

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

# Sağlıkta dijital ikiz teknolojisinin bilimsel haritası: Bibliyometrik bir analiz

## *Scientific mapping of digital twin technology in health: A bibliometric analysis*

Umutkan Altun<sup>1</sup> 

Tuba Aralan<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Araş. Gör., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Türkiye, e-mail: umutcanaltun@hacettepe.edu.tr

<sup>2</sup> Araş. Gör., Şınak Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Türkiye, e-mail: tuba.aralan@sinak.edu.tr

### Öz

Bu çalışmada, sağlık alanında dijital ikiz teknolojisinin mevcut durumunu ve potansiyelini anlamak, bu alandaki bilimsel çalışmaların genel görünümünü ortaya koymak amaçlanmıştır. Dijital ikiz teknolojisi, fiziksel sistemlerin dijital kopyalarını oluşturarak gerçek zamanlı veri ve içgörüler sağlamayı hedefleyen yenilikçi bir yaklaşımdır. Çalışma kapsamında, Web of Science veri tabanında belirlenen kriterlerle yapılan tarama sonucunda toplam 814 makale bibliyometrik analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Araştırma neticesinde, incelenen makalelerin toplam 17.122 atıf aldığı ve makale başına ortalama 21,03 atıf sayısına ulaşıldığı göstermektedir. Ayrıca, çalışmaların H-indeksi 57 olarak belirlenmiştir. Makaleler ağırlıklı olarak IEEE Access (48 makale) ve Sensors (28 makale) gibi yüksek etkili dergilerde yayımlanmıştır. Beihang Üniversitesi (22 makale, 2753 atıf) ve Nanyang Teknoloji Üniversitesi (11 makale, 124 atıf), en etkili kurumlar arasında yer almaktadır. Ülkeler arasında Çin ve ABD'nin lider olduğu, bu ülkelerin özellikle Birleşik Krallık, Singapur ve Kanada ile güçlü iş birlikleri kurduğu belirlenmiştir. Tematik analiz sonuçları, dijital ikiz teknolojisinin sağlık alanında "sistem entegrasyonu," "modelleme" ve "tasarım" gibi temel konulara odaklandığını ortaya koymaktadır. Özellikle "framework," "health," ve "management" gibi kavramların sıklıkla çalışıldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital İkiz, Sağlık Teknolojileri, Bibliyometrik Analiz, Tematik Harita

**Citation/Atf:** ALTUN, U. & ARALAN, T. (2024). Sağlıkta dijital ikiz teknolojisinin bilimsel haritası: Bibliyometrik bir analiz. *Journal of Original Studies*. 5(2), 63-71, DOI: 10.47243/jos.2628

**Corresponding Author/ Sorumlu Yazar:**  
Umutkan Altun  
E-mail: umutcanaltun@hacettepe.edu.tr



Bu çalışma, Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

## Abstract

This study aims to understand the current state and potential of digital twin technology in healthcare, and to provide an overview of scientific research in this area. Digital twin technology is an innovative approach that aims to create digital replicas of physical systems, providing real-time data and insights. In this study, 814 articles retrieved from the Web of Science database using pre-defined criteria were analysed using bibliometric analysis methods. The analyses show that the reviewed articles received a total of 17,122 citations, with an average of 21.03 citations per article. In addition, the H-index of the studies was determined to be 57. The articles were mainly published in high-impact journals such as IEEE Access (48 articles) and Sensors (28 articles). Beihang University (22 articles, 2,753 citations) and Nanyang Technological University (11 articles, 124 citations) were identified as the most influential institutions. Among countries, China and the United States emerged as leaders, with strong collaborations in particular with the United Kingdom, Singapore and Canada. The thematic analysis results indicate that digital twin technology in healthcare focuses on key areas such as 'system integration', 'modelling' and 'design'. In particular, concepts such as 'framework', 'health' and 'management' are frequently explored.

