



Dijital Denekler

Arif Furkan Mendi^{1*}, Dilara Doğan², Tolga Erol³

^{1*} HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0750-4012), afmendi@havelsan.com.tr

² HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6139-5200), ddogan@havelsan.com.tr

³ HAVELSAN, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3015-0910), terol@havelsan.com.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009669)

ATIF/REFERENCE: Mendi, A. F., Doğan, D. & Erol, T. (2021). Dijital Denekler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 174-180.

Öz

Dijital ikiz, fiziksel ve dijital dünya arasında bir köprü görevi görerek herhangi bir fiziksel varlığın dijital ortamda birebir kopyasının oluşturulması anlamına gelen, Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren bir teknolojidir. Dijital ikiz; oluşturmak istenilen sistemlere yerleştirilen sensörler aracılığıyla, verilerin en güncel halinin dijital ortama aktarılmasıyla modellenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Dijital ikiz birçok alanda üretim, mühendislik, eğitim alanlarının yanı sıra sağlık alanında da oldukça önemli bir yere gelmiştir. Sağlık alanında dijital ikizin yol haritalarından birisi de insanların dijital ikizini yapmaya doğru giden bir yolculuğa uzanmaktadır. Makine ve üretim bantlarındaki kullanımlarıyla başlayan dijital ikizlerin kullanım alanları hayvan ve insanların dijital ikizlerinin oluşturulmasına kadar genişlemektedir. Tıp ve ilaç endüstrisi alanlarında yapılan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Özellikle bu alanda yapılan çalışmalarda denek hayvanlarının kullanıldığı fiziksel sistemlerin gerçek verilerle modellenmesi ve sonrasında bu modeller üzerinde gelecek öngörülerinin gerçekleştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu noktada, dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile birlikte deney hayvanlarının yerini alabilecek dijital denekler konsepti ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışmada birçok alanda olduğu gibi sağlık alanında da sunmuş olduğu kazanımlarla aktif kullanımı gittikçe yaygınlaşan dijital ikiz teknolojisinin hayvan deneklerin yerini alması konusu ele alınacaktır. Bu alanda dijital ikiz kullanımı, sunmuş olduğu avantajlar ve gelecek öngörülerini değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Dijital İkiz, Dijital Denek, Dijital İkiz Sağlık Uygulamaları

Digital Experimental Subjects

Abstract

The digital twin is a technology that entered our lives with Industry 4.0, which means the creation of an exact copy of any physical asset in the digital environment by acting as a bridge between the physical and digital world. Digital twin; it is carried out by modeling the most up-to-date version of the data by transferring it to digital media, through sensors placed in the systems to be created. The digital twin has come to a very important place in the field of health as well as in the fields of production, engineering and education in many fields. Especially in the field of medicine and the pharmaceutical industry, developments are increasing. A more specific area where these areas are used is the cosmetics industry. The digital twin technology, which models physical systems with real data and then offers future predictions on the models, seems to be a very suitable area for the cosmetics industry. In this study, the use of digital twin technology in the field of cosmetics, which is a more specific field, will be discussed. In the current situation, the use of digital twins in the cosmetics sector, the advantages it offers and future predictions will be evaluated.

Keywords: Digital Twin, Digital Experimental Subjects, Digital Twin Health Applications

* Sorumlu Yazar: HAVELSAN, Simülasyon Otonom ve Platform Yönetim Teknolojileri, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0750-4012, afmendi@havelsan.com.tr

ürünlerin ve maddelerin güvenliklerinin test edilmesi amacıyla 3 temel amaç için kullanıldığı görülmektedir.

DENEYLERDE KULLANILAN (ÖLDÜRÜLEN) HAYVAN SAYILARI			
	2015	2016	2017
BİRLEŞİK KRALLIK	3 168 480	2 790 392	2 574 875
ALMANYA	2 045 261	2 128 254	2 068 813
FRANSA	1 901 542	1 918 402	1 914 174
İSPANYA	838 940	885 172	802 976
ABD*	767 622	820 812	792 168
İTALYA	586 699	611 707	580 060
BELÇİKA	561 551	534 854	543 074
HOLLANDA	479 580	386 700	477 550
TÜRKİYE	386 745	451 914	265 109
İSVEÇ	254 789	344 766	324 771
DANİMARKA	243 792	289 225	237 949
AVUSTURYA	227 317	236 459	264 071

* ABD'YE AİT RAKAMLARA KEMİRGENLER, SÜRÜNGENLER, KUŞLAR VE BALIKLAR DAHİL DEĞİLDİR.

Görsel 3: Deneylerde Öldürülen Hayvan Sayıları (Güven, 2020)

Günümüzde deney hayvanları üzerinde kozmetik ürünler denenmekte ve daha sonrasında üretime ve satışa sunulmaktadır. Bu süreçte birçok hayvan kullanılmaktadır. Deneyler sırasında bazı uzuvlarını ve sonunda ise hayatlarını kaybetmektedirler. Görsel 3'de yer alan tabloda 2015 ile 2017 yılları arasında ülkelere göre deneylerde öldürülen hayvan sayıları yer almaktadır. Her ne kadar yıllar ilerledikçe sayılarda bir düşüş görülsede bu düşüş yeterli olmayıp, bu sayının minimum indirilmesi, hatta sıfıra ulaştırılması için daha yenilikçi ve teknolojik yaklaşımların üretilmesi gerekmektedir. Mevcut sistemlerde gerçekleştirilen hayvan deneylerini incelediğimizde; sürecin toplamda sekiz temel adımda yürütüldüğü görülmektedir:

- Araştırma konusu belirlenir.
- Araştırma protokolü hazırlanır.
- Deneyisel araştırma yapacak sorumlu kişilerin bu alanda yeterliliğine bakılır.
- Uygun bir hayvan seçmek için araştırmacı ilk önce ihtiyaç duyulan hayvan modelini belirler.
- Hayvan türünün belirlenmesi için daha önce benzeri yapılan çalışmalar incelenir, literatür araştırması yapılır.
- Çalışmada kullanılacak gereçler için lojistik desteğin listesi hazırlanır.
- Malzeme listesi hazırlanır.
- Türe özgü parametreler incelenir ve deneye başlanır.

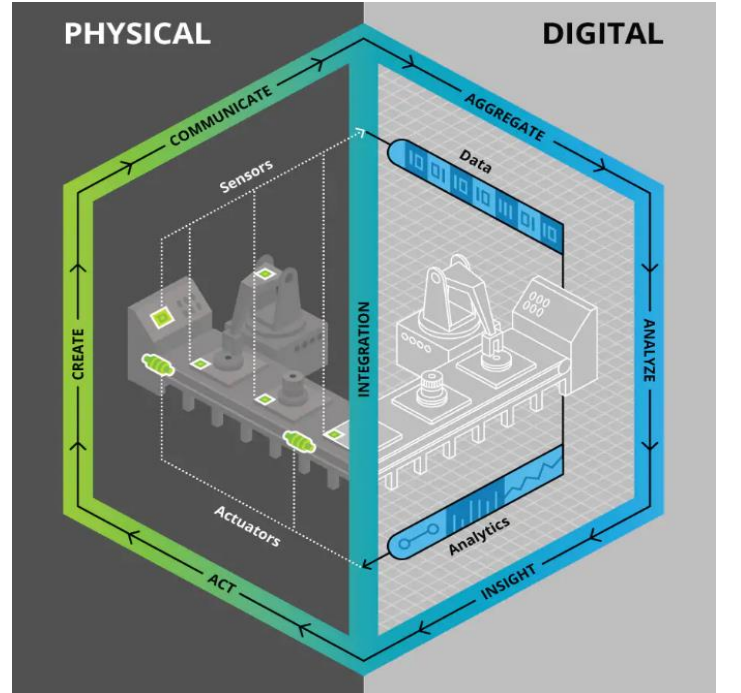
Russell ve Burch tarafından 1959'da, İnsani Deney Tekniğinin İlkeleri'nin yayımlanmasıyla ortaya konan ilkeler; yerine koyma, azaltma, iyileştirme terimlerinin baş harflerinden dolayı kısaca 3R olarak tanımlanmıştır (Forni, 2007). Russel ve Burch tarafından yerine koyma ilkesi "bilinci yerinde canlı omurgalıların kullanıldığı yöntemlerin yerine geçebilecek hissiz materyallerin kullanılması" şeklinde tanımlanmıştır (Balls, 1994). Teknolojinin gelişiminden de faydalanılarak, bu kapsamda kullanılabilir alternatifleri aşağıdaki gibi listeleyebiliriz.

- Doku ve organ kültürü
- İn-siliko (bilgisayar temelli) yöntemler
- Omurgasız hayvanların kullanılması
- Bir hücrelilerin kullanılması
- Embriyo yumurtasının kullanılması
- Bilgisayar ve veri bankalarının kullanımı
- Gönüllü insan kullanımı ve epidemiyolojik yöntemler
- Eğitimde yapay modellerin ve filmlerin kullanımı
- Yapay zekâ temelli dijital ikiz teknolojisinin kullanımı

3. Teknolojiye Genel Bakış

3.1. Dijital İkiz

Dijital ikiz, fiziksel bir nesnenin veya sistemin durumunu modellemeyi sağlayan, dijital ortamın ifade edildiği bir kopyasıdır. Dijital ikizler, herhangi bir fiziksel sistemin yapısını, bağlamını ve davranışını temsil eden veri ve istihbarat kombinasyonu ile geçmişi ve mevcut işlemi anlamayı ve geleceğe yönelik öngörüler yapmayı sağlayan bir arayüz sunarak fiziksel ve dijital dünya arasında bir köprü kurmaktadır (Görsel 4). Dijital ikizlerin oluşturulmasında simülasyon, nesnelerin interneti, büyük veri, yapay zekâ, makine öğrenmesi teknolojileri kullanılmaktadır. Ürünün/Sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilirliği sağlanmaktadır. Fiziksel varlıkla gerçekleştirilmesi zor, maliyetli, riskli olan faaliyetlerin optimizasyonu dijital ikizlerle sağlanabilmektedir.



Görsel 4: Fiziksel Varlık ve Dijital İkizi (Aaron Parrott & Lane Warsaw, 2017)

3.2. Teknolojinin Sağlık Alanındaki Kullanımları

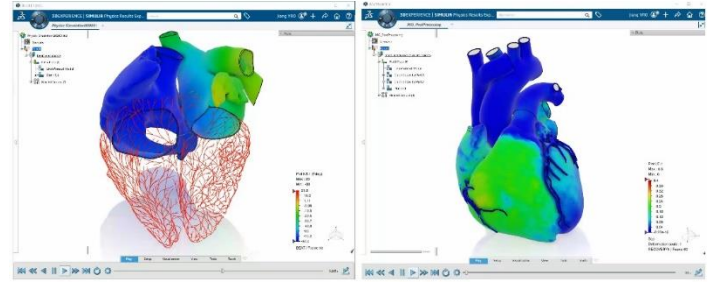
Sağlık alanında yapılan dijital ikiz çalışmaları genellikle dijital hasta, ilaç endüstrisi ve hastane sistemleri üzerine gerçekleştirilmektedir. Dijital hasta kavramı Avrupa Komisyonu'nun fonladığı bir Ar-Ge projesi kapsamında ortaya konulmuştur. Dijital Hasta Yol Haritası (Roadmap for the Digital Patient) raporu Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen Koordinasyon ve Destek Eylem Planı'nın bir parçası olan DISCIPULUS projesi ile hazırlanmıştır. Bir insan vücudunun dijital ikizini geliştirmek, herhangi bir mühendislik ürününden

daha gelişmiş bir süreçten oluşmaktadır. Sensörler, herhangi bir tasarlanmış nesnenin dijital ikizine verimli bir şekilde veri sağlayabilir, ancak bireylerden türetilen veriler genellikle kan testleri ve taramalar gibi süreçlerden dolayı pahalı ve zaman alıcı olabilmektedir. Dijital hasta, tıbbi kararları desteklemek için hastaya özel yapılan modelleme olarak tanımlanamaktadır.

Hesaplamalı tıp olarak da bilinen siliko tıp (silico medicine) hastalığın önlenmesi, teşhisi, tedavi planlaması ve yürütülmesi ile yönetimine doğrudan katkıda bulunan modelleme ve simülasyon teknolojilerini içinde barındırmaktadır. Dijital hastanın oluşturulmasında biyomedikal, matematik ve bilgisayar bilimleri dallarındaki bilim insanlarının disiplinler arası çalışmalarını gerektiren bir alandır. Bu alanda gelecek vaat eden çeşitli çalışmalar ortaya konmaya devam etmektedir.

Çinli araştırmacılar tarafından 2018'de, insan beyninin detaylı üç boyutlu haritasını çıkarmayı hedeflediklerini anlatan çalışmanın iki ana noktası bulunmaktadır. Birincisi, beyindeki hafızanın nasıl oluştuğunu anlamaya çalışmak, ikincisi ise, sinir ağlarının nasıl bağlantılı olduğunu keşfetmektir. Bunları anlayabilmek için yapay zekâ ve sinir bilim araştırmacılarıyla birlikte çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra yine insan beyni üzerine Amerika'da başlatılan "Beyin İnisiyatifi ve İnsan Beyni Projesi" isimli iki projenin asıl hedefi insan beyninin işleyişinin bilgisayar ortamına aktaracak teknolojilerin geliştirilmesidir. Mavi Beyin Projesi ise, İnsan Beyni Projesinin alt projelerinden biridir. Mavi Beyin Hücreleri Atlası olarak da geçen proje, fare beyninin tüm alanlarındaki hücrelerin sayısının, türlerinin ve konumlarının tanımlandığı en kapsamlı ve herkesin erişebileceği kaynaktır. Fare beyninin oldukça detaylı işlendiği bir atlas yayınlanmıştır (Luo et al., 2018).

Bunun yanı sıra bir kalp dijital ikizi projesi olan, Yaşayan Kalp (SIMULIA) isimli proje 2014 yılında Dassault Systèmes ile ABD Gıda ve İlaç Dairesi 5 yıllık bir anlaşma imzalayarak yürütmeye başlamıştır. Böylece ilk defa bir organın tamamının simüle edilmesi, ilaç etkileşimlerini görebilmek için kullanılmıştır (Görsel 5). SIMULIA Yaşayan Kalp, çok çeşitli klinik ölçümlere göre onaylanmış ve bir insan kalbinin simüle edilerek oluşturulan bir dijital ikiz modelidir. Bilgisayar simülasyonu ile doktorlar, kalp dokusundaki hareketlilikten dolayı göremediklerini görebilme ve kalpteki karmaşık yapıyı birebir aynı organ modeli üzerinden denemeler yaparak çalışma fırsatı bulmuşlardır (D'Souza Karl, 2015). Hastaya özel yaşamsal bulguların girilmesi sayesinde; kişiselleştirilmiş tedaviye ve gelecekteki tıbbi tedavilerde umut verici araştırmalara yol açmaktadır. Tıbbi araştırmalarda klinik deneme maliyetlerini azaltarak daha etkili ve yeni yöntemlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar yapılmasını teşvik etmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan pahalı deneylerin yerine kalp fonksiyonunun simülasyonu ile oluşturulan dijital ikizlerin daha iyi tasarımlarının yapılmasına ve yeni tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine öncülük etmektedir.



Görsel 5: SIMULIA Kalp Modeli (Dassault Systèmes, 2017)

İlaç üretim sektöründe, yeni ilaçların daha hızlı ve daha verimli kullanılması için yapılan tıbbi araştırmalarda laboratuvar hayvanlarının kullanımı azaltılmaya çalışılmaktadır. Dijital ikiz teknolojisi, bilgisayarların ilacı test ettiği silico klinik çalışmalarında da kullanılabilirler. Takeda Pharmaceuticals, dünya çapında hastalara dönüştürücü tedaviler sunmak için çeşitli girişimlerde bulunmaktadır. Hastalara yeni bir ilaç sunabilmek, 15 yıla kadar uzanabilecek uzun ve çok aşamalı bir süreçtir. Dijital çağda bile, farmasötik üretim işlemleri manuel adımlar içermektedir. Örneğin, canlı organizmalardan türetilen biyolojik, aşı ve diğer ilaç ürünlerinin yapılması, değişken ve ölçülmesi zor olan biyokimyasal reaksiyonları içerir ve otomasyonu zorlaştırmaktadır. Dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile; deney süreçlerinin hızlandırılması, yeni üretim yaklaşımlarının geliştirilmesi ve karmaşık kimyasal ve biyokimyasal süreçlerin otomatikleştirilmesine yardımcı olabilecek daha bilinçli kararlar alınabilmektedir. Bunun için her işlem adımı için bir dijital ikiz oluşturulmakta ve sonrasında entegrasyon işlemi de başka bir dijital ikizle birlikte uygulanmaktadır. Kimyasal süreçlerin modellenmesi karmaşık olsa da, biyokimyasal reaksiyonların modellenmesi çok daha karmaşık ve düzensiz olabilmektedir. Çoğu durumda gerçek zamanlı sensörler istenen çıktıları izlemek ve kalite tahmini yapmak için yetersiz kalabilmektedir. Bunun yerine, yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleriyle biyokimyasal reaksiyonlardaki süre ve çıktı tahminleme daha gerçekçi bir şekilde yapılabilmektedir.

4. Kozmetik Sektöründe Dijital İkizin Olası Kullanımları

Sağlık alanında dijital ikiz uygulamalarına bakıldığında genellikle hastalıkların doğru teşhis ve erken tedavi süreci odaklı çalışmalar yürütüldüğü görülmektedir. Bunun yanı sıra ilaç endüstrisine yönelik çalışmaların da giderek yaygınlaştığı gözlemlenmektedir. İlaç endüstrisinin altında yer alan bir diğer alan ise kozmetik sektördür. Kozmetik Latince'de: "Cosmos" kelimesinden gelir. Süs ve güzellik demektir. Kozmetikler; vücudun veya vücudun herhangi bir bölümünün temizlenmesi, güzelleştirilmesi, cazip hale getirilip değişik bir görünüm kazanması için uygulanan maddeler, bunların elde edilmesinde kullanılan hammaddelerdir. Bu da; sağlıklı, güncel yaşam demek; hijyen, bakım, güzellik demektir. (Kozmetik Bilimi - Kozmetik Dünyasına Dair Bilmeniz Gereken Herşey..., 2007)

Achema kurmuş olduğu EnviroChemie GmbH'nin Split-O-Mat sistemi ile atık su temizlenerek daha sonra kanalizasyon sistemine boşaltılabilmektedir. Bu tesis için gelecekte temizleme istasyonunda biriken su hakkında bilgi içerecek bir dijital ikiz geliştirmektedir. Dijital ikiz ile taranan bir barkod aracılığıyla, bir kabın diğerlerinin yanı sıra duş jeli, lavanta yağı veya banyo köpüğünden temizlenip temizlenmediğini öğrenmektedir. Eş

zamanlı olarak EnviroChemie sisteminden iletkenlik, bulanıklık ve pH değeri gibi atık suyun miktarı ve tipik parametreleri hakkında online ölçüm verilerini almaktadır. Sistem daha sonra ortaya çıkan atık suyun miktarını ve bileşimini hesaplamakta ve atık su arıtma tesisinin kimyasal-fiziksel süreçlerini gerçek zamanlı olarak modellemektedir. Bu bilgilerle temizlik programı, sadece gerektiği kadar az kimyasal kullanılacak şekilde seçilmekte ve süreç mümkün olduğunca sürdürülebilirliktedir. Amaç, atık su kalitesini sürekli olarak yüksek tutmaktır. Operatörler önce dijital ikizin tavsiyelerini değerlendirmektedir. Bu değerlendirme, uygun temizleme programının hesaplamalarını ve seçimini daha da iyileştirmek için dijital ikiz tarafından kullanılmaktadır (*Digital Twin Makes for Clean Cosmetics Tanks - Achema, 2021*).

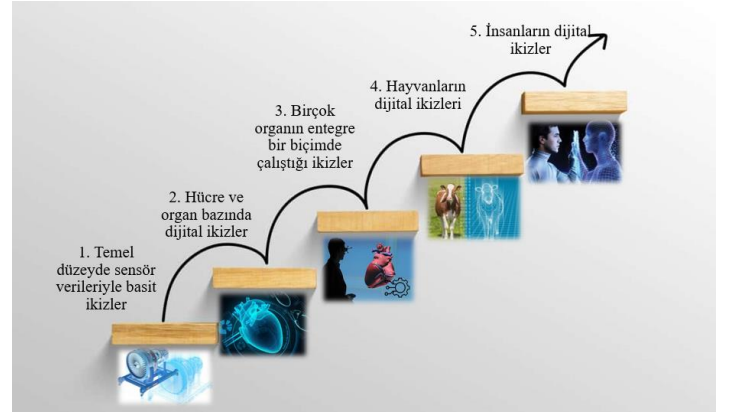
“TCS Dijital Cilt İkiz Platformu” transdermal ilaç ve kozmetik teslimat için çok ölçekli modelleme ve sanal gerçeklik (VR) kullanır. Platform, mikro ve makro ölçekli modelleme yeteneğine sahip olup insan derisinin fizikokimyasal özelliklerini taklit edebilmektedir. Bu sayede yeni formülasyonların bileşenlerinin katmanları arasında nasıl taşındığının araştırılması daha kolay hale gelmektedir. Bu dijital cilt ikizi, in-vivo/in-vitro deneyler sırasında gerçek cilt ile sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Platform ayrıca bulut üzerinden gelişmiş görselleştirme ve sanal gerçeklik tabanlı bir araç kullanmaktadır (*TCS Digital Skin Twin Platform, 2021*).

Geçmişten günümüze gelindiğinde kozmetik sektöründe ürün yelpazesindeki gelişimin yanı sıra her geçen gün gelişen tıp ve farmakoloji bilimlerindeki ilerlemeler ve bu sektöre olan talebin artmasıyla birlikte yönelim gittikçe artarak bu alanda yapılan çalışmaların verimliliğinin sağlanması da önemli bir problem haline gelmiştir. Mevcut çalışmalarda üretilen bir ürün çeşitli geliştirme ve deney süreçlerinden geçmektedir. Deney süreçlerinde mevcut teknoloji göz önüne alındığında insanlardaki olası sorun, semptom ve gelişimleri gözlemleyebilmek amacıyla farelerin kullanımı yaygındır. Daha spesifik konulara özel olarak farklı hayvanların kullanılması durumu da mevcuttur. Deney esnasında veya sonrasında ise denek hayvanların hastalandığı ve sürecin ölümle sonuçlandığı durumlar mevcuttur. Bu durum ise aslına bakılırsa hayvan haklarına aykırı bir durum teşkil etmektedir. Bununla birlikte kozmetik ürünlerin hayvan deneyleri sonucunda herhangi bir problem çıkmasa bile insanlarda çeşitli olumsuz etkilere sebep olabilmektedir. Bu durumun önlenmesi amacıyla daha teknolojik yollarla modelleme ve deneylerin yapılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Mevcut durumu ele aldığımızda ise çözüm sunan bir alternatif olarak dijital ikiz teknolojisi karşımıza çıkmaktadır. Bir önceki bölümde incelenen çalışmalarda da görüldüğü üzere sağlık alanında çeşitli dijital ikiz uygulamalarının yapılmış olduğu ve yapılmaya devam edildiği görülmektedir. Yapılan bu çalışmaların nihai hedefi ise birçok alanda kullanılabilecek insan dijital ikizlerinin oluşturulmasıdır.

4.1. Yöntem

Sağlık alanında yapılan dijital ikiz çalışmalarının genel amacı daha kaliteli ve optimal bir sağlık hizmeti sunarak, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha doğru bir şekilde ilerletilerek hem hastaların tedavi ve iyileşme süreçlerini geliştirmek hem de sağlık çalışanlarının işlerini kolaylaştırmaktır. Genelde kimya ve ilaç sanayi, özelde ise kozmetik sektörü gibi alanlarda üretilen ilaç ve ürünlerin piyasaya sürülmeleri ve kullanımlarından önce uzun soluklu deney fazları bulunmaktadır. Bu deney süreçlerinin birçoğunda ise hayvanların kullanımı söz konusudur. Yapılan

deneyler sonucunda ise denek olarak kullanılan hayvanlarda hastalık ve ölümle sonuçlanabilecek durumlar meydana gelebilmektedir. Gerçekleşebilen bu durum her ne kadar faydalı görülen bir amaç için gerçekleştirilse de hayvan haklarına aykırı bir durum oluşturmaktadır. Bu durumun önlenmesi için gelişen teknolojiden ve bu teknolojinin imkânlarından faydalanılabilmektedir. Teknolojinin istenilen seviyede kullanılması ise çeşitli adımlarla mümkün olacaktır. Bunlar temel olarak 5 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar Görsel 6’da gösterilmiştir. Adımlar sırasıyla, temel düzeyde sensör verileriyle basit ikizlerin oluşturulmasıyla başladıktan sonra, hücre ve organ bazında dijital ikizlerin oluşturulması, ikizleri elde edilen organın entegre bir biçimde çalışacak yeni ikizlerin oluşturulmasının ardından hayvanların bütüncül bir dijital ikizlerinin oluşturulması ve nihayi olarak insanların dijital ikizlerinin oluşturulması süreçlerini içermektedir. İlgili adımlar incelendiğinde şuana kadar yapılmış olan çalışmalar genellikle ilk 3 adıma yönelik olup, ileriki adımlara da geçilmesine yönelik çalışmalar aktif olarak yürütülmektedir.



Görsel 6: Dijital İkizlerin Gerçekleştirilme Adımları

Nihai olarak ulaşılmak istenen nokta insanların dijital ikizlerinin oluşturulması olup bu aşamaya ulaşmak için önemli olan bir adım olan hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulması gerekmektedir. Hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulması durumunda laboratuvar ortamında yapılan, özellikle kozmetik alanındaki deneylerde kullanılması beklenmektedir. Bu alanda yapılan çalışmaları değerlendirdiğimizde ise geleceğe ışık tutan çalışmaların mevcut olduğu görülmektedir. Bunlardan bazıları sağlık alanında yapılan çalışmalar bölümünde özetlenmiştir.

Birçok kozmetik ürününde karşılaşılan bir sorun ise farklı cilt tiplerine göre farklı etki ve yan etkilerin görülmesidir. Bunlar önceden laboratuvar ortamında deneklerde pek karşılaşılamayan ve öngörülemeyen bir durum olmakla birlikte bu tarz durumlar tehlikeli olup kalıcı hasarlara yol açabilmektedir. Mevcut teknolojinin ulaştığı noktada laboratuvar deneyleriyle birlikte genel yan etkilerin görülmesi mümkün olabilmektedir. Bunun yanı sıra bilinenin aksine farklı türde semptomların görülmesi de olası olup hem maddi hem de manevi ciddi kayıplara yol açabilecek sonuçlar doğurabilmektedir. Bunun için kısa vadede kişilerin cilt tipleri gibi hücre, doku, organ ve sistem bazında dijital ikizlerinin oluşturulması yönünde çalışmalar yapılması beklenmektedir. Hem bu sayede daha gelişmiş bir teknolojiyle daha kaliteli ve sağlıklı ürünlerin piyasaya çıkarılmasıyla birlikte, deneylerde hayvan kullanımının önlenmesi mümkün olabilecektir.

Yan etki olarak da değerlendirilebilmekle birlikte başlı başına önemli bir konu olan alerjiler ele alındığında

kişiselleştirilmiş tıp ve kimya alanındaki çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu konuda kozmetik sektörünün dev firmalarından olan L'Oréal (*L'Oréal Group: Decoding the Digital Transformation*, 2021), dijital dönüşüm yolculuklarının bir parçası olarak müşterileri için kişiselleştirilmiş hizmetler, reklamlar ve özel sipariş fondöten gibi ürünler sunabildiklerini ve bunu yaparken odak noktalarının dijital dönüşümde en önemli faktörlerden birinin sistemleri besleyen veriler olduğunu ve bu verilerle birlikte sistemlerin daha sağlıklı ve verimli olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Kişiselleştirilmiş, özel ürünlerin gerçekleştirilmesi için de yine benzer bir şekilde hücre veya dokulardan dijital ikize gerçek zamanlı veri akışı sağlanması gerekmektedir. Bu dijital ikiz sistemlerinin gerçekleştirilmesi süreci, sensör teknolojilerinin gelişip, sensörlerin daha da hassas ölçümler yapabilecek hale gelmesiyle hızlanacaktır. Kişiselleştirilmiş ikizlerin kullanımı özellikle kozmetik gibi alanlarda aktif olarak kullanılacaktır.

4.2. Kazanımlar

Dijital ikizlerin kozmetik sektöründe kullanılmasıyla birçok konuda kazanımlar elde edilecektir. Bu başlıkta kazanımlar ele alınacaktır.

4.2.1. Hayvan Haklarıyla Uyumlu Çözüm

Mevcut kozmetik deney sistemlerinde, deneylerde hayvanlarının kullanımı yaygın olup, birçok açıdan hayvan haklarının ihlalini oluşturabilecek durumlar söz konusudur. Bu durumun farkında olunmasına rağmen köklü bir çözüm önerisi sunulamamıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte denek hayvanları yerine dijital ikizlerin kullanımıyla, mevcut yöntemle deneylerdeki hayvanların zarar görmesi ve ölümle sonuçlanan durumların önlenmesine yardımcı olarak, hayvan haklarının ihlalinin önlenmesini mümkün kılacak bir çözüm sunulmaktadır.

4.2.2. Maliyet Avantajı

Dijital ikiz ayrıca işletme maliyetini azaltmakta, ekipman ve varlıkların ömrünü ise uzatmaktadır. Dijital ikizler, farkındalığı geliştirerek, kullanılan alanda optimizasyonu ve önleyici bakım için değişebilen koşullarla ilgili çalışmaları iyileştirip, geleneksel çalışma yaklaşımlarına değer katmaktadır. Temsil ettikleri nesnenin ömrünü uzatarak ve çalışma performansını optimize ederek işletme giderlerini ve potansiyel sermaye giderlerini düşürebilmektedir. Dijital ikizlerin denek hayvanları yerine kullanılmasıyla denek hayvanların tedarigi ve beslenme, bakım vb. maliyetlerin ortadan kalkması sebebiyle daha maliyet etkin çözümler elde edilmektedir.

4.2.3. Test Etme Kolaylığı

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 denememizi sağlayarak gerek fark edilmeyen bir hatanın önüne geçilmesi bakımından, gerekse sistem ve ürünün daha verimli ve maliyet etkin hale getirilmesi bakımından önemlidir.

5. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Her geçen gün üstüne koyarak ilerleyen dijital ikiz teknolojisi çok yönlülüğüyle şimdiden birçok alanda kullanılmaktadır. Gartner'ın 2019 için oluşturduğu en iyi 10 stratejik teknoloji trendleri arasında dördüncü sırada olan dijital ikizlerden artık tek çocuk olma dönemini de geride bırakılarak, dijital ikizleriyle birlikte kullanılacağını söyleyebiliriz. Bu trend önce uzay teknolojileri alanında kullanılmaya başlansa da günümüzde tasarım, mühendislik, sağlık ve imalat alanlarında oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuş durumdadır. Kullanım sahaları ise giderek genişlemekte, herkesin, her şeyin bir dijital ikizinin oluşturulması noktasına doğru ilerlenmektedir.

Kozmetik sektöründe denek hayvanlarını kullanımı ile birlikte canlıların ölümüyle sonuçlanabilecek durumların önlenmesi amacıyla, mevcut duruma dijital ikiz teknolojisinin ne tarz bir çözüm sunabileceğini inceledik. Bugün pek çok sektörde karşımıza çıkan dijital ikiz, kozmetik sektöründeki hayvan deneylerinin azaltılmasına çözüm olacak en ciddi alternatif durumundadır. Dijital ikiz teknolojisi, gösterdiği gelişim ve sağlık alanında kullanım uyumu ile diğer yeni nesil teknolojilere göre birkaç adım daha önde olup, hayvan deneylerinin azaltılması noktasında önemli bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlık alanındaki uygulamaları yaygınlaşmakta olan dijital ikizlerin daha spesifik fakat bir o kadar da faydalı olacak bir alan olan kozmetikteki çalışmalarının yakın gelecekte yaygınlaşması beklenmektedir. Kozmetik sektöründe dijital ikiz deneklerin yaygınlaşmasıyla; dünyayı paylaştığımız sayısızca hayvan dostumuzun, bilimsel çalışmalar için bile olsa acı çekmesine ve yaşamdan kopmasına engel olunabileceği daha dost canlısı çözümler elde edilebilecektir.

Dijital ikiz teknolojisinin kozmetik sektöründe de kullanımı yaygınlaşmasıyla hayvan deneylerinin sayısı azaltılacak, deney süreçlerinde yeni bir dönem başlayarak daha gerçekçi bir test ortamı oluşturulabilecektir. Böylelikle daha kaliteli ürünlerin ortaya çıkarması beklenmektedir. Dijital ikizler, insanların kendileriyle dijital kopyalarının dijital eşleşmesini sağlamaktadır. Dijital eşleşme ise herhangi bir ürünün o müşteri için nasıl görüneceğini ve hissedeceğinin doğru simülasyonunu sağlamaktadır. Üreticinin belirli bir kişi için özel bir ürün üretmesine olanak tanmaktadır. Dijital eşleşmeyle, cilt bakım ürünü sağlayıcısının, ilgili ürünü kullanan kullanıcının yazdan kışa geçerken, şehirden kırsal çevreye seyahat ederken, yaşlandıkça cildinin nasıl değiştiğini anlaması gibi uzun vadeli analizler yapabilmesini de sağlayacaktır. Sağlayıcının bireysel tüketicinin cildini yakından tanımasını sağlar. Bu sağlayıcının ultra kişisel olmasına izin vermektedir, bu da modern tıbbın gitmek istediği nokta olup kişiselleştirilmiş tıp kavramına yönelik önemli adımların kısa sürede atılabilesine imkân sağlayacaktır.

6. Sonuç

Dijital ikiz teknolojisi, sunmuş olduğu göz alıcı avantajları ile birlikte son dönemde popülerlik kazanmaya başlayan ve gün geçtikçe birçok farklı endüstride kullanılan bir yeni nesil teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijital ikiz teknolojisinin sağlık alanında kullanımı ile nihai olarak ulaşılmak istenen nokta; insanların dijital ikizlerinin oluşturulması olup bu aşamaya birden bire ulaşmak mümkün değildir. Bu nihai hedefe ulaşabilmeyi bir yolculuk olarak düşündüğümüzde, önemli duraklardan biri de hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulmasıdır. İnsan dijital ikizlerinden önce hayvanların vücutlarının modellenmesi sadece bu yolculuğa hizmet eden bir

durak olmayacak, sağlık alanında birçok konuda kullanılabilir olacak. Hayvanların dijital ikizlerinin oluşturulması ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda da kullanılabilir. Bu deneysel çalışmaların en yaygın olarak yapıldığı alanlardan birisi de kozmetik sektördür. Geliştirilen ürünlerin insan sağlığı üzerine etkileri öncelikle deney hayvanları üzerinde test edilmekte, ilgili bilimsel testleri geçmeden insanların kullanımına sunulmamaktadır. Kozmetik sektöründe dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile birlikte; bilimsel amaçlar için kullanılsa dahi bu deneylerde kullanılan hayvanların ölümü ve acı çekmesi durumunu ortadan kaldıracak bir çözüm elde edilecektir. Diğer taraftan, her bir ürünün etkilerinin insanlarda ve hayvanlarda farklılık gösterdiği düşünüldüğünde, deneylerdeki etkinliğin ve doğruluğun artırıldığı çözümler de elde edilebilecektir. Kısacası, kozmetik sektöründe dijital ikizlerin kullanımıyla, hem insanlar için hem de hayvanlar için yeni bir dönem başlamış olacaktır. Aynı zamanda dijital ikiz teknolojisinin sağlık alanında geleceği nihai nokta olan insan dijital ikizleriyle, COVID-19 pandemisinde yaşanan aşı geliştirme gibi kritik ve hızlı geliştirmelerin yapılması gereken durumlara da çözüm elde edilebilecektir. Kozmetik sektörü gibi, sağlık alanına temas eden sektörlerde elde edilecek tecrübe ve bilgi ile uygulama sayısında artış elde edilecek ve bu artış gelecek dönemde özellikle kişiselleştirilmiş tıp konularına yönelik çalışmaları tetikleyecektir.

Kaynakça

- Aaron Parrott, & Lane Warshaw. (2017, May). *Industry 4.0 and the digital twin technology* | Deloitte Insights. Deloitte Insights.
- Balls, M. (1994). Replacement of animal procedures: alternatives in research, education and testing. *Laboratory Animals*, 28(3), 193–211.
<https://doi.org/10.1258/002367794780681714>
- Be Cruelty-Free Campaign - Humane Society International*. (2021). <https://www.hsi.org/issues/be-cruelty-free/>
- D'Souza Karl. (2015). *Technology to Transform Lives: The SIMULIA Living Heart Model*.
- Dassault Systemes. (2017). *Living Heart - Dassault Systèmes*.
<https://3dexperientielab.3ds.com/en/projects/life/living-heart/>
- Digital twin makes for clean cosmetics tanks - Achema*. (2021).
<https://www.achema.de/en/magazine/article/digital-twin-makes-for-clean-cosmetics-tanks>
- Forni, M. (2007). Laboratory Animal Science: A Resource to Improve the Quality of Science. *Veterinary Research Communications 2007 31:1*, 31(1), 43–47.
<https://doi.org/10.1007/S11259-007-0096-2>
- Güven, Y. (2020, April 11). *Deneysel ve bilimsel çalışmalarda insandışı hayvan kullanım oranları - Yeşil Gazete*.
<https://yesilgazete.org/deneysel-ve-bilimsel-calismalarda-insandisi-hayvan-kullanim-oranlari/>
- Kasey Panetta. (2017, August). *Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 - Smarter With Gartner*. Gartner.
- Kozmetik Bilimi - Kozmetik Dünyasına Dair Bilmeniz Gereken Herşey...* (2007).
- L'Oréal Group: Decoding the Digital Transformation*. (2021).
- Luo, Q., Wu, J., Erö, C., Gewaltig, M.-O., Keller, D., & Markram, H. (2018). A Cell Atlas for the Mouse Brain. *Frontiers in Neuroinformatics* | [Www.Frontiersin.Org](http://www.frontiersin.org), 12, 84. <https://doi.org/10.3389/fninf.2018.00084>
- Philips. (2018, August 30). *The rise of the digital twin: how healthcare can benefit - Blog | Philips*.
https://www.philips.com/content/corporate/en_AA/about/news/archive/blogs/innovation-matters/20180830-the-rise-of-the-digital-twin-how-healthcare-can-benefit.html
- TCS Digital Skin Twin Platform*. (2021).
<https://www.tcs.com/tcs-digital-skin-twin-platform>
- The Humane Society of the United States. (2021). *Save Ralph - A short film with Taika Waititi - YouTube*. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=G393z8s8nFY>