlendirmek ve bir yatırım olarak düşünerek getirilerini de dikkate alarak değerlendirmek daha doğru ve gerçekçi bir bakış açısı olacaktır. Bunun içinde Dijital İkizin yaşam döneminin dikkate alınarak maliyetlendirilmesi, muhasebeleştirilmesi ve raporlanması zorunlu olup;

-mamul yaşam dönemi sürecinde Dijital İkizin maliyetleri ve

-işletme maliyetleri ve Dijital İkizin işletme maliyetleri içinde ki yeri

burada önemli rol oynar. Şimdi mamul yaşam dönemi ve işletme maliyetlerini inceleyelim.

3.3.3.1. Mamul Yaşam Dönemi Maliyetleri

Sürdürülebilir eylem, ekolojik kriterlere ek olarak, her şeyden önce süreç ve ürün geliştirmelerine, varyans-sapma karşılaştırmalarına vb. ekonomik yönleri dahil etmeyi gerektirir. **Yaşam döngüsü maliyeti (LCC)**, çevresel yaşam döngüsü analizi - yaşam döngüsü değerlendirmesi ile aynı sistem sınırları ve sınır koşulları altında ekonomik yönleri analiz etme fırsatı sunduğundan, sürdürülebilir karar desteği için uygun bir yöntemdir. Yaşam Döngüsü Maliyetleme yöntemi ile bir ürün veya hizmetin tüm maliyeti kayıt altına alınabilir. Bu amaçla tüm maliyetler, beklenen hizmet ömrü boyunca yapılandırılmış bir şekilde kaydedilir ve değerlendirilir. LCC analizinin sonuçları öncelikli;

- **Farklı seçeneklerin değerlendirilmesi:** Bir LCC analizinde, bir ürün/hizmetin toplam yaşam döngüsü maliyetleri belirlenerek, alternatifler değerlendirilir.

- **Ekonomik yaşam döngüsü hakkında daha iyi bilgi:** LCC yönteminin uygulanması, yönetimin malzeme ve enerji maliyetlerinin etkisi gibi, süreçteki maliyet etkenlerini daha iyi anlamasına yardımcı olmakla beraber, ek olarak; maliyet faktörlerinin incelenmesi, yönetimin harekete geçmesi gereken alanları belirleyebilir.

- **Karar desteği:** Bir ürünün erken geliştirme aşamasında dahi, LCC yöntemi kullanarak yatırımların toplam maliyetinin öngörülmesi vb. hizmetleri verir.⁵⁵

Bir tedarikin toplam yaşam döngüsü maliyetini öngörmek için, kullanılan tekniğe yaşam döngüsü maliyeti adı verilmekte olup; bir ürün ya da öğenin edinme ve yaşam döngüsü, sahip olma maliyetinin toplamını dikkate alan bir satın alma sürecidir. Bu aynı zamanda, **‘Bir varlığın ömrü boyunca toplam sahip olma maliyeti,** yaygın olarak **“Beşikten mezara - Rahimden mezara”** olarak da adlandırılır.⁵⁶

Yani, fiyat stratejisinin bir parçası olarak firmaların çoğu, büyüme aşamasında neredeyse toplam maliyeti geri kazanmayı tercih etmekte, böylece vade ve düşüş aşamasında ürünlerinin fiyatını düşürerek rekabetle karşı karşıya kalabilmektedirler. **LCC, satın alma, işletme, bakım ve dönüştürme maliyetleri dahil olmak üzere makine ve ekipmanın toplam sahip olma maliyetidir**⁵⁷.

Yaşam döngüsü-dönemi maliyeti, tüm yaşam döngüsü boyunca birkaç yıldan fazla her bir ürünün maliyetlerinin ve gelirinin izlenmesini içermekte, ürünün tüm yaşam

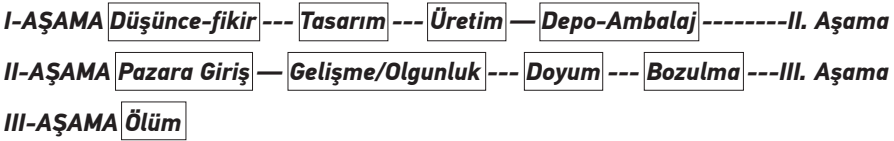
⁵⁵ “Lebenszykluskosten” Fraunhofer IBP, <https://www.ibp.fraunhofer.de/de/kompetenzen/ganzheitliche-bilanzierung/methoden-ganzh>, Erişim Tarihi: 26.08.2022.

⁵⁶ Rohit Agarwal: “Life Cycle Costing”, <https://www.yourarticlelibrary.com/accounting/costing/life-cycle-costing/53110>, Erişim tarihi: 25.08.2022.

⁵⁷ Rohit Agarwal: “Life Cycle Costing”, <https://www.yourarticlelibrary.com/accounting/costing/life-cycle-costing/53110>, Erişim tarihi: 25.08.2022.

döngüsü boyunca tüm maliyetler ve tüm gelir birikimini vurgulamaktadır. Bir maulün yaşam dönemi; aşğıdaki dönemlerden oluşur ve bu dönemlerin her birisinde ortaya çıkan maliyetlerin toplamı, ürünün (toplam) yaşam dönemi maliyetidir.

Yaşam dönemi maliyetlerinin ortaya çıkış aşamaları aşğıda tarafımızca oluşturulan tabloda gösterilmiştir.



Şu halde, yaşam döngüsü maliyeti, üretim öncesi aşama (teroteknoloji) dahil olmak üzere bir ürünün ömrü boyunca maliyet profilini çıkarması ile birlikte, hem şirket hem de endüstri yaşam döngülerine uygulanabilir. Yönetim muhasebesi açısından, ürün portföyünün karlılığı ile beraber, ayrıca yeni bir ürün planlarken, ürünlerin karlılığın tüm yaşamları boyunca değerlendirilmelidir. Bir ürünün çeşitli faaliyetler sonucu oluşan tipik maliyetleri şunlardır:⁵⁸

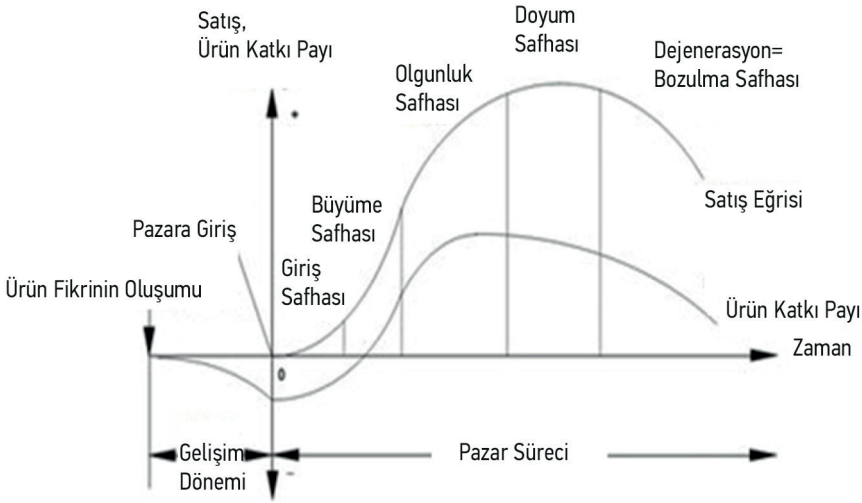
- **Araştırma-Geliştirme maliyetleri,**
- **Tasarım maliyetleri,**
- **Üretim maliyetleri,**
- **Satış-Pazarlama ve Dağıtım maliyetleri,**
- **Finansman Maliyetleri,**
- **Diğer maliyetler** (Bu maliyetlerin yanı sıra, bazı ürünler ömürlerinin sonunda; kullanılsın veya kullanılsın; üreticisi için, güvenli yoketme-imha, depolama-saklama, sökme, uzman lojistik ve geri dönüşüm vb. maliyetleri ortaya çıkarır. Örnek olarak eski Galata Köprüsü kullanımdan kaldırıldıktan sonra, yerinin yapılarak yerine konulabilmesi için yerinden sökülerek Haliç-Ayvansaray'a çekilmiş olmasına bağlı olarak oluşan; yerinden sökülme ve çekilme bir maliyetleri gösterilebilir.)

Yaşam dönemi maliyetleri, bir ürün/ sistemin tüm maliyetleri olup, pazar araştırması ve ürün geliştirme maliyetleri ile başlayarak, yedek parçaların depolanması veya bir sistemin sökülmesi maliyetleri ile biter. Örneğin bir nükleer santralin sökülmesi veya bir kum ocağının yeniden doğal hale getirilmesinde olduğu gibi,

⁵⁸ "Product lifecycle costing", CGMA, <https://www.cgma.org/resources/tools/cost-transformation-model/life-cycle-costing.html#:~:text=Pro,Erişim Tarihi:25.08.2022>.

maliyetlerin ana odağı, genelde üretim veya hizmet sağlama aşamasıdır.⁵⁹Aşağıda bir ürün yaşam döngüsü eğrisi Şekil 6 ⁶⁰gösterilmiştir.

MAMUL YAŞAM DÖNEMİ SAFHALARI



Bu nedenle yaşam döngüsü, her bir ürüne atfedilebilen fiili maliyetleri ilk aşamasından nihai kaynağına ve pazardaki desteğine kadar izleyen bir sistemdir. Bir ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan maliyetleri biriktirmeye çalışır. Tasarım ve geliştirme, işletme, satın alma, servis, bakım vb. kapsayarak, toplam maliyete odaklanır. Hizmet maliyetinde pazarlama, dağıtım, yönetim ve satış sonrası hizmet maliyetleri vb. dahildir.⁶¹

3.3.3.2. İşletme Maliyetleri

Bir işletmenin maliyetleri üretim ve yönetim fonksiyonunun faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan temel işletme maliyetleri ile olağanüstü/olağandışı ve dönem dışı maliyetlerinden oluşmaktadır. Bir diğer ifade ile; işletme maliyetleri, bir işletmenin günlük üretim ve yönetimi ile ilişkilidir. İşletme maliyetleri, satılan malların doğrudan maliyetlerini (COGS) ve genellikle satış, genel ve idari (SG&A) olarak adlandırılır.

⁵⁹ Kurt Vikas: "Lebenszyklus kosten life", https://www.haufe.de/finance/haufe-finance-office-premium/lebens-zykluskostenlife-cycle-costs_idesk_PI20354_HI854083.html, Erişim Tarihi:26.08.2022.

⁶⁰ Michael Bernecker: "Produkt lebenszyklus Phasen des PLZ-Modell", DİM-Deutsches Institut für Marketing

⁶¹ Rohit Agarwal: "Life Cycle Costing", <https://www.yourarticlelibrary.com/accounting/costing/life-cycle-costing/53110>, Erişim tarihi:25.08.2022

lan - kira, bordro ve diğer genel giderlerin yanı sıra hammadde ve bakım giderlerini içeren diğer işletme maliyet (unsurlarını) içerir. İşletme maliyetleri, faiz, yatırımlar veya yabancı para çevrimi gibi finansmanla ilgili işletme dışı giderleri içermez.⁶²

Bu çalışmada, işletme maliyetleri satınalma-tedarik, üretim, dönem ve diğer maliyetler biçiminde bölümlenerek kısaca incelenecektir.

a) Satın Alma-Tedarik Maliyetleri: Şirketin mal ve hizmet satın almak için yaptığı tüm maliyetleri kapsamakta olup;

-Tedarik-satınalma fiyatı (malların piyasadaki fatura fiyatı),

-Tedarikin-satınalma yan maliyetleri-satın alma ile ilgili diğer maliyetler, örneğin; navlun maliyetleri, sigorta primleri, yönetim maliyetleri, tedarik ofis ve çalışanların ücret maliyetleri bu anlamda satın alma maliyetleri ile eş anlamlıdır⁶³.

b) Üretim Maliyetleri (Product Costs): Bir ürün veya hizmet yaratmak ya da satılması amaçlanan ürünler için katlanılan fedakarlıklar-üretim maliyetleri olup; ⁶⁴(Direkt/Ham Madde, Direkt/Doğrudan İşçilik ve Üretim Genel Maliyetlerinden-GÜM. (fabrika/ üretim bölümü maliyetleri ki; endirekt madde ve işçilik, makine, teçhizat amortismanları ile tamir-bakım maliyetleri vbg.)oluşur.

c) Dönem Maliyetleri(Period Costs.): Dönem maliyetleri/giderleri zamanın geçmesiyle-faaliyet döneminin bitmesiyle gerçekleşerek o dönemin giderleri yani faaliyet dönemi içinde gerçekleşen maliyetler olup; ürün ve üretimle ilgili değildir. Bir diğer ifadeyle, dönem maliyetleri (*Almanca= Periodenkosten, Fransızca= Coûts périodiques*), üretim hacminin değil, zamanın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar, ürünle ilgisizdir ve doğrudan gelir tablosunda yer almakta ve

- Genel Yönetim Maliyetleri,
- Satış Pazarlama Ve Dağıtım Maliyetleri,
- Finansman Maliyetleri,
- Araştırma Geliştirme Maliyetleri

olmak üzere dört ana maliyet kaleminden oluşur. Bir maliyetin uygulanabileceği tüm kullanım cari hesap döneminde tüketiliyorsa (kira veya kamu hizmetleri gibi) olası bir dönem maliyetidir, oysa kullanımı bir ürünle bağlantılıysa veya birden çok

⁶² Chris B. Murphy-Somer Anderson-Amanda Jackson: "What Are Operating Costs?", 17.03.2022, <https://www.investopedia.com/terms/o/operating-cost.asp> Erişim Tarihi:25.07.2022

⁶³ Jürgen Weber: "Beschaffungskosten"[https://wirtschaftslexikon.gabler.de/ definition/beschaffungskosten-31671](https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/beschaffungskosten-31671), Erişim Tarihi:17.03.2022

⁶⁴ <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/produktkosten/produktkosten.htm>,ErişimTarihi:03.10.2021

döneme yayılıyorsa, muhtemelen bir dönem maliyeti değildir.⁶⁵

Gerek bilançoda varlıklar (stoklar) içinde gerekse Gelir Tablosunda (SMM. ile) maliyetler içinde yer alan *Ürün ve Dönem Maliyetleri* arasında önemli farklılıklar olup; bunlar şunlardır:

- *Ürün maliyetleri doğrudan ürüne atanabilen/yüklenabilen maliyetler olup, dönem maliyetleri, belirli bir muhasebe-hesap dönemiyle ilgili maliyetlerdir. Bir diğer ifade ile, ürün maliyetleri ürünlere atfedilebildiği için, üretim maliyetinin bir parçasıdır, dönemsel maliyetler ise, üretim süreciyle tümüyle ilgisiz olması nedeniyle ürünlere yüklenemez.*
- *Ürün maliyeti hacim (üretim miktarı) bazındadır, çünkü birim maliyet/ aynı kalır ancak toplam maliyet/değerde farklılık gösterir. Öte yandan zaman, tutarlılık ilkesine dayandığı için dönem maliyetinin temeli olarak kullanılır; maliyetler/giderler gelire eşleşmelidir. Bu nedenle maliyetler, oluştukları hesap döneminde belirlenir ve hesaplanır.*
- *Genel olarak, değişken maliyet (yöntemi), faaliyet seviyesi değiştikçe değiştiği için bir ürün maliyeti olarak kabul edilirken aksine, sabit maliyetler, faaliyet düzeyine bakılmaksızın değişmeden kaldıkları için dönem maliyetleri olarak kabul edilir.*
- *Ürün maliyetleri, dönem maliyetlerinin tam tersi olan envanter değerlemesine dahil edilir*
- *Ürün maliyeti tüm ürünleri ve üretim maliyetlerini içerirken, dönem maliyetleri pazarlama, satış ve dağıtım vb. tüm üretim dışı maliyetleri hesaba katar.*⁶⁶

Ülkemizde, dönem maliyetleri VUK./Md.275 hükmüne göre, Genel Yönetim Maliyetlerinden pay verilmesi isteğe bağlı bırakılarak, Finansman, Satış Pazarlama ve Ar.-Ge. Maliyetleri ise, diğer kanunlarda düzenmiştir. USA. GAAP (Genel Kabul Görmüş Muhasebe İlkeleri) uyarınca, Satış ve Yönetim Maliyetleri dönem maliyetleri olarak kabul edilmiştir.⁶⁷

⁶⁵ <https://www.accountingtools.com/articles/what-is-a-period-cost.html#:~:text=A%20period%20cost%20is%20any,than%20with%20a%20transactional%20event.&text=Examples,Erişim Tarihi:25.09.2021>

⁶⁶ "Unterschied zwischen Produktkosten und Periodenkosten2019, <https://gadget-info.com/difference-between-product-cost>, Erişim Tarihi:02.02.2022

⁶⁷ "Was sind die Unterschiede zwischen Periodenkosten und Produktkosten?- Talkin go Money Kosten vergleichsrechnung einfach erklärt mit Beispiel!" April 2021, <https://talkingofmoney.com/what-are-differences-between-period-costs-and-product-costs>, Erişim Tarihi:04.04.2022

d) Diğer Maliyetler: Yukarıda açıklanan maliyetler dışında, işletmenin normal faaliyetleri ile ilgisiz oluşan maliyetleri de söz konusu olup, örnek olarak;

- *İşletme dışı maliyetler (Spekülatif işlemlerdeki bağışlar veya kayıplar gibi.)*
- *Dönem dışı maliyetler (Bir önceki ya da diğer dönemlerde ödenmesi gerekli vergiler gibi.)*
- *Olağandışı maliyetler (Doğal afetlere bağlı olarak oluşan maliyetler, fırtına gibi.)*
- *Nötr/doğal maliyet (Kredi maliyetleri gibi.)*

gösterilebilir. Ülkemizde TDHP'na göre sunulan Gelir Tablosunda bunlara benzer olarak;

- *Diğer Faaliyetlerden Olağan Gider ve Zararlar*
- *Finansman Giderleri (Kısa Vadeli Borçlanma Giderleri)*
- *Olağandışı Gider ve Zararlar* hesaplarına yer verilmiştir.

3.3.3.3. İşletme Maliyetleri Ve Dijital İkiz Maliyetleri

Dijital ikiz, işletmeler açısından Endüstri 4.0 ile kazanılan fakat henüz çok yeni olup, her gün daha çok kavranmakta ve yaygın kullanım görmesine rağmen tam anlamıyla bilinmemektedir. Dijital İkiz maliyetlerinin işletme maliyetleri içindeki yeri, önemi, nasıl hesaplanacağı, mali tablolarda yer alıp almayacağı ve nasıl değerlendirileceği vb. hususlar açıklık kazanamamış olmasına bağlı olarak, bu bölümde bu hususlar irdelenecektir.

3.3.3.3.1. Dijital İkiz Maliyetlerinin İşletme Yönetimi Açısından Önemi

Dijital İkiz başlangıçta somut bir ürün olmaması nedeniyle öncelikle bir hizmet maliyetine sahiptir. Çünkü bünyesinde ürünün esasını ya da özünü ya da fiziksel yapısını oluşturan bir direkt-hammadde yoktur. Belki kullanılan yazılım programları kısmen de olsa hammadde kabul edilebilir, ancak bu gerçek Dijital İkizin bünyesinde hammadde olarak yer alamayacağı ve GÜM.'nin bir alt maliyet unsuru olacağı için, kanaatimizce doğru bir yaklaşım değildir. Öte yandan Dijital İkizin sağlıklı ve güvenilir bir maliyet hesaplamasını yapmak için mamul yaşam dönemi dikkate alınmalıdır. Mamul yaşam döneminde ortaya çıkan maliyetler **Bölüm 3331.'de** açıklandığı üzere, **Araştırma ve Geliştirme (AR.GE.) maliyetleri, Tasarım maliyetleri, Üretim maliyetleri, Satış-Pazarlama-Dağıtım maliyetleri, Finansman maliyetleri ve Diğer maliyetler** (bu faaliyetlerin yanı sıra, bazı ürünler ömürlerinin sonunda

üretici için güvenli imha, depolama, sökme, uzman lojistik ve geri dönüşüm vb. maliyetleri biriktirir.) olup; Dijital İkizin maliyetleri bunlarla paralellik göstermektedir.

Aynen mamul yaşam dönemi maliyetlerinde olduğu gibi; daha akıllı tesislere yönelimin artmasıyla birlikte, her yöneticinin sorması gereken çok önemli bir soru **“Bunun bana-işletmeye maliyeti ne olacak?”** sorusudur. Çünkü yöneticiler/ yönetim aldığı kararlar ile işletme kaynaklarını tüketmekte olup, bu da sermayeyi etkilemektedir. *Bir sorun veya bir tehdide veya fırsata yanıt verme gereksiniminden kaynaklanan karar verme, bir yol ayrımıdır. Yolun kendisi işletme-şirketin iş-faaliyet stratejisi, işletme-şirket seyahat edilen araçtır ve kavşak belirli bir konuya işletmenin yaklaşımını değiştirmek, yön değiştirmek veya mevcut rotada kalmak için bir fırsattır.*

Öte yandan etkili karar verme iyi bir liderin özünde temel işlevi olup; kararlar, liderlerin, işletme/şirketlerin gelecekteki başarısını sağlamak için değişen piyasa koşullarına, tehditlere ve fırsatlara yanıt vermelerini sağlar. Artan bilgi hızı, iş ortamındaki değişiklikler ve öngörülemeyen dış olaylarla birlikte, etkili kararlar alma görevi her geçen gün daha karmaşık hale gelmekte olup; en açık örneği COVID-19 salgınında yaşanmıştır. Karar vermenin nihai sonucu, işletme-şirketin karşılaştığı- önündeki durum boyunca bir yol sağlamak olup; her kavşakta, mevcut yönde devam etmek veya tali yolları kullanmak, hatta geri dönmek ve yeni bir yöne gitmek seçilebilir. Bu, bir labirente gideceği yönü/yolu arayan kişinin durumu ile aynı olup, yöneticiler labirente benzeyen kararlar arasında en doğrusunu seçmek zorundadır.⁶⁸

Maliyet anlaşılması gereken çok önemli bir değişkendir, çünkü yatırım getirisinin değerini belirler. Maliyet tam olarak anlaşıldığında, BBN. beklenen yatırım getirisi ve diğer önemli mali ölçütler gibi konularda da fikir sahibi olunabilir. Ancak, ne yazık ki; maliyeti hesaplamak her zaman kolay değildir. Örnek olarak: Dijital İkiz maliyetini nasıl ölçüleceği henüz bilinmemekte olup; bu bölümde bu sorunun yanıtı aranacaktır.

Dijital ikizler tamamen dijital yatırımlar olup, mimarilerine katkıda bulunan yazılım ve sensör bileşenleri olsa da, ikizlerin kendileri somut değildir. Bulutta yaşarlar ve kuruluş genelinde geniş çapta entegre olurlar. *Bu kadar üretken bir ürün/şeyin yatırım maliyeti nasıl hesaplanabilir=ölçülür?* ve daha da önemlisi, *yatırım getirisi ve diğer ileriye dönük ölçütler için kıyaslama ölçütü nasıl belirlenebilir?* olasılıktan uzak görünse de dijital ikizin maliyetini ölçmenin yolları vardır.⁶⁹

⁶⁸ Robert Mitson: "Verstehen und optimieren: Entscheidungsfindung in der modernen Geschäftswelt", <https://www.sherpany.com/de/ressourcen/meeting-management/methoden-zur-entscheidungsfindung-entscheidungsfindungsm>, Erişim Tarihi:27.08.2022.

⁶⁹ Devon Maresca, "How to Measure Digital Twin Cost", <https://spaceiq.com/blog/how-to-measure-digital-twin-cost/>, E.T.20.08.2022

Öncelikle, dijital ikiz maliyetleri, dijital ikizin üretimi faaliyetleri ile ortaya çıkacağı yani, mamul yaşam döneminde olduğu gibi, dijital ikizin tasarımıyla başlayarak yaşamının sona ermesine kadar geçen sürede ki faaliyetlere bağlı olarak oluşacağı akıldan çıkarılmamalıdır.

3.3.3.3.2.Yönetim Açısından Dijital İkiz Maliyetlerinin Türleri

*Dijital İkiz, hangi sektör olursa olsun, kullanma olanağı bulunan ve yenileşme-inovasyon, rekabet performans ölçümü ve maliyet kontrolü açısından ürettiği bilgilerle adeta sihirli bir araç olup; böylece dijital ikiz tarafından yeniden yorumlanan gerçeklik, oynayan herkesin kazandığı bir oyun kadar büyüleyici hale gelebilir.*⁷⁰ Bunun için çok hızlı bir hatırlatma yapıldığında, fiziksel bir varlığın (bazı durumlarda maliyet taşıyıcısı bazı durumlarda maliyet merkezi) sanal bir temsili olan Dijital İkizin, kullanım ya da oluşum zaman-dönemlerine göre; hesaplanması gereken maliyetleri;

A-Dijital İkiz Oluşum-Üretim Maliyeti

a-Dijital İkiz Tasarım Maliyetleri

b-Dijital İkiz Altyapı Maliyetleri

B-Dijital İkiz Sanal-Öngörü Maliyetleri

C-Dijital İkiz Gerçek Maliyetleri

olup; şimdi bunları inceleyelim.

A)Dijital İkizin Oluşum-Üretim Maliyetleri: Tümüyle tasarım ve alt yapı maliyetlerinden oluşmakta olup, dijital ikizin tasarım faaliyetleri ile ilgilidir ve dijital ikizin yaratılma fikrinin doğumu ile üretimi arasında geçen sürede oluşan maliyetlerin toplamıdır. Buna karşılık alt yapı maliyetleri ise, dijital ikizin ortaya çıkarılması için gerekli veri ve bilgilerin üretilmesi faaliyetleri sırasında oluşan maliyetlerdir.

a)Dijital İkiz Tasarım Maliyetleri: *“Tasarım, bir ürünün tümü veya bir parçası veya üzerindeki süslemenin, çizgi, şekil, biçim, renk, doku, malzeme veya esneklik gibi insan duyuları ile algılanan çeşitli unsur veya özelliklerinin oluşturduğu bütündür.”* bazen de daha kısa bir anlatımla, *“Yeni şeyin tüm nitelikleriyle ortaya konulmuş halidir”* olarak ifade edilir. Şu halde tasarımın; hayal, düşünceden veya talepten başlayan çeşitli aşamalardan geçerek neticesinin üretilmiş ya da üretilebilir tüm özellikleri içeren açıklanmış bir hale geldiği bir yol olarak düşünülebilir. Bu yoldaki

⁷⁰ Alain Conrard: “Le jumeau numérique, outil magique de l’innovation”,12,Avr. 2022, <https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/le-jumeau-numerique-outil-magique-de-l-innovation-913590.html>,Erişim Tarihi:26.08.2022

çalışmaların birbiriyle etkileri ve birlikteliği nedeniyle tasarımın başından sonuna kadar bir süreç-girdileri çıktılarına dönüştüren birbirleriyle ilgili olan veya etkileşimde bulunan faaliyetler dizisi- olduğunu ifade etmek yanlış olmaz.⁷¹

Tasarım işi bir fikir ile başlayarak, bu fikir üzerine eklenen bilgi ve beceri ile yeni bir ürün veya olgunun taslağı ortaya çıkar. Bu taslakta ilk göze çarpan, ilk talep ya da fikre uygun bir görünüşün ortaya çıkmış olması ya da aslında hayalin, kâğıt üzerine ilk döküldüğü taslak ta olabilir. Tasarım süreci, zaten yeni bir şeyler yapma işlemlerinin başlangıcı olduğundan yeni maliyetlerin de ortaya çıkması öngörülebilir bir sonuçtur. Bu süreçte, yeni şeylerin yeni maliyetlerinin (az ya da fazla) ortaya çıkmasından çok, istenmeyen zamanda ortaya çıkması esas olumsuz etkiye sahiptir.⁷²

Görülüyor ki; Dijital İkizin tasarım maliyetleri tasarım faaliyetleri sırasında oluşan maliyetlerdir. Tasarım aşamasında, sanal bir prototip görevi yapabilirken, daha sonra, sağlam bir PoC veya prototipe yatırım yapmadan önce, farklı simülasyonları veya tasarımları test edecek şekilde ayarlanacaklardır. Bu, ürünü üretime getirmek için, gereken yineleme sayısını azaltarak zamandan tasarruf sağlar ve maliyetleri düşürür.

b) Dijital İkiz Altyapı-Ön Maliyetleri: Dijital ikiz ile ilişkili maliyetlerin ikincisi olan, altyapı maliyetleri, Dijital İkizin temel alınabilecek ve faydalı olacak bir şekilde oluşturulmasına bakış sağlayan maliyetler olup, şunlardır:⁷³

ba)Dijital ikiz yazılım maliyetleri: Dijital ikiz yazılımı, dijital ikizin kendisini güçlendirecek olan şey olduğu için, en önemli altyapı-ön maliyettir. Saf Dijital İkiz yazılımını lisanslamak mümkün olsa da çoğu şirket Archibus gibi entegre bir Dijital İkiz platformunu tercih etmek isteyecektir. Bu, IWMS ve CMMS özelliklerinden de faydalanmak anlamına gelir.

Dijital İkizin yazılımı, ayrıca daha akıllı eylem ve gözetimi kolaylaştırmak için tasarlanmış olup, optimizasyon, iyileştirme, bakım, yenilikçilik, genişletme vb.konularda modelleme, simülasyon ve yönetim işlevleri-ayaklarının bir sonucudur ve statik verilere güvenmek yerine, karar verme ve tesis yönetiminin tesislerinin kendisi kadar gerçek zamanlı olmasına sağlar.⁷⁴

⁷¹ Metin Kahveci: "Tasarım Sürecinin Yönetimi ve Maliyete Etkileri", [http:// www.sabittuncel.com/tasarim-sureci-yonetimi-maliyeti/](http://www.sabittuncel.com/tasarim-sureci-yonetimi-maliyeti/), Erişim Tarihi:26.08.2022

⁷² Metin Kahveci: "Tasarım Sürecinin Yönetimi ve Maliyete Etkileri", [http:// www.sabittuncel.com/tasarim-sureci-yonetimi-maliyeti/](http://www.sabittuncel.com/tasarim-sureci-yonetimi-maliyeti/), Erişim Tarihi:26.08.2022

⁷³ Devon Maresco; "How to Measure Digital Twin Cost", [https:// spaceiq. com/ blog /how-to-measure-digital-twin-cost/](https://spaceiq.com/blog/how-to-measure-digital-twin-cost/), Erişim Tarihi: 20.08.2022.

⁷⁴ Dave Clifton: "How to Use Digital Twin Software", <https://spaceiq.com/blog/digital-twin-software/>, Erişim Tarihi:20.08.2022.

bb)Nesnelerin internetinin maliyetleri: Dijital İkizler verilerle gelişir ve bu verileri aktaran IoT sensörleri, Dijital İkiz oluşturmada önemli bir maliyeti temsil eder ki; paydaşlara açıklanması gereken en önemli maliyetlerden birisidir. Hareket sensörlerinden koltuk sensörlerine, zemin sensörlerinden yakınlık göstergelerine kadar, bir ofis IoT'si tarafından sunulan veriler, Dijital İkiz yapısının en önemli yönüdür. Dahası, daha sofistike (**=TDK.'na** göre; bilgiçlik, safsata, yanıltıcı anlamı taşır.) yazılım ihtiyacı ortaya çıktıkça ölçeklendirme maliyetini de beraberinde getirir.

bc)Entegre yazılım maliyetleri: Dijital İkizlerin bilgi topladığı tek yer IoT verileri değildir. Oda rezervasyon sistemleri, bakım biletleme yazılımları ve daha birçok entegre yazılım, dijital ikizler için önemli veriler sağlar. Her yazılım lisansının kendi maliyeti vardır ve verileri senkronize etmek için bir çözüm olarak entegre bir platform (iPaaS) kullanılması gerekli olup, bazen bunları birbirine bağlamanın ek maliyetlerine katlanılır.

bd)Personelin eğitim ve öğretim maliyetleri: Dijital İkizlerin kurulması ve etkin bir şekilde yönetilmesi için, kullanılacak personelin azımsanmayacak derecede eğitim ve öğretimi gerekir. Bu maliyetler, personelin yapılarını etkilemesine bağlı olarak, her işletme-şirketin bunları göz önünde bulundurması faydalı olacaktır. Ön eğitim ve ilk katılımın yanı sıra teknolojiler geliştikçe sürekli eğitim de hesaba katılması gerektiği gibi, ayrıca bu personelin ücret ve benzeri ödemeleri de hatırdan çıkartılmamalıdır.

be)Sabit varlık maliyetleri: Dijital ikizin oluşturulması sırasında, sanal dahi olsa bir mekan ve en başta bilgisayar ve donanımıyla birlikte araç, gereç ve makinelere de gereksinim duyulmakta olup, bunlara ait, amortisman, bakım-onarım, enerji, sigorta vb. maliyetler de söz konusudur. Şu halde;

Alt Yapı Maliyetleri = Yazılım Maliyetleri (=Nesnelerin İnterneti + Entegre Yazılım) +

Eğitim ve Öğretim Maliyetleri+Sabit Varlık Maliyetleri olmak üzere,

Dijital İkizin Üretim Maliyeti	=	Tasarım Maliyetleri	+	Alt Yapı Maliyetleri
---------------------------------------	----------	----------------------------	----------	-----------------------------

olur. Alt yapı maliyetleri bir süreç olarak düşünüldüğünde, bu sürecin optimizasyonu ile performans ve kalite kontrolü yapılabilir. Şöyle ki;

-Bilgi güçtür. Dijital ikiz yazılımını araştırmak, uygun yatırımları yapmak ve nasıl kullanılacağını öğrenmek için zaman ayıran şirketler, bu yazılımdan daha güçlü bir yatırım getirisi elde edecektir.

-Dijital bir alanda gerçek dünyadaki değişiklikleri modelleme, simüle etme ve yönetme becerisi paha biçilmezdir, ancak bu sadece dijital ikiz yazılımında ustalıklarla sağlanır.

-Temellerin öğrenilmesi ve araçların iyice anlaşılmasının ardından bunların; varlıkların, insanların ve tesislerin daha iyi yönetilmesine kanallize edilmesi kolaylaşır.⁷⁵

B) Dijital ikizin sanal maliyeti ise; bilgisayarda oluşturulan maliyeti olup; dijital ikiz, bir gerçekliğin dijital bir ikizi-kopyasının maliyetidir. Günümüzde çok çeşitli ve artan sayıda veriyi entegre ve dinamik olarak gönderme modeline sahip bir 3B dijital ile sanal olarak çoğaltmak ve optimize etmek için; tasarlanan uygulamaları, sistemleri veya sanallaştırabilen sistemlerden tasarımı ve cihazları optimize edebilir. **Adeta yorulmak nedir bilmeyen bir yaratıcı gibi**, dijital ikiz, örneğinin, var olacak en iyi konfigürasyonunu ortaya çıkarmak için, sanal olarak var olmayan yüzlerce ikiz yaratabilen en başarılı organizasyonlardır. Böylece üreticilerin maliyetli hatalar yapmasını engellerken, üretim hatlarını uygulamadan önce ve ardından gerçek zamanlı olarak optimize etmelerine olanak tanır. Dijital ikiz, altyapı projelerine, maliyetlere ve yatırımlara maruz kalmama gibi büyük bir avantaja sahiptir ve en iyisini bulmak için tüm organizasyonel çözümleri ucuz ve rekor sürede test etmeye olanak tanır. Yazılımda organizasyonel üretim, donanım geliştirmede mükemmel bir iş olmaz. Fikir oluşturma ve geliştirme, dijital araçlara analog araçlara göre, gerçekten çok daha düşük iken, sanal olarak jig-model prototip veya “gerçekleşme” yapılırsa çok daha pahalıdır. İşte tüm bu işlemler sırasında oluşan, işgücü-personel, kullanılan enerji-güç/elektrik, soğutma ekipmanı, bilgisayarların bakım ve onarımları, kağıt ve kırtasiye malzemeleriyle lisanslar (yazılım, güvenlik, veritabanı, uygulama yazılımı, sanallaştırma yazılımı, yönetim yazılımı, sistemi vb.) diğer yazılım bakımı, ağ donanımı ve iletişimi, profesyonel hizmetler, entegrasyon, destek ve arıza vb.)⁷⁶ maliyetleri sanal maliyetlerdir.

Sonuçta, bu bir bilgi işletim sistemi olup; maliyetleri; *gerçekleştirim maliyeti, işletim maliyeti, destek ve bakım maliyeti, genişletme maliyeti ve devreden çıkarma maliyeti* olmak üzere beş aşamalı olup; birçok alt unsurundan oluşmaktadır.⁷⁷ Burada göz önüne alınacak en önemli husus, lisans ve diğer maliyetlerin ortaya çıkma zamanıdır. Aslında dijital ikizin yaşam dönemi içinde bu maliyetler toplam dijital ikiz maliyetlerini oluşturmakla birlikte, maliyet kontrolü ve performans değerlendirilmesi açısından ortaya çıkma-oluşum zamanına göre; tasarım, altyapı ve sanal maliyetlerden hangisine ait olacağının saptanmasıdır.

⁷⁵ Dave Clifton: “How to Use Digital Twin Software”, <https://spaceiq.com/blog/digital-twin-software/>, Erişim Tarihi:20.08.2022.

⁷⁶ Görkem Giray: “Bilgi Sistemlerinin Toplam Sahip Olma Maliyetini Hesaplamak İçin Bir Çerçeve Araştırma Makalesi/Research Article”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 4, Ekim 2018, S.389-Tablo:2.

⁷⁷ Görkem Giray: “Bilgi Sistemlerinin Toplam Sahip Olma Maliyetini Hesaplamak İçin Bir Çerçeve Araştırma Makalesi/Research Article”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 4, Ekim 2018, S. 385.

C) Dijital ikizin gerçek maliyeti ise; bilgisayarda sanal maliyeti oluşturulan dijital ikizin gerçek ikizinin üretimi ile ortaya çıkan eşinin maliyetidir. Dijital ikiz kurmak, ihtiyaçlara ve faaliyet sektörüne bağlı olarak birkaç bin hatta milyonlarca Euro (veya USD.) mal olabilir. Ayrıca yeni becerilerde, yeni çalışma yöntemlerinde ve yeni süreçlerde daha ustalaşmayı da içerir. Kanatımızca; dijital ikizin maliyeti, işletmeler-şirketlere getireceğine kıyasla çok azdır. Çünkü, dijital ikizin işletmelere pek çok avantaj yaratması söz konusu olduğu için, uğraşmaya değer bir yatırım-oyundur. Bununla birlikte, bazı işletmeler çeşitli nedenlerle bu yeni teknolojiyi görmezden gelerek uzun vadeli gerçek bir rekabet avantajını kaçırdığının farkında değildir. Maliyetin yanı sıra, entegratörlerin verilere erişimi bazı şirketleri endişelendirebilir. Gerçekten de, dijital ikiz yükleyici kullanan şirketlerin çoğu, verilerine erişim izin vermelerine bağlı olarak, bu noktada dikkatli olması ve yürürlükteki düzenlemeleri dikkatlice incelemesi gerekir.

3.3.3.3.4.3. Dijital İkizin Muhasebesi ve Raporlama

Dijital ikiz uygulama sürecine başlamadan önce; aşağıdaki adımlara

-Adım 1: Hedef tanımı ve katma değer analizi

-Adım 2: Süreç analizi

-Adım 3: Süreç izleme

dikkat edilmeli ve BT. (ve BİT.) projelerinin zor bir iş olduğu unutulmamalıdır. Münih Teknik Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırmaya göre, tüm BT. projelerinin yarısından fazlasının başarısız olmasının ana nedenleri, planlama ve iletişim sorunlarıdır. Şirketler genellikle dijitalleşme sürecinin karmaşıklığını hafife alarak, dijitalleşmeyle birlikte şirket, temel yapısını ve girişimcilik süreçlerini bütünsel olarak değiştirmeye karar vermektedir. Bu nedenle, dijitalleşme stratejilerinin ve BT. projelerinin hazırlanması ve planlanması bir zorunluluk olmasına rağmen, ne yazık ki; çoğu şirkette bunun tam tersi gözlenmektedir. Yanlış hedef belirleme, hatalı bütçe planlaması ve uygun olmayan proje yönetim yöntemleri, dijitalleştirme projelerinde başarısızlığa yol açan hatalardır. Dijital İkizler dahi, bu temel kurallardan kaçamaz, ancak basit önlemlerle BT. projelerinde başarısızlık önlenabilir.⁷⁸

Dijital İkizin muhasebesi ve raporlanmasında da durum farklı değildir. Henüz dünyada ve ülkemizde, Dijital İkiz ile ilgili yasal düzenlemeler yoktur, eskidir ya da yeterli değildir. Bununla birlikte Dijital İkizler, bir üründen daha çok bir hizmet niteliği

⁷⁸ "Digitaler Zwilling – Womit fange ich an?" <https://diconnex.com/blog/2019/08/19/digitaler-zwilling-womit-fange-ich-an/>, Erişim Tarihi: 25.08.2022.

taşımakta olup, işletme-şirket için en önemli varlık olan veriler, aynı zamanda dijital ikizlerin yegane kaynağı ve sanal maliyetlerinin en değerli unsurudur.

Dijital İkizin muhasebesi ve raporlanması normal muhasebe işlemlerine göre daha farklı özellikler taşımakta olup; bu özellikler şunlardır:

a)Dijital ikiz sanal maliyetli bir ekonomik değerdir. Bu durumda;

- Bir hizmet olarak kabul edildiğinde, **stoklanması söz konusu olmayıp, sadece Dijital İkizlerin hizmet maliyeti hesaplanarak, doğrudan Hizmet Üretim Maliyeti Hesabı ile birlikte Gelir Tablosuna aktarılacaktır.**

- Bir ürün olarak kabul edildiğinde ise; **151-152 no.lu hesaplarda alt ayrımı yapılarak Dijital İkizler ürün/mamul hesabında izlenmeli ve satış söz konusu oldukça SMM. Hesabı ile birlikte, Gelir Tablosuna aktarılmalı ya da stokta (dönem sonunda aktarılmak üzere) bekletilmelidir.**

- **Dijital İkiz Maliyeti, işletmenin normal ürün maliyetlerinden ayrı hesaplanarak, TDHP'nda ayrı hesaplarda izlenmelidir. Bunun için, 7A (veya 7B) Seçeneğinde ayrı bir hesap oluşturulmalıdır.**

b)Dijital İkiz, yaşam dönemi maliyeti olan bir ekonomik değerdir. Bu durumda;

- **Daha önceden yaşam dönemi maliyetlemenin uygulanmış olması ve mamulün yaşam döneminin sona ermemiş olması,**

- **Daha önceden yaşam dönemi maliyetlemenin uygulanmamış olması ve mamulün yaşam döneminin belirlenmiş olması,**

hallerine göre, gerçek Dijital İkiz Maliyeti belirlenmelidir.

- **Dijital İkiz Maliyeti, Dijital İkizin kullanım süresine ve tekrarlama sıklığına göre, yani gerçek ürünün ortaya çıkmasından sonra tekrar kullanılmayacaksa veya başka bir ürün için bazı eklemeler ve değişiklikler yapılarak kullanılacaksa; sabit yatırım gibi düşünülerek bilançoda dijital varlık olarak, gelir tablosunda amortisman yoluyla dönem gideri olarak yer almalıdır. Bu durumda Dijital İkiz bir sabit varlık gibi düşünülerek sabit varlıklar içinde Dijital İkizler Yatırım Hesabı yada Dijital Varlıklar hesabında izlenmelidir. Ancak, bu hesapta; elektronik olarak saklanan içerikler ve çevrimiçi hesaplar dahil olmak üzere, sadece dijital varlıklar olarak tanımlanan ekonomik değerler sınıflandırılarak izlenmelidir.**

Dijital varlıklar, Facebook, Twitter, Instagram ve LinkedIn gibi sosyal medya hesaplarını ve e-posta hesaplarını içerir. Çevrimiçi iş, profesyonel blog veya etki alanı adı vb. profesyonel varlıklar da kişinin dijital varlıklarının bir kısmını içerebilir. Kategori,

Google Drive veya Dropbox'ta depolanan veya fotoğraf ucunda tutulan belgeler gibi çevrimiçi olarak saklanan içerikleri kapsayabilir. Son olarak, bir online banka, yatırım hesabı veya bir PayPal hesabı gibi bir dijital formda parasal varlık insanlar için nadir görülen bir durum değildir.⁷⁹ Dijital varlıklar genel olarak aşağıdakileri içerecek şekilde tanımlanabilir:⁸⁰

■ **Herhangi bir çevrimiçi hesap;** ve

■ **Bir kişinin bilgisayarında veya bir sunucuda depolanan herhangi bir dosya.**

a)Çevrimiçi hesaplar: Çevrimiçi hesaplar, sosyal ağ siteleri, e-posta hesapları, fotoğraf paylaşım siteleri ve bloglar gibi şeyleri içerir. Bu dijital varlık sınıfı ayrıca eBay, yelp, PayPal ve Go Daddy gibi çevrimiçi kaynakları, kısacası bir kullanıcının duygusal veya ekonomik açıdan değerli içeriğini/varlığını kapsayan herhangi bir çevrimiçi hesabı içerir. Bu çevrimiçi hesaplar, kullanıcı adları ve şifrelerle korunur. Zira, mirasçılar, merhumun son arzularını yerine getirmek amacıyla hesaplara erişmek için bu bilgilere ihtiyaç duyacaklardır.

b)Bir bilgisayardaki veya sunucudaki dosyalar: Dijital varlıkların ikinci sınıfı, Mozy gibi bir çevrimiçi yedekleme hizmeti aracılığıyla bir bilgisayarda veya bir sunucuda depolanan dosyalardan oluşur. Dijital dosyalar, iş belgelerini, aile fotoğraflarını, kişisel günlükleri, aile tariflerini ve müşterilerin varislerinin sonunda sahip olmasını istedikleri bir dizi başka tür bilgiyi içerebilir. Bir bilgisayarda saklanan dosyaların sahibi öldükten sonra, varisler onları nerede arayacaklarını bilmiyorlarsa bulmak zor olabilir

Burada ülkemizde geçerli olmak üzere, VUK. genel tebliği uyarınca; **“01.01.2023 tarihinden itibaren 4.400-TL.nı aşmayan ve işletmede kullanılan her tür alet, edavat, mefruşat ve demirbaşlar ile peştemallıkların amortismanına tabi tutulmaları doğrudan doğruya gider yazılarak Kar Zarara aktarılabilceği de”** dikkate alınmalıdır.⁸¹ Bununla birlikte dijital ikizlerin maliyetleri bu tutarın çok üstündedir. Bu nedenle dijital varlıklar düzenli bir biçimde sınıflandırılarak işletmenin sabit varlıkları içinde alt hesaplarda, ya da yeni oluşturulacak bir hesap grubunda Dijital Varlıklar adıyla izlenerek, özellikle bu varlıkların *mülkiyet hukuku* yönünden gerçekten varlık olup olmadığını, belirlemek önemlidir.

⁷⁹ Kevin Snyder And Jessica Ertel, “Estate Planning In A Digital Age: Protecting Your Digital Assets Today And In The Future”, <https://www.google.com.tr/search?source=hp&ei=ldygXOzKA6vJrgSp6YaADQ&q=What+is++the+Meaning+of+the+Digital+Accounting>, Erişim Tarihi:31.03.2019.

⁸⁰ Nathan J. Dosch & Joseph W. Boucher, “E-Legacy:Who Inherits Your Digital Assets?”, December 2010, Volume:83, Number:12, <https://www.wisbar.org/NewsPublications/WisconsinLawyer/Pages/Article.aspx?Volume=83&Issue=12&ArticleID=1907>, erişim Tarihi:31.10.2022

⁸¹ Bu çalışmanın yapıldığı tarihte; “213 sayılı VUK”na göre; 01.01.2024 yılında uygulanacak oranlar yayınlanmamıştır..

Genel olarak, mülkiyet gayrimenkul-taşınmaz ve kişisel mülkiyet olmak üzere iki geniş kategoriye ayrılır. **Gayrimenkul-taşınmaz**, toprak ve ona bağlı her şeydir. **Kişisel mülkiyet**, gayrimenkul olmayan ve toprağa çakılmayan, kazılmayan veya üzerine bir şey inşa edilmeyen her şeydir. Kişisel mülkiyet ayrıca;

-maddi mülkiyet (arabalar, mobilya, mücevher, sanat, giyim, ev aletleri vb.) ve

-maddi olmayan mülkiyet (hisse senetleri, tahviller, patentler, ticari markalar, telif hakları) olarak ikiye ayrılır. Aradaki fark, somut bir mülkün dokunulabilir, hareket edebilir veya hissedilebilir olmasıdır.⁸²

Dijital varlıklar, yukarıda verilen bölümlerinin hiçbirine tam olarak uymamakla beraber, bir bilgisayarda veya internette dijital biçimde kaldıkları sürece maddi olmayan mülk-mal kategorisine en iyi şekilde uyarlar. Ancak basılan bir dijital fotoğraf veya e-posta dokunulabilir, hareket ettirilebilir veya hissedilebilir olduğundan somut bir özelliştir. Maddi ve maddi olmayan kişisel mülkiyet arasındaki ayrım önemlidir, çünkü ayrım nihayetinde vasiyet sürecini yönlendirir. Wisconsin'de vasiyetname yazan bir kişi (vasiyet eden), belirli mirasçılara bırakmak üzere, vasiyetine belirli somut kişisel mülk öğelerinin imzalı ve tarihli bir listesini ekleyebilir. Maddi olmayan duran varlıklar için, böyle bir karşılık bulunmaması nedeniyle, bir vasiyetçi maddi olmayan varlıkları bir vasiyetnamede, güvende tutarak, ölüm halinde yapılacak ödeme veya lehtar atamaları ile, devir gibi sözleşmeye bağlı atamalar yoluyla özel olarak veya miras bırakanın bu varlıkları, onun iradesiyle artık madde yoluyla elden çıkarabilir. Bu gereklilik, bir kişinin önce bir avukata danışmadan bazı dijital varlık türleri için dağıtım planını değiştirme yeteneğini sınırlar.⁸³

Yukarıda açıklanan nedenlerle, kanaatimizce dijital varlıklar kendi içinde iki ana iki grupta izlenmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

a)Asıl Dijital Varlıklar: Dijital ikizler-dijital bir varlık olarak; dijital olarak saklanan içerik veya bir bireye ait olan çevrimsel bir hesaptır ve görüntüler, fotoğraflar, videolar ve metin dosyaları gibi değişik dosyalar içerir. Aynı zamanda diğer dijital içeriği de (belki bir veri tabanındaki farklı veriler olarak) içerir. Bu varlıklar, bir şahsın **“yerel olarak”** sahip olduğu bir cihazda veya Internet üzerinden erişilen cihazlarda **“bulut içinde”**, genellikle 3. kişilerce sunulan ve bir kişi tarafından bireysel yöneti-

⁸² Nathan J.Dosch & Joseph W. Boucher:“E-Legacy: Who Inherits Your Digital Assets?“,December 2010, Volume:83,Number:12,https://www.wisbar.org/NewsPublications/WisconsinLawyer/Pages/Article.aspx? Volume=83&Issue=12&ArticleID=1907,Erişim Tarihi:31.10.2022

⁸³ Nathan J.Dosch & Joseph W. Boucher:“E-Legacy: Who Inherits Your Digital Assets?“,December 2010, Volume:83,Number:12,https://www.wisbar.org/NewsPublications/WisconsinLawyer/Pages/Article.aspx? Volume=83&Issue=12&ArticleID=1907,Erişim Tarihi:31.10.2022

len bir servisin bir parçası olarak depolanır. Bazı çevrimiçi hesaplar kendi başlarına bir varlık olarak kabul edilebilir ve bir siteye değer verebilir. E-posta hesapları, sosyal medya profilleri (YouTube veya Flickr gibi), sosyal ağ profilleri (Facebook gibi) ve diğerleri vardır. Bunlar ayrıca servis sağlayıcı ile birey arasındaki bir birim tarafından yönetilir.⁸⁴

b) Diğer Dijital Varlıklar: Başlıcaları şunlardır: ⁸⁵

-Avantlar: Dijital varlıklar sosyal medya hesaplarıyla sınırlı değildir. Çoğu zaman, dijital varlıklara erişmek için kullanılan bilgisayarlar, cep telefonları, tabletler gibi cihazlar ile bu cihazlarda saklanan içerikler söz konusu olup; telefonlarda saklanan yüzlerce belki binlerce fotoğrafı ya da bilgisayarlarda çalışılan sayısız belge örnek gösterilebilir.

-Online Finansal Hesaplar: Çoğu kişi bugün kendi finansal online veya bankacılık, yatırımları için bir uygulama aracılığıyla mobil ödemeler yapmakta, örneğin; faturaları ödemekte, bireysel olarak kişilere veya PayPal gibi varlıklara ödeme yapmak için kendisine özel uygulamalardan yararlanmaktadır. Tüm bu hesaplar, dijital varlıklardan oluşur, onlar hassas ve kişisel bilgiler içerdiği için, yönetilmesi ve olumsuz durumlar ile ölüm halinde düzenlemesi önem arz etmekte olup-yasal mevzuatı olmalıdır.

-Online İş Varlıkları: Kişiler bir iş ve kariyer ile ilişkili dijital varlıklara sahip olabileceği gibi, şirketler için, çevrimiçi bir varlığı ile online,hatta tuğla ve harç üreten işletmeler-birimlerin çalıştırmasını içerebilir. Örneğin, küçük bir işletme sahibi, sıklıkla şirketin bordro, muhasebe ve bankacılık vb. işlerine ait mali işlemleri bugün, genellikle online olarak, sorumlu bir bireyin yönetiminde gerçekleştirir. Şirket sahibi olmayanlar bile muhtemelen müşteri dosyaları, çalışma belgeleri, elektronik olarak veya bulut tabanlı bir hizmette saklanan değerli yazılımlara sahip olmaya bağlı olarak, bu varlığın-içeriğinin nerede depolandığı ve en uygun nasıl erişilebileceği belirtmek önemlidir.

Fikri Mülkiyet Hakkı: Fikri mülkiyet hakları kişinin dijital varlıklarının başka bir parçası olabilir. Aynı küçük işletmenin sahibince veya aynı zamanda onun ölümü üzerine iş halefince ve onun şirketin logosu için transferi istenebilen, ticari markalar olabilir. Ya da, kariyerli bir yazar olsaydı, yazdığı kitapların hakları muhtemelen telif hakkı olup; bu telif hakları (ve potansiyel olarak herhangi bir ilişkili lisans veya telif)

⁸⁴ John Romano:"A working definition of digital assets",01.09.2011,<http://www.thedigitalbeyond.com/2011/09/a-working-definition-of-digital-assets/>Erişim Tarihi:31.03.2019.

⁸⁵ Kevin Snyder And Jessica Ertel; "Estate Planning In A Digital Age: Protecting Your Digital Assets Today And In The Future, "https://www.google.com.tr/search?source=hp&ei=ldyGXOzKA6vJrgSp6YaADQ&q=What+is++the+Meaning+of+the+Digital+Accounting,Erişim Tarihi:31.03.2019.

ölüm üzerine transfer edilebilir. Yine bir bilim adamı-insanı veya mühendis kendi buluş ve icatlarından dolayı patent haklarına veya isim lisans haklarına sahip olabilir. Birinin kendi gayrimenkul planında bu benzersiz mülkiyet türü de dahil olmak üzere dijital varlıkların sayısız yararı vurgulanmaktadır.

Bununla beraber, **“Dijital dosyaların kendileri, dijital kaldıkları sürece en kolay maddi olmayan, kişisel mülk(mal)-varlık olarak sınıflandırılmış gibi görünür. Basılırsa veya fiziksel ortama (basılı bir fotoğraf gibi) dönüştürülürlerse, hızla maddi kişisel varlık-mülk(mal) olurlar. Yetki alanındaki yasaya bağlı olarak, maddi ve maddi olmayan duran varlıklar arasındaki bu ayrım, müşterilerin, uygulayıcılara bu varlıklara erişim sağlamaları, uygulayıcının, bu varlıklar üzerinde kontrolünün anlamı ve denetim süreci üzerinde önemli rolü olabilir. Bu oldukça açık gibi görünse de, tanımında bazı sorunlar vardır: ⁸⁶**

-Çevrimiçi hesapların dijital varlıklar olarak değerlendirilmesi gerekmele birlikte, dijital varlıkların gerçekten bir bireysel hesaba veya bu hesap kullanılarak depolanan ve erişilen içeriğe sahip midir?

-Bireyler ve çevrimiçi hesap sağlayıcıları arasında neredeyse her zaman bir hizmet sözleşmesi mevcut olup, hesabı yönetir ve bir hukuk seçimi tanımlar.

-Connecticut, Rhode Island, Idaho ve Oklahoma gibi birçok eyalet, uygulayıcıya bu hesaplara erişim ve kontrol etme hakkı tanımak için, California'yı anlaşmazlıkların çözüleceği yer olarak tanımlayan yasalar çıkarılmasına rağmen, California'da bir yürütücünün hesabına erişimine açıkça izin verecek herhangi bir yasa bulunmadığı için henüz çözülmemiş bir çatışma yaratmaktadır.

-Yukarıda tanım, bugün sahip olunan değerli dijital varlıkların kapsamıdır. Ancak teknolojinin hızlı değiştiğini ve internet destekli servislerin son derece hızlı bir şekilde geliştiği hatırlanmalıdır. Şu anda dijital varlıklar tanımını zorlamaya ve genişletmeyi sürdürebilecek güçlü hizmetlere yönelik büyük bir hareket görülmekte olup, daha sonrada yenileri olacaktır. Bu da tanımların çok sınırlı olmaması gerektiğini hatırlatır. Connecticut ve Rhode Island yasaları, kısıtlayıcı ve aşırı belirgin ifadeleriyle zaten eskidir.⁸⁷

c)Dijital ikizlerin muhasebe kayıtları ise; ticari defterlere gerçek rakamlarla ya da öngörü rakamlarla yapılmalıdır. Gerekli görülürse, sanal ikizlerin bütçesinin ya-

⁸⁶ John Romano: "A working definition of digital assets", 01.09.2011, <http://www.thedigitalbeyond.com/2011/09/a-working-definition-of-digital-assets/>, Erişim Tarihi: 31.03.2019.

⁸⁷ John Romano: "A Working Definition of Digital Assets", on September 1, 2011 in Legal, <https://www.thedigitalbeyond.com/2011/09/a-working-definition-of-digital-assets/>, Erişim Tarihi: 31.10.2021

pılması ve bütçe rakamları-öngörü rakamlar ile gerçekleşen rakamların karşılaştırılması yapılabilir, ancak burada asla gözden uzak tutulması zorunlu husus yazılım maliyetlerinin ödemelerinin nasıl yapılacağıdır. Bunun için iki seçenek söz konusudur:

- *Yazılım programlarının işletme içinden gerçekleştirilmesi doğal olarak daha az maliyetli olacağı gibi, aynı zamanda peşin ödeme söz konusu olmaz ve Dijital İkiz işletmenin varlığıdır.*

- *Yazılım programları işletme dışından gerçekleştirilmesinde de iki seçenek söz konusu olup; -Satın alma halinde daha çok maliyetli olacağı gibi, aynı zamanda peşin ödeme veya kredili ödeme(taksitlendirme-cari hesap ile) söz konusudur.*

-Dijital İkizin kiralınması tercih edilirse; kiralama koşul ve ödeme biçimleri maliyeti belirler.

d) Dijital İkizlerin raporlanması, Bilançoda Stoklar içinde Dijital Varlıklar Stok Hesabında ya da Sabit Varlıklar içinde Dijital Varlık Yatırımları Hesabında aktifleştirilmek yoluyla, Gelir tablosunda Dijital Varlık Üretim Hesabının, Dijital Varlıklar Stok hesabında izlenmemesi halinde doğrudan Dijital Varlıklar Maliyetleri hesabıyla giderleştirilerek, SMM hesabına ve sonrasında Dönem Kar Zarar Hesabına aktarılması biçiminde yapılabilir.

Bunun yanı sıra Dijital İkizlerin maliyetlendirilmesinden sonra oluşacak tasarım, yazılım değişiklikleri, IoT verilerinde oluşan yenilik ve gelişmeler, eğitim ve öğretim yapılan düzenlemeler ve yeni yapılanmalar, sabit varlıkların nitelik ve niceliklerinde ki gereksinimler sonucunda ortaya çıkan maliyetler Dijital İkizlerin maliyetine aktarılabilir.

Ancak, dijital varlıkların muhasebesi maliyetlendirilmesi ve raporlanması açısından;

-Öncelikle Dijital varlıkların tanımlama ve sınıflandırılması,

-İkinci ve muhtemelen daha önemli olan konu, dijital varlıklara erişim ve transfer edilmesi,

-Erişim ve devredilebilirlik, mülkiyet, sözleşme ve vaset hukukunun kesişmesini vurgulamakta olup; Dijital varlıkların genellikle bir mülkiyet hakkı (yani, fikri mülkiyet ve kullanıcı tarafından oluşturulan içerik)ve sözleşmeye dayalı bir lisans (yani, hizmet şartlarına uygun olarak ISP hizmetine erişim ve kullanım lisansı) içermesi en önemli noktalardır.

e) Dijital İkizin muhasebesi, maliyetlerinin hesaplanması ve raporlanmasında hangi seçenek benimsenirse benimsensin; “VERİLER PAHA PİÇİLMEZ DEĞERDE” olmasına bağlı olarak proje başlamadan önce;

-Hangi kalitede, hangi verilere gereksinme vardır?

-Veri ve bilgiler nasıl toplanmalı, değerlendirilmeli ve analiz edilmelidir?

-Veriler için etkin bir yönetim ve işleme sistemi var mıdır?

soruları yanıtlanmalıdır. Çünkü bir İngiliz gazetesinin bir makalesinde çok güzel bir şekilde ifade edildiği gibi; **“VERİ YENİ PETROLDÜR”**.⁸⁸

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dijital İkiz, sanal bir ürün prototipi oluşturmak için kullanılan öncü bir teknolojidir. Tasarımdan başlayarak, bir Dijital İkiz mevcut verilerin analiz edilmesine yardımcı olup, verilerin model üzerindeki olası etkilerini tahmin ederek, bir cihazın veya bir işlemin performansını iyileştirmektedir. Nesnelerin İnterneti, Veri Analizi, Makine Öğrenimi, Yapay Zeka, Bilgisayar Vizyonu, Artırılmış Gerçeklik/Sanal Gerçeklik, Bulut Bilişim vdg. teknolojileri kullanmakta olan Dijital İkizler konsepti, yetişmiş insan gücü ve etkin bir bilgi teknolojileri alt yapısına dayanmaktadır.

Geçmiş performans verilerine dayalı simülasyonlar oluşturan ve üretim sürecinde gelecekteki iyileştirmeleri planlamak için simülasyonlardan tahmin edilen sonuçları kullanan Dijital İkizler, tasarımdan bitmiş ürüne kadar tüm üretim döngüsünü izlemek için kullanılabilirdiği gibi, gerçek zamanlı performans verilerinin analizi sayesinde, Dijital İkizler çok fazla aşınma ve yıpranmanın oluşumundan önce, önleyici bakım yapılmasını olanak yaratır. Küçük teknik sorunların, daha büyük ölçekli ve daha maliyetli sistem arızalarına dönüşmeden önce düzeltilmesi bu teknoloji sayesinde her zaman gerçekleştirilebilir. Aynı zamanda, üretim kesintilerinden kaçınma, gereksiz kayıpların minimize edebileceği anlamına gelmekte olup, oluşturulan simülasyonlar yardımıyla kaynak harcamadan verimliliği arttırmak ve daha yüksek karlılık sağlanabilmektedir.

Dijital İkiz oluşturma sürecindeki en zorlu görevlerden biri, bileşenlerinin uygulama düzeyini belirlemektir. Dijital İkiz içindeki bileşenlerin uygulama düzeyi, dijital ikizin kurulmasının toplam maliyetini ve endüstriyel ortamı yansıtmaya derecesini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, gerçek endüstriyel ortamla tamamen özdeş olan bir ikiz model tüm olası testlerin yürütülmesine izin verdiği için en yüksek doğruluğa sahiptir. Ancak böyle bir modelin uygulanması son derece pahalıdır. Belirli bir endüstriyel ortamın güvenlik değerlendirmesini kolaylaştırmak için özel olarak tasarlanmış uygun maliyetli bir Dijital İkizin oluşturulmasına yönelik yöntemler

⁸⁸ “Digitaler Zwilling – Womit fange ich an?” <https://diconnex.com/blog/2019/08/19/digitaler-zwilling-womit-fange-ich-an/>, et.25.08.2022

uygulanmalıdır. Önerilecek bu uygun yöntemler, belirli bir endüstriyel ortam için Dijital İkiz türetme problemini bir optimizasyon problemi olarak modellemelidir. Optimizasyon problemi, sıkı bütçe kısıtlamaları altında Dijital İkizin etkisini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamalıdır.

Ancak, Dijital İkiz modellerin temel felsefesi, modellerin her zaman belirli bir ölçek ve zamanda soyutlamalar olduğu ve bu nedenle modellere dayalı simülasyonlar, geleceğimizle ilgili kehanetlerle karıştırılmamalıdır. Her türlü benzersiz ve tek tip verinin aktığı ve herkes tarafından kullanılacak büyük bir kara kutu olarak dijital ikizlerin somut bir biçimde mevcut olmamasına bağlı olarak dijital ikiz terimi de biraz yanıltıcı gibidir. Bu yönüyle önceleri eleştirilen Dijital İkizler konsepti daha fazla savunulmakta ve uygulama bulmaktadır. Çünkü, Dijital İkizler birçok faydası ile birlikte öncelikle *iletişimi* kolaylaştırmaktadır. Örneğin eskiden 3 boyutlu şehir modellerinin, coğrafi verilerin ve standardizasyonun önemini anlatmakta güçlü çekerken, şimdi kapıları sonuna kadar açıktır. Bu durumu, Stoter, *“Bir jeo-topluluk olarak konsepti memnuniyetle karşılamalı, ancak kalan zorlukları göz ardı etmemeliyiz”* biçiminde ifade etmektedir. Bu, diğer şeylerin yanı sıra, veri ve süreçlerin standardizasyonu konusunu ve küçük pilotlardan yüzeye çıkma becerisini içerir. Bunun için dijital ikizin tamamen teknik düzeyden çıkması gerekiyor. Dijital ikiz, kuruluşlar tarafından süreçlerin yürütüldüğü temel olarak anlaşılmalıdır. Bu nedenle -kamu-özel ortaklıklarında da- verilerin nasıl değiştiğine ait anlaşmalar yapılmalı, onlardan kim sorumlu, kim onları takip ediyor. Ve Stoter buna, *“Veri diğer varlıklar gibidir, örneğin, nereden geldiğini, nereye gitmesi gerektiğini, hangi malzemeden yapıldığını ve inşaat ve işletme için kimin ödeme yaptığını da bildiğiniz bir yol gibidir”*⁸⁹ eklemesini yapmaktadır.

Dijital İkizler, dijital kentsel gelişim için kullanılmadan daha önceleri endüstriyel üretimde, yıllardır optimizasyon süreçleri için malzeme ürünlerinin üç boyutlu dijital görüntüleri için kullanıldı. Kesin olarak Dijital İkiz bir gerçekliğin tam dijital taklididir ve kentsel gelişim bağlamında, bu genellikle, farklı uygulamalar için birçok farklı verinin görüntülediği bir şehrin dijital 3B modellerinin biraz daha gevşek bir tanımına atıfta bulunduğu söylenebilmektedir. Çünkü, Dijital İkizleri güncel bilgi ve öngörüler sağlayabilen bir kontrol aracına dönüştürmek amacıyla, binaların, sokakların ve tüm şehir bölgelerinin böyle bir kentsel dijital modelinde, çok çeşitli kaynaklardan çeşitli veriler yavaş yavaş eklenebilir ve tamamlanabilir. Ancak, “Şehir gibi karmaşık bir yapının imajının sınırları nerede başlar ve nerede biter? belirlemek zordur. Kentsel bağlamdaki dijital ikiz, şehri bir bütün olarak oluşturan tüm

⁸⁹ Jantien Strotten : “Was Digitale Zwillinge können – und was nicht! <https://www.intergeo.de/de/news/was-digitale-zwillinge-koennen-und-was-nicht>, Erişim Tarihi:30.10.2022, INTERGEO © 2022,

süreçleri pek içeremez. Trafik veya enerji akışlarını (yakın) gerçek zamanlı olarak entegre eden yüksek çözünürlüklü sanal bir 3B model bile sosyal dinamikler ve ekonomik işlevler gibi özellikleri göz ardı eder. Ama bunlar sonuçta bir sistem olarak bir şehri oluşturduğundan, daha sonraki bir genişleme aşamasında, veriler, şehirdeki farklı süreçler arasındaki karmaşık etkileşimlerin ve etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için modeller ve algoritmalarla zenginleştirilebilir - örneğin, hava durumu, trafik, şantiyeler ve enerji sistemleri arasındaki ilişkiler. Kentsel davranış veya planlama değişkenleri için tahminler oluşturmak için simülasyonları kullanmak da mümkündür.⁹⁰

Öngörü ve karar verme amaçlı bir planlama aracı olarak kentsel dijital ikize doğru atılan bu adımlar, mevcut pilot projelerde bulunabilir. Ancak tam olarak olgunlaşmamışlardır ve her zaman akılda tutulmalıdır. **Gelecek gerçektir - ve bu nedenle bazı kısımlarda öngörülemez.** Olasılıklara geri dönüldüğünde, *Dijital İkizlerin mevcut kullanım olanaklarından kaynaklanan hizmetler ve çözümler kesinlikle test edilebilir, çünkü bunlar bazen yüksek düzeyde alan uzmanlığı gerektirebilir, en büyük için temel bir teknoloji olarak Dijital İkizler olası katma değer, sağlayıcıdan bağımsız dağıtım yaşamalıdır.* Bu ise, ancak Dijital Şehir İkizlerinin kopyalanabileceği ve yeni ortamlara entegre edilebileceği DKSR Açık Kentsel Veri Platformu gibi bir açık kaynak yaklaşımıyla başarılabılır.⁹¹

Öte yandan Dijital İkizlerin çok yeni bir konsept olmasına bağlı olarak muhasebesi, maliyetlemesi raporlaması özellik arz etmekte ve sorunların giderilmesinde hem Dünya hemde ülkemizde yeni yeterli açık ve uygulanabilir yasal düzenlemelere büyük gereksinim duyulmaktadır. Yasal düzenlemelerin olmayışı ya da çok eski ve çok yetersiz oluşu en başta gelen neden olup buna bağlı olarak sorunlar oluşabilmektedir. Özellikle Muhasebe ve Finansman açısından; Dijital Varlık tanımının yapılamayışı, Dijital Maliyetlere ilişkin kullanılacak hesapların olmayışı, Mali Tablolarda nerede ve nasıl yer alacağının belirlenememesinin yanı sıra, IAS, IFRS ve TMS, TFRS lerde hiç yer verilmemiş olması büyük eksiklik olduğu kadar, Dijitalleşme ile Dijital İkizlerin öneminin en belirgin anlaşılama göstergeleridir.

Yaşam dönemi maliyetleri, bir ürün/ sistemin tüm maliyetleri olup, pazar araştırması ve ürün geliştirme maliyetleri ile başlayarak, yedek parçaların depolanması veya bir sistemin sökülmesinin maliyetleri ile biter. Bu nedenle, Dijital İkiz mali-

⁹⁰ "Digitaler Urbaner Zwilling – Hype Oder Helfer Nachhaltiger Kommunen?", 5 August, 2022, <https://www.dksr.city/news/digitaler-urbaner-zwilling-hype-oder-helfer-nachhaltiger-kommunen/>, Erişim Tarihi 31.10.2022

⁹¹ "Digitaler Urbaner Zwilling – Hype Oder Helfer Nachhaltiger Kommunen?", 5 August, 2022, <https://www.dksr.city/news/digitaler-urbaner-zwilling-hype-oder-helfer-nachhaltiger-kommunen/>, Erişim Tarihi 31.10.2022

yetlerinin normal bir maliyet hesaplamasının yapılamaması onun normal bir ürün ya da hizmet olmayıp, sanal bir ürün olmasıyla yakından ilişkili olduğu gibi, henüz mazisi çok yenidir ve yazında bilinmemektedir. Bir diğer ifade ile, onun maliyetleri geniş açıdan bakılarak, bir yeni yatırım gibi kabul edilerek hem maliyetleri hemde getirileri birlikte değerlendirilmesi yani Dijital İkizlerin yaşam döneminin dikkate alınarak maliyetlendirilmesi, muhasebeleştirilmesi ve raporlanması daha doğru ve gerçekçi bir yaklaşım olabilir.

Dijital ikizler güçlü düşünce liderleri ve sürekli gözlemcilerdir ve kişiler, önceden bir Dijital İkiz tasarlayıp sanal dünyada oynasalar, gerçekten para, zaman ve kaynaklara yatırım yapmadan önce hatayı fark edebilirlerdi. Çünkü, halihazırda var olan fiziksel bir nesneyi tasvir ederlerse, yenilikleri ve hizmetleri önemli ölçüde ilerletebilmekte, sanal ortamda, fiziksel dünyaya uygulanabilecek dersler öğrenilerek fırsatlar ortaya çıkarılmaktadır. Dijital ikizler böylece şirketlerde karar vermeyi de destekler ve aynı zamanda istihbarat sistemleri olarak hizmet eder. Bağlı sensörler, ürünün gelecekte nasıl çalışacağına dair öngörüler yapılmasını sağlar.⁹²

Günümüzde, IoT'nin hızlı gelişmeleri sayesinde, Dijital İkizin uygulanması, çok daha uygun maliyetli hale gelmiş ve giderek artan sayıda üretici-işletme (kurum ve kuruluş); ekonomik değerleri-varlıklarını iyileştirmek (yenilemek ve geliştirmek) için teknolojiyi ön plana çıkaran anlayışı benimsemişlerdir. Bunun sonucunda bu anlayışla, Dijital İkizlerin, savunma, havacılık endüstrisi, otomotiv endüstrisi, sağlık ve yaşam hizmetleri, tedarik zinciri ve taşımacılık, enerji ve inşaat ile diğer endüstriler ile birlikte kamusal hizmetlerde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Çünkü Dijital İkiz teknolojisi ile; etkinlik ve üretkenlik artışı sağlamak, maliyetleri düşürerek fiyatları daha uygun hale getirmek, işletme iş ve işlemlerini, üretim süreçlerini daha az maliyet ve daha yüksek getiri ile gerçekleştirmek mümkün olmaktadır.

İlk kez, 2002 yılında yazına giren Dijital İkizler yalnızca Nesnelerin İnterneti (IoT)'nin gelişmeleri sayesinde, uygulanması uygun maliyetli hale gelerek ve giderek artan sayıda endüstriyel üreticiler (havacılık endüstrisi, otomotiv endüstrisi, sağlık hizmetleri, tedarik zinciri, inşaat ve vb. endüstrilerde) varlıklarını iyileştirmek için bu teknolojiyi benimseyerek kendileri için bir pazar oluşturmuşlardır. Daha 2017'de Gartner, Dijital İkizleri en önemli 10 stratejik teknoloji trendinden biri olarak ilan etmiştir. Fiziksel nesne üzerindeki çok sayıda sensör, gerçek zamanlı olarak dijital ikize iletilen verileri toplayarak, Dijital İkize bakan herkesin artık fiziksel şeyin gerçek dünyada nasıl davrandığı hakkında, örneğin konum, çalışma durumu ve etkinlik

⁹² *Digitale Zwillinge (Digital Twin): Alles, was du über sie wissen musst* <https://mindsquare.de/karriere-news/digitale-zwillinge-digital-twin-alles-was-du-ueber-sie-wissen-musst/>, Erişim Tarihi: 31.10.2022

vb. önemli bilgileri görmesine olanak sağlamasına bağlı olarak, **“Dijital İkizler Fiziksel *Ve Dijital Dünyalar Arasındaki En Önemli Köprüdür.*”⁹³**

Türkiye’de dijital ikiz teknolojisiyle ilgili önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ) ve Siemens PLM Software arasında üretim tesisinde bütünsel bir dijital ikiz uygulaması için işbirliği anlaşması imzalanmış olup böylece inovasyon ve rekabet gücünü artıracak bu işbirliği sayesinde; Türk Havacılık ve Uzay Sanayii programları daha çabuk uygulanacak ve ürünlerin pazara sunulma süresi önemli ölçüde kısılacaktır.

Öte yandan, gerçek bir ürün, süreç, sistem veya tesisin sanal kopyası olan dünya ile etkileşim yöntemini değiştirecek teknolojiler arasında gösterilen, mevcut ürün ve pazarlar üzerinde büyük bir etkisi olacağı düşünülen dijital ikizlerin, gelecek 3-6 yıl içinde **“erken çoğunluk”** aşamasına geçeceği öngörülmektedir. Bu hususta yapılan çalışmaların en öne çıkanları şunlardır:⁹⁴

-Savunma sanayisinde donanım/platform üretim süreçlerinin iyileştirilmesi, sahadaki platformların her birisi için bir dijital ikiz olgusu koşturulması (F35, Mars Rover gibi), platformlardan/sistemlerden veri toplayarak önleyici bakım sağlanması, platformlar arası önleyici bakım bilgi paylaşımı gibi örnek kullanımlar bulunmaktadır. Platformdan toplanan verilerle bir dijital ikiz oluşturularak, platforma bir komut göndermeden önce komutun sonucu önce yerdeki dijital ikizde denenebilmenin yanı sıra; önleyici bakım için uçuş sonrası platformdaki bakıma yönelik sensörlerden detaylı veri alınıp, dijital ikize besleme yapılabilmektedir. Yani, insanlı/insansız kara, hava, deniz sahasındaki her platform dijital ikizler koşturularak geliştirilip en iyi hale getirilebilmektedir.

-ASELSAN iştiraki, **“Türk Savunma Ve Teknoloji Şirketi BİTES Savunma Havacılık ve Uzay Teknolojileri Yazılım Elektronik Ticaret AŞ.”** de son dönemde dijital ikiz konusunda AR-GE çalışmaları yürütülmektedir. Enerji, havacılık, plastik enjeksiyon, sağlık gibi farklı alanlardan yerli/yabancı paydaşlar ile fikir alışverişi ve işbirliği yapan şirket, dijital ikizlerin hızlı ve maliyet etkin geliştirilmesi için, *uygulama çatısı ve araçlar geliştirmeye odaklanan BİTES, iki projesi ile Avrupa’nın lider endüstri oyuncularının bulunduğu ITEA Kümesi’nin onayını almıştır.*

-Avrupa Birliği (AB) ekosisteminin lider platformlarından **Eureka** çatısı altında yazılım inovasyon odaklı faaliyet gösteren ITEA Kümesinin proje çağrılarını kapsamın-

⁹³ Digitale Zwillinge (Digital Twin): Alles, was du über sie wissen musst” <https://mindsquare.de/karriere-news/digitale-zwillinge-digital-twin-alles-was-du-ueber-sie-wissen-musst/>, Erişim Tarihi: 31.10.2022

⁹⁴ <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turk-teknoloji-sirketi-avrupada-dijital-ikize-liderlik-ediyor-761986.html>, Erişim Tarihi: 18.11.2023

da liderliği yürütülen **“TiDiT-Timeline Driven Digital Twin”** ve partner olarak yer alınan **“VESTA - Proactive Protection Against Phishing-Based Ransomware”** projeleri, gerçekleşen başvurular sonucunda, ITEA sekreteryası ve TÜBİTAK’ın değerlendirme süreçlerini başarıyla tamamladı. ITEA, Avrupa’nın yenilikçi ve endüstri odaklı programlarından biri olup, aynı zamanda rekabetçi sektörlerin gelişmesinde etkin rol oynuyor. BİTES, sürecin son aşaması olarak TEYDEB 1509 Programı’na ulusal başvurularını gerçekleştirdi.

-Bütçesi 14 Milyon Euro olan Zaman Eksenli Dijital İkiz Projesi, Türkiye, Belçika, Hollanda, Portekiz ve Slovenya olmak üzere 5 ülkeden 17 partnerin yer aldığı bir konsorsiyum tarafından yürütülecek. Proje sonunda, iş süreçlerinde daha iyi karar verilmesini sağlayacak zaman eksenli TiDiT Dijital İkiz platformunun geliştirilmesi amaçlanıyor. Proje partnerleri, sağlık ve akıllı üretim teknolojileriyle dikkati çeken Philips Medical Systems Nederland B.V., TNO, Almende, Total Reality, Eindhoven University, Yazzoom, SISTRADE, ISEP Institute, Caretronic, Alp Havacılık, Innova, Panasonic Life Solutions, Bewell Teknoloji’den oluşuyor.

“Önemli bir oyuncu haline gelmeyi amaçlıyoruz”

Son olarak bu hususta; BİTES Genel Müdürü Uğur Coşkun, “Piyasadaki mevcut dijital ikiz hizmetlerinin, müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamadığını, beklenmeyen arızaları engelleyemediğini ve uygun maliyetli modeller sunamadığını söyledi. Ayrıca son kullanıcıların her simülasyonu farklı yazılımlar kullanarak kurmak zorunda kaldığına işaret eden Coşkun, bunun da maliyet, zaman ve emek kullanımı açısından olumsuzluklar yarattığını” belirterek; “Yenilikçi teknolojilerin uygulanmasıyla müşteri ihtiyaçlarını karşılarken farklı yazılım yeteneklerini bir araya getiren TiDiT Projesi, daha iyi bir karar verme süreci sağlamak ve durumsal farkındalığı artırmak için hizmet olarak model zaman çizelgesi odaklı bir dijital ikiz platform oluşturma hedeflendiğini” vurgulamıştır.⁹⁵

Özetle; kişiselleştirilmiş ürünlere ve deneyimlere yönelik tüketici talebi arttıkça, **üreticiler işletme maliyetlerini yönetirken uyum sağlama konusunda sürekli baskı altındadır.** Dijital İkizler yardımıyla; dijital üretim, **yeni ürünleri, sistemleri ve üretim yöntemlerini geleneksel sınırlarla sınırlandırılmadan dijital olarak test ederek, inovasyon** süreçlerini hızlandırır. **Bir diğer ifadeyle;** ⁹⁶Dijital İkizlerin kullanımı, **sistemlerin, süreçlerin ve üretimin** planlanmasından fiili **üretime** kadar, üretim organizasyonu ve süreçlerinin tüm aşamalarında fırsatlar yaratırken; aynı za-

⁹⁵ <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turk-teknoloji-sirketi-avrupada-dijital-ikize-liderlik-ediyor-761986.html>, Erişim Tarihi:18.11.2023

⁹⁶ “Digital Twin–Was bringt der digitale Zwilling und wie wird er in der Praxis eingesetzt?”, <https://www.3ds.com/de/virtual-twin/digital-twin>, Erişim Tarihi:18.11.2023

manda Dijital İkizler, ürünlerin ve operasyonel süreçlerin güvenliğinin sağlanmasına yönelik yasal gereklilikleri de sağlamaktadır ve özellikle;

- Sınırsız simülasyon,
 - Sürekli iyileştirme (organizasyon, süreç...),
 - Çalışma koşullarında iyileşme
 - Daha fazla çeviklik (ve esneklik),
 - Küresel işbirliği,
 - IIoT'nin (Endüstriyel Nesnelerin İnterneti) entegrasyonu,
 - Üretim verilerinin üretimi
- noktalarında işletmeler (kurum ve kuruluşlara) sınırsız yararlar sağlamaktadır.

Kanatımızca; Dijital İkizlerin, hem özel hemde kamu işletmelerinin (kurum ve kuruluşlar) yenileşmesi, işletme **faaliyetlerinin geliştirilmesi**, **üretim süreçlerinin iyileştirilmesi** ve **daha sürdürülebilir hale getirilmesi** için, **onlara, sadece ekolojik anlamda değil, ekonomik anlamda da** sayısız fırsat sunmaktadır. Buna bağlı olarak ta, Dijital ikizlerin yazılımını uyguladıktan sonra işletme süreçlerinde devrim niteliğinde iyileştirmeler sağlanarak özellikle dijital ikiz platformundaki disiplinler arası işbirliği, yeni ürünlerin ve tüm sistemleri için yeni adımların atılmasına olanak yaratacaktır.

5. KAYNAKÇA

Yazılı Kaynaklar

- **A. Wunderlich, K. Boothand E. Santi:** "HybridAnalyticaland Data-Driven Modeling Techniques for DigitalTwin Applications," 2021 IEEE ElectricShip Technologies Symposium (ESTS), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/ESTS49166.2021.9512364.
- **Ardiana Gervalla-Avdija:** "Was ist ein Digitaler Zwilling im B2B-Segment?", <https://www.b2bsmartdata.de/blog/was-ist-ein-digitaler-zwilling-im-b2b-segment> 27.05.21, Erişim Tarihi:19.12.2021
- **Bahadır Barbarosoğlu:** "Can digitalbuildingscutcosts in real buildings?"16 Jun 2022, (3D Data Management Visualisation), <https://placetech.net/strategy/can-digital-buildings-cut-costs-in-real-buildings/> Erişim Tarihi:02.07.2022
- **D. Palchunovand A. Vaganova:** "MethodsforDevelopingDigitalTwins of Roles-Based on Semantic Domain-SpecificLanguages," 2021 IEEE 22nd International Conference of YoungProfessionals in ElectronDevicesandMaterials (EDM), 2021, pp. 515-519, doi: 10.1109/EDM52169.2021.9507716.

- **Darek Fanton:** "WasisteindigitalerZwilling: Beispieleund Anwendungsfälle",20.08.2021, [https:// www. onlogic.com/company/io-hub/de/was-ist-ein-digitaler-zwilling-beispiele-und-anwendungsfaelle/](https://www.onlogic.com/company/io-hub/de/was-ist-ein-digitaler-zwilling-beispiele-und-anwendungsfaelle/),Erişim Tarihi: 24.06.2022
- **Esra Kumaş-Serpil Erol:** "Endüstri 4.0'da Anahtar Teknoloji Olarak Dijital İkizler... Politeknik Dergisi, 2021; 24 (2) : 692)
- **F. Pires, B. Ahmad, A. P. Moreiraand P. Leitão:** "DigitalTwinbasedWhat-if-SimulationforEnergy Management," 2021 4th IEEE International Conference on IndustrialCyber-PhysicalSystems (ICPS), 2021, pp. 309-314, doi: 10.1109/ICPS49255.2021.9468224.
- **Hakan Kahraman:** "Nesnelerin İnternetinde Dijital İkizlerin Yükselişi", [https://www.endustri40.com/ nesnelerin-internetinde-dijital-ikizlerin-yukselisi/](https://www.endustri40.com/nesnelerin-internetinde-dijital-ikizlerin-yukselisi/), (Kaynak:Dzone-IBM- i –scoop-Beyondplm-Siemens-)
- **H. Feng, C. Gomes, C. Thule, K. Lausdahl, A. Iosifidisand P. G. Larsen,** "IntroductiontoDigitalTwinEngineering," 2021 AnnualModelingandSimulation Conference (ANNSIM), 2021, pp. 1-12, doi: 10.23919/ANNSIM52504.2021.9552135.
- **John Romano:** "A Working Definition of Digital Assets", on September 1, 2011 in Legal, <https://www.thedigitalbeyond.com/2011/09/a-working-definition-of-digital-assets/>,Erişim Tarihi:31.10.2021
- **Jantien Stroten:** "Was Digitale Zwillinge können – und was nicht! <https://www.intergeo.de/de/news/was-digitale-zwillinge-koennen-und-was-nicht>, INTERGEO® 2022,
- **J. Zhang, Y. Liu, X. Qinand X. Xu:** "Energy-EfficientFederated Learning Framework forDigitalTwin-EnabledIndustrial Internet of Things," 2021 IEEE 32nd Annual International Symposium on Personal, Indoorand Mobile Radio Communications (PIMRC), 2021, pp. 1160-1166, doi: 10.1109/PIMRC50174.2021.9569716.
- **Latif U. Khan, WalidSaad, Dusit Niyato, Zhu Han, Choong Seon Hong:** Digital-Twin-Enabled 6G: Vision, ArchitecturalTrends, andFutureDirections, 2102.12169.pdf (arxiv.org)
- **M.A.N. de Andrade, H. A. Lepiksonand C. A. T. Machado:**"A New Framework andMethodologyforDigitalTwin Development," 2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON), 2021, pp. 134-138, doi: 10.1109/INDUSCON51756.2021.9529701.
- **O. Pokusaev, A. Chekmarevand D. Namiot:** "On Digital Twin for Metro System," 2021 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), 2021, s. 1, doi: 10.1109/EWDTS 52692. 2021.9581028.

- **P. V, L. P, N. J. Jain, N. L P, N. H and B. K:** "DigitalTwinTechnology: A BirdEyeView," 2021 Third International Conference on InventiveResearch in Computing Applications (ICIRCA), 2021, pp. 1069-1075, doi: 10.1109/ICIRCA51532.2021.9545020.
- **Paul Lengthorn:** "8 stepstospecifying a DigitalTwin",<https://www.consultengsurvivor.com/8-easy-steps-to-specifying-a-digital-twin/>, Erişim Tarihi:12.07.2022
- **Paul Lengthorn:** "How muchtobuild a DigitalTwin?",https://www-consulteng-survivor-com.translate.goog/cost-to-build-a-digitaltwin?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=tr&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=sc, Erişim Tarihi:20.05.2022
- **Stefan Grösser:** "Definition: Wasist "DigitalerZwilling ?",<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371>, Erişim Tarihi:30.06.2022
- **The Future of DigitalTwins,**TheFuture of DigitalTwins: NEC Insights | NEC
- **Theresa Höhn:** "Das können digitale Zwillinge für Ihre Produktion tun",16 Juli 2021,<https://www.inno-focus.com/2021/07/16/das-konnen-digitale-zwillinge-fur-ihre-produktion-tun/>, Erişim Tarihi:25.06. 2022
- **Thomas H.-J. Uhlemanna, Christian Lehmann, Rolf Steinhilpera:** TheDigitalTwin: RealizingtheCyber-PhysicalProductionSystemforIndustry 4.0", "The 24.th CIRP Conference on Life CycleEngineering, 2017,P.335, <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-445708.html>
- **Y. Yang, W. Meng, H. Li, R. Lu and M. Fu,** "A DigitalTwin Platform for Multi-Rotor UAV," 2021 40th Chinese Control Conference (CCC), 2021, pp. 7909-7913, doi: 10.23919/CCC52363.2021.9550249.

İnternet Kaynakları

- **"Digitaler Zwilling":** <https://www.all-for-one.com/de/themen-impulse/iot-machine-learning/digitaler-zwilling/>, Erişim Tarihi:19.12.2021
- **"Dijital İkiz (Digital Twin) Nedir? Endüstri 4.0 ve Dijital İkizlerin Önemi":**28.12.2020, <https://www.ent.es.com.tr/dijital-ikiz-digital-twin-nedir-endustri-4-0-ve-dijital-ikizlerin-onemi/>, Erişim Tarihi:05.01.2022
- **"Digitaler Zwilling – das Schlüsselkonzept für Industrie 4.0":**<https://www.iosb.fraunhofer.de/de/geschaefts-felder/automatisierung-digitalisierung/anwendungsfelder/digitaler-zwilling.html>, Erişim Tarihi: 05.01.2022
- **"Dijital İkiz Nedir? Faydaları Nelerdir?":** 18 Ekim 2020, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz-nedir-faydalari-nelerdir/>, Erişim Tarihi:25.05.2022

- **“Digitaler Zwilling- Alles was sie wissen müssen”:** <https://diconnex.com/wissenswertes/basics/digitaler-zwilling-alles-was-sie-wissen-muessen/>, Erişim Tarihi:**30.05.2022**
- **“Dijital İkiz Nedir?”:** 01 Kasım 2019, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi: **20.06.2022**
- [https://stringfixer.com/tr/Canonical_\(disambiguation\)](https://stringfixer.com/tr/Canonical_(disambiguation)), Erişim Tarihi:**25.06.2022**
- **“Digitale Zwillinge revolutionieren Wirtschaft und Gesellschaft”:** <https://www.vrvis.at/forschung/digitaler-zwilling>, Erişim Tarihi:**25.06.2022**
- <https://www.yildizgen.com/dijital-isletme-akilli-fabrika-akilli-teknoloji/uretim-simulasyon-fabrika-dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi:**25.06.2022**
- **“Digitaler Zwilling-Übersicht und Schritt für Schritt Anleitung für Ihren Einstieg”:** <https://www.cad-schroer.de/news-events/artikel/digitaler-zwilling-uebersicht-und-schritt-fuer-schritt-anleitung-fuer-ihren-einstieg/>, Erişim Tarihi:**25.06.2022**
- <https://www.intsoft.com.tr/blog/2021/09/14/dijital-ikiz/>, Erişim Tarihi:**01.07.2022**
- <https://new.siemens.com/de/de/branchen/automobilherstellung/digital-twin-produktion.html>, Erişim Tarihi: **01.07.2022**
- **“Digitale Zwillinge (Digital Twin): Alles, was du über sie wissen musst”:** <https://mindsquare.de/karriere-news/digitale-zwillinge-digital-twin-alles-was-du-ueber-sie-wissen-musst/>, Erişim Tarihi:**31.10.2022**
- **“Digitaler Urbaner Zwilling – Hype Oder Helfer Nachhaltiger Kommunen?”:** 5 August, 2022, <https://www.dksr.city/news/digitaler-urbaner-zwilling-hype-oder-helfer-nachhaltiger-kommunen/>, Erişim Tarihi: **31.10.2022**
- **“Türk Teknoloji Şirketi Avrupa’da Dijital İkize Liderlik Ediyor!”**, <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/turk-teknoloji-sirketi-avrupada-dijital-ikize-liderlik-ediyor-761986.html>, Erişim Tarihi:18.11.2023
- **“Digital Twin–Was bringt der digitale Zwilling und wie wird er in der Praxis eingesetzt?”**, <https://www.3ds.com/de/virtual-twin/digital-twin>, Erişim Tarihi:18.11.2023



VERGİ MüFETTİşLERİ
DERNEđİ



VERGİ RAPORU

Piyasa  Raporu

Cihan Sok. No: 13/7 Sıhhiye / ANKARA Tel: 0.312 231 80 19 • Faks: 0.312 231 80 65
www.vmd.org.tr • www.vergiraporu.com.tr • www.piyasarakoru.com