**Keywords:** Digital Twin, Health Technologies, Bibliometric Analysis, Thematic Map

## 1. GİRİŞ

Dijital ikiz kavramı, ilk kez 2003 yılında Michael Grieves tarafından gerçekleştirilen bir sunumda literatüre kazandırılmıştır. Ancak, bu teknolojinin kökeninin 1960'lı yıllara uzandığı ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından Apollo misyonlarında uzay araçlarının simülasyonu ve programlanması amacıyla kullanıldığı genel olarak kabul edilmektedir. Günümüzde dijital ikiz teknolojisi, üretim ve genel endüstri alanlarında en yaygın uygulama alanını bulmuş ve bu alanlardaki önceliğini korumaktadır. Bu yaygınlığın temel nedeni, dijital ikizlerin maliyetleri düşürme ve üretim süreçlerinde verimliliği artırma konularında sağladığı somut faydalardır (Hassani ve ark., 2022).

Dijital İkiz, fiziksel bir sistemin durumunun modellenmesi, bu sistemlere yerleştirilen sensörler aracılığıyla veri toplanması ve bu verinin dijital ortama yansıtılmasıyla elde edilen dijital kopya olarak özetlenebilir. Dijital İkizler, geçmiş ve şimdiki süreçleri anlamamızı ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunmamızı sağlayarak fiziksel ve dijital dünya arasında bir köprü kurmaktadır. Özellikle mühendislik alanında çeşitli çalışmalarla bilinen bu teknolojinin sağlık alanında da çeşitli dallarda birçok uygulaması bulunmaktadır. Sağlık faaliyetlerinin hem sayısında hem de çeşitliliğinde kullanılmasında artış yaşanması beklenen dijital ikiz teknolojisi, umut vadeden

devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır. Bu teknoloji, sağlık alanında hastalar, hastaneler ve ilaç endüstrisi için tahminleri iyileştirme, analiz etme ve geliştirme gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Erol vd., 2020). Bu amaçlarla kullanılan dijital ikiz teknolojisi, gerçek zamanlı veri analizi, sorunlar ortaya çıkmadan önce onları önlemek için durum izleme, risk yönetimi, maliyet düşürme ve gelecekteki fırsatları tahmin etme gibi olanaklar sağlamaktadır (Elayan vd., 2021).

Dijital ikiz, bir ögenin sanal bir kopyası olarak basitçe açıklanabilir. Buna göre, bir makine veya bir kişinin dijital ikizi, o varlığın sanal bir kopyasıdır. Test edilebilen ve simüle edilebilen bir dijital model oluşturmak için, nesnelerin interneti sensörleri aracılığıyla muazzam miktarda veri toplamak gerekmektedir (Haleem vd., 2023). Günlük yaşamın çeşitli biyometrik, davranışsal, duygusal, bilişsel ve psikososyal faktörlerini ölçmek için şu anda mevcut olan teknoloji giderek daha çeşitli, doğru ve erişilebilir hale gelmiştir. Bu gelişen teknolojilerin gelecekte yaşam tarzı, sağlık, zindelik ve kronik hastalıkların yönetilme biçimini kökten değiştirebileceğine ve değiştireceğine inanılmaktadır (Schwartz vd., 2020).

Sağlık özelinde düşünüldüğünde dijital ikiz teknolojisi, modern bilgisayar simülasyonları, yapay zeka ve diğer yenilikçi teknolojileri tıbbi süreçlerin tamamına entegre eden çağdaş bir tıp yöntemidir. Bu teknoloji, hastalık teşhisi ve teda-

visi, klinik araştırmalar ve kişiselleştirilmiş sağlık takibi gibi alanlarda geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir. Sürekli veri toplama, gerçek zamanlı dinamik güncellemeler ve etik sorunlar gibi zorluklara rağmen, bu engellerin aşılması durumunda dijital ikiz yaklaşımının tıp için önemli bir ilerleme sağlayacağı öngörülmektedir (Wang vd., 2023).

Son yıllarda, bireyler arasındaki genlerdeki, çevredeki ve yaşam tarzındaki değişkenliği dikkate alan, hastalık tedavisi ve önlenmesi için ortaya çıkan bir yaklaşım olarak tanımlanan hassas tıbbı giderek daha fazla ilgi gösterilmektedir. Büyük veri, bulut bilişim, sanal gerçeklik ve nesnelerin interneti teknolojilerinin gelişimi, dijital ikizin (DT) uygulanması için teknik bir temel oluşturmuş ve bynce klinisyenlere ve araştırmacılara hastalıkların oluşumunu ve gelişimini incelemek ve daha kesin teşhis ve tedaviler yürütmek için daha ayrıntılı bir boyut sağlamıştır (Sun vd., 2023). Analitik algoritmalar, birden fazla veri kaynağından elde edilen bilgileri çıkarır, depolar ve entegre ederek değişiklikleri, eğilimleri ve kalıpları tespit eder, arızaları tahmin eder ve teşhis eder, alternatif kararları değerlendirir ve genel olarak gerçek dünya performansını optimize eder. Örneğin, insan genomu projesinden alınan bilgilerden de faydalanılarak oluşturulan bireysel bir sağlık dijital ikizi, gerçek hayattaki bir hasta için karar verme süreçlerine ve öngörücü analizlere destek sağlamak amacıyla çeşitli veri parametrelerini kullanır. Bu yapı, iki ana veri türüne dayanan nüfus tabanlı bir veri bankası üzerine kuruludur. İlk tür, elektronik sağlık kayıtları, biyolojik, klinik, genetik, moleküler ve görüntüleme verilerinden elde edilen derin fenotiplemeyi içerir. İkinci tür ise, mobil veri sensörleri ve giyilebilir cihazlar aracılığıyla kişinin çevresinden toplanan gerçek dünya verilerinin fenotiplemesidir (Coorey vd., 2022).

Bu çalışmada, sağlık alanında dijital ikiz teknolojisinin mevcut durumunu ve potansiyelini anlamak, bu alanda yapılmış bilimsel çalışmaların genel görünümünü ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, dijital ikizler konusundaki bilimsel yayınlarnın bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Veri Toplama ve Arama Kriterleri

Çalışmada, sağlık alanında dijital ikiz teknolojisi üzerine yapılmış bilimsel çalışmaları incelemek amacıyla Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılmıştır. Veri toplama sürecinde, belirli anahtar kelimeler doğrultusunda kapsamlı bir tarama gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, daha doğru ve standart bir veri seti oluşturmak amacıyla anahtar kelimeler, Medical Subject Headings (MeSH) indeksi kullanılarak belirlenmiştir. MeSH tabanlı arama stratejisi şu Şekilde yapılandırılmıştır: TS=(("Digital Twin") AND ("Health" OR "Healthcare" OR "Medicine" OR "Personalized Medicine" OR "Digital Health" OR "Precision Medicine" OR "Medical Informatics" OR "Telemedicine" OR "Biomedical Technology" OR "Patient-Specific Modeling")). Belirlenen kriterlere uygun olarak gerçekleştirilen tarama sonucunda, toplam 814 araştırma ve derleme makalesi tespit edilmiş ve bu makaleler bibliyometrik analiz yöntemiyle kapsamlı bir Şekilde incelenmiştir.

### 2.2. Veri Analizi

Bibliyometri, akademik iletişim ve yayıncılık süreçlerini incelemek amacıyla matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin uygulandığı analitik bir yaklaşımdır (Diodato & Gellatly, 2013). Bu çalışmada, dijital ikizler konusuna odaklanan bilimsel yayınlarnın, nicel analiz ve istatistiksel yöntemlerle kapsamlı bir Şekilde değerlendirilmiştir. Analizler neticesinde, bu alandaki en etkili araştırmacılar, kurumlar, iş birliği ağları, dergiler ve ülkeler belirlenmiş; mevcut araştırma eğilimleri, tematik odaklanmalar ve olası araştırma alanları sistematik bir erevde ortaya konulmuştur.

Arama kriterleri doğrultusunda elde edilen makaleler, dil, dergi, başlık, yazar, bağlı kuruluş, anahtar kelimeler, belge türü, zet ve atıf sayıları gibi bilgilerle birlikte indirilmiştir. Verilere erişim tarihi 10 Kasım 2024'tür. Analiz sürecinde, VOSviewer yazılımı ve R programlama dilinde Bibliometrix paketi aracılığıyla analizler gerçekleştirilmiştir.

### 2.3. Sınırlılıklar

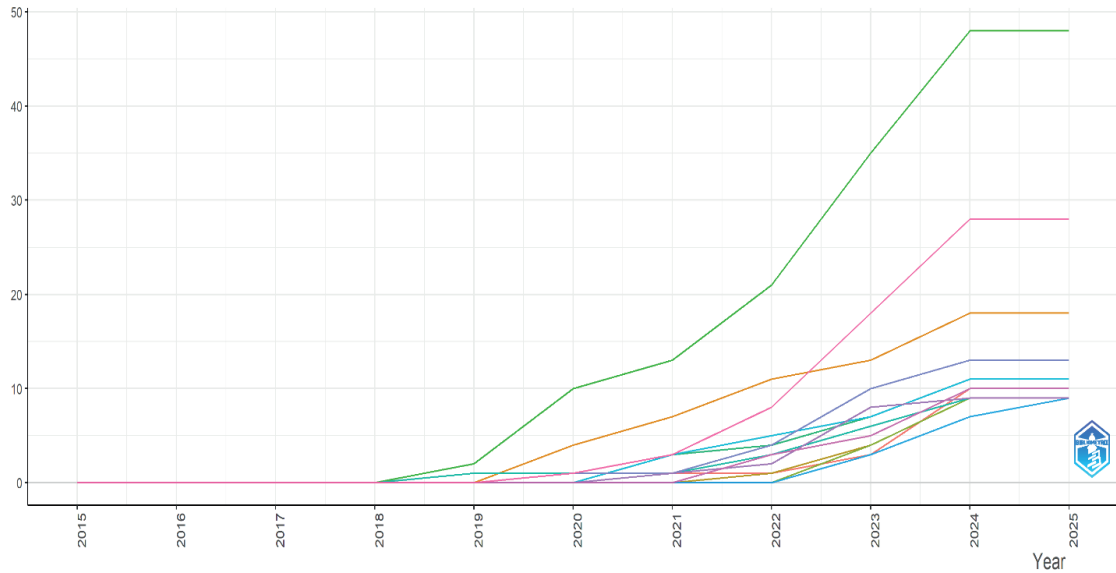
Bu çalışma, yalnızca WoS veri tabanının ana koleksiyonunda yer alan makalelerle sınırlanmıştır. Veri tarama sürecinde belge türleri ve konu sınıflandırmaları temel alınmış, ancak diğer veri tabanlarından veya multidisipliner kaynaklardan veri toplanmamıştır. Bunun yanı sıra, çalışmada teorik ve ampirik yayınlar arasında bir ayrım yapılmamış ve analizler yalnızca bibliyometrik yöntemler ile gerçekleştirilmiştir. Gelecekteki araştırmalar, daha kapsamlı veri tabanlarını ve detaylı içerik analizlerini içerecek şekilde bu çalışmayı genişletebilir ve alana daha derinlemesine katkı sağlayabilir.

### 3. BULGULAR

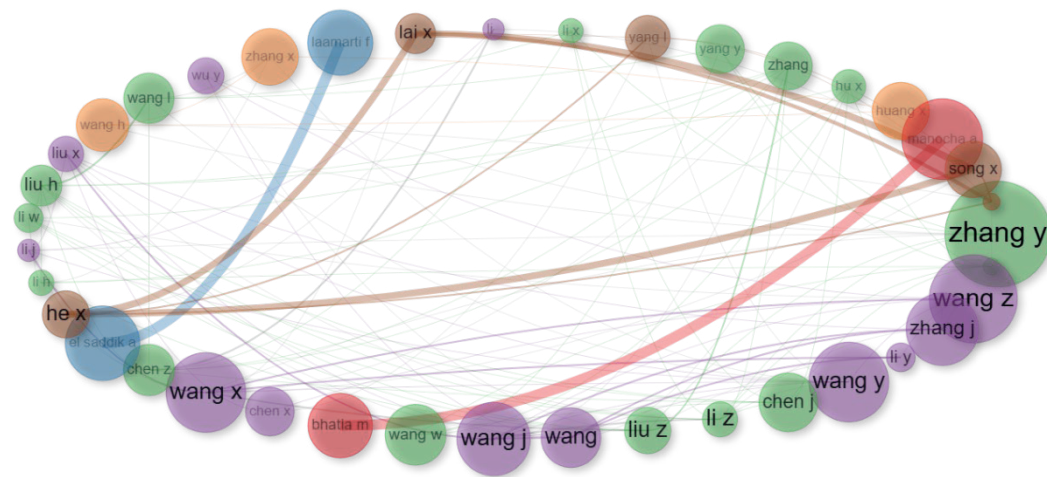
WoS veri tabanında sağlıkta dijital ikiz teknolojisi üzerine toplam 814 makale tespit edilmiştir. Bu makaleler, 11.202 farklı kaynak tarafından toplamda 17.122 kez atıf almış olup, ortalama atıf sayısı makale başına 21,03 olarak belirlenmiştir. Tüm makalelerin H-indeksi 57 olarak hesaplanmıştır. Yıllara göre dağılımında, 2023 ve 2024 yıllarında makale üretiminde belirgin bir artış gözlenmiştir.

Şekil 1'de Sağlıkta dijital ikizler alanında yıllara göre yayınlanan makale sayılarını ve en üretken dergileri ortaya koymaktadır. IEEE Access, toplamda 48 makale ile 2024 yılı itibarıyla en

Şekil 1. Kaynakların Zaman İçindeki Üretimi



Şekil 2. Ortak Yazarlık Analizi



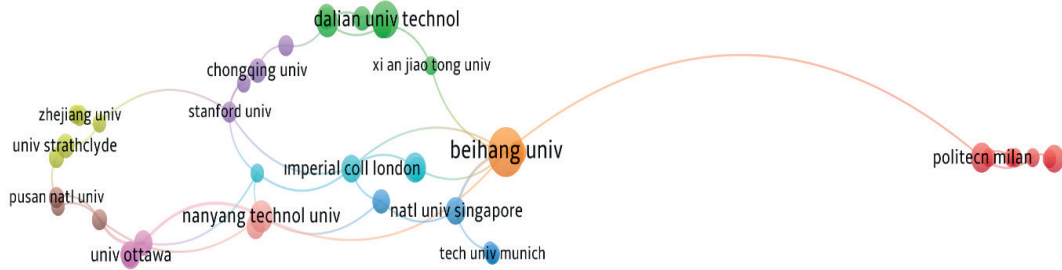
fazla üretime sahip dergi olarak öne çıkmaktadır. Onu, Sensors (28 makale) ve Applied Sciences-Basel (18 makale) takip etmektedir. Mechanical Systems and Signal Processing ve IEEE Internet of Things Journal, her biri 13 makale ile bu alanda önemli katkılar sağlamaktadır. Yıllar bazında incelendiğinde, 2019 yılı itibarıyla üretimin başladığı ve özellikle 2021'den itibaren hızlı bir artış gösterdiği görülmektedir. Bu artış, sağlıkta dijital ikizler konusunun hızla büyüyen bir araştırma alanı olduğunu göstermektedir.

En az bir çalışmada iş birliği yapmış ilk 50 yazarın ortak yazarlık analizi şekil 2'de gösterilmektedir. Yeşil küme (Chen Jiayuan, Yi Changyan, Niyato Dusit) dijital ikizlerin yapay zeka ile entegrasyonunu incelerken, kırmızı küme (Guizani Mohsen, Han Zhu, Ni Wei) dijital ikizlerin güvenli sağlık veri sistemlerindeki

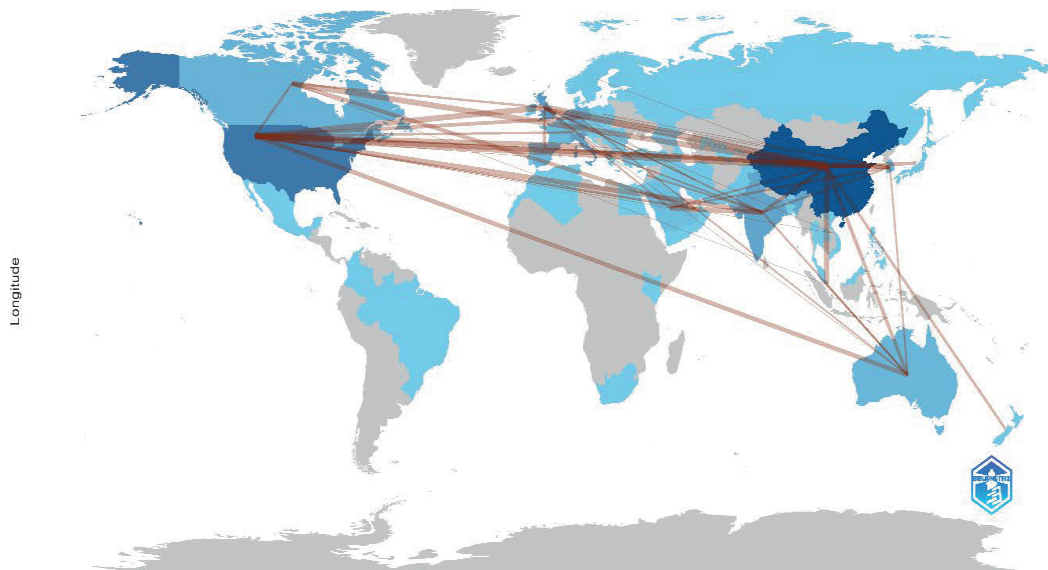
kullanımını ele almaktadır. Mavi küme (Huynh The Thien, Pham Quoc Viet) genomik veri analizi ve hastalık modellemesine odaklanmıştır. Sarı küme (Abdulmotaleb El Saddik, Yang Chunsheng) uzaktan sağlık izleme sistemleri için sensör entegrasyonunu araştırmaktadır. Diğer kümeler daha küçük çaplı iş birliklerini temsil etmekte olup, geniş çaplı disiplinler arası iş birliklerinin artırılması gerektiğini göstermektedir.

Şekil 3 bu alanda en etkili kurumları ve iş birliği ağlarını göstermektedir. Beihang Üniversitesi, 22 yayın ve toplam 2753 atıf ile lider konumdadır ve diğer kurumlarla güçlü iş birlikleri içindedir. Dalian Teknoloji Üniversitesi (14 yayın, 157 atıf) ve Nanyang Teknoloji Üniversitesi (11 yayın, 124 atıf) diğer dikkat çeken kurumlar arasındadır. Politecnico di Milano, 10 yayın ve 167 atıf

Şekil 3. Kuruluşların Ortak Yazarlık Haritası



Şekil 4. Ülkeler Arası İş Birliği Dünya Haritası



ile Avrupa'da önemli bir merkez olarak öne çıkmaktadır.

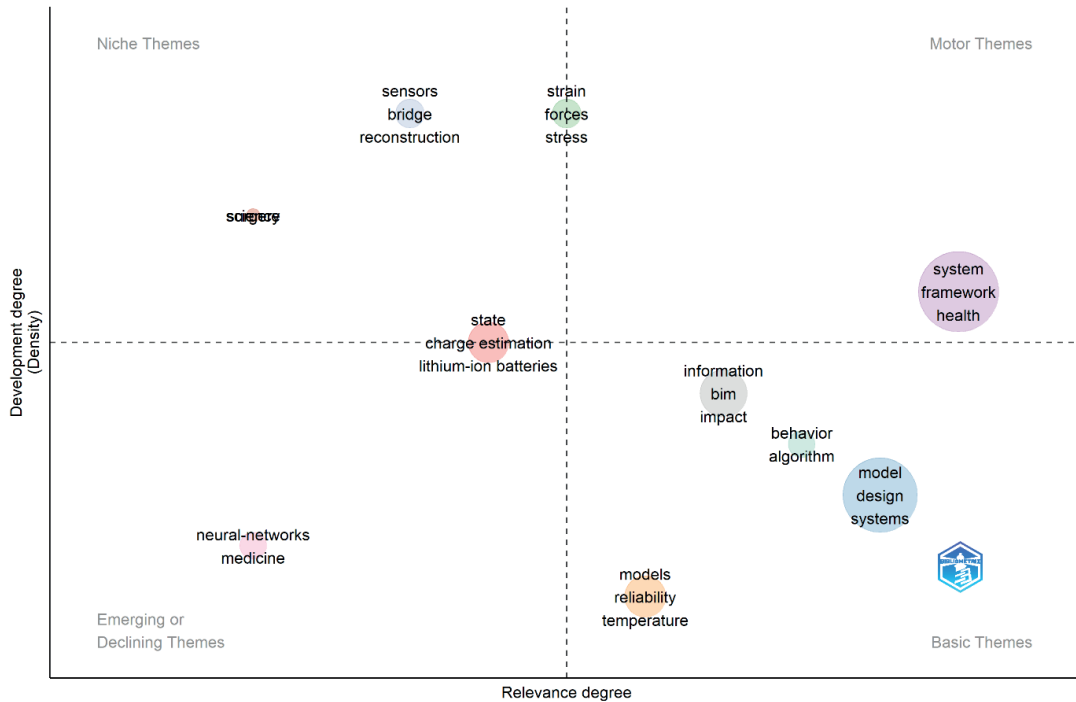
Sağlıkta dijital ikizler alanında yapılan uluslararası iş birliği, şekil 4'te görsel olarak haritalandırılmıştır. Bu harita, akademik çalışmaların yayımlandığı ülkeler arasındaki iş birliği ağlarını göstermektedir. En fazla iş birliğine sahip ülkeler arasında Çin ve ABD dikkat çekmektedir. Çin, özellikle Birleşik Krallık (17 iş birliği), ABD (17 iş birliği), Singapur (13 iş birliği) ve Kanada (11 iş birliği) ile güçlü akademik bağlar kurmuştur. ABD ise, Birleşik Krallık (11 iş birliği), Hindistan (9 iş birliği), İtalya (9 iş birliği) ve Avustralya (8 iş birliği) gibi ülkelerle önemli iş birlikleri gerçekleştirmiştir. Bu sonuçlar, Çin ve ABD'nin, sağlıkta dijital ikizler konusundaki uluslararası araştırmalarda merkez ülkeler olduğunu ve bu alanın bilgi paylaşımını küresel düzeyde desteklediğini göstermektedir.

Şekil 5'te sağlıkta dijital ikizler alanındaki tematik araştırma alanlarını göstermektedir. Haritada, temalar dört ana gruba ayrılmıştır. Motor temalar (sağ üst), "system," "framework," ve "health" konularıyla alanın gelişimini yönlendiren kritik araştırma konularını ifade etmektedir. Temel

temalar (sağ alt), "model" ve "design" gibi dijital ikizlerin yapısal tasarımına odaklanan temel çalışmaları içermektedir. Niche temalar (sol üst), "sensors" ve "strain" gibi belirli uygulama alanlarını temsil ederken, yükselen veya düşüşte olan temalar (sol alt), "neural-networks" ve "medicine" gibi yeni veya azalan ilgi alanlarını göstermektedir. Bu analiz, dijital ikizler alanında sistem ve modelleme çalışmalarının öncelikli olduğunu ve diğer temaların bu odak etrafında şekillendiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 6'da sağlıkta dijital ikizler alanında en sık kullanılan kelimeleri gösterilmektedir. Tablodaki verilere göre, en sık kullanılan kelimeler arasında "model" (79), "design" (58), ve "system" (52) öne çıkmaktadır. Bu terimler, dijital ikizlerin sağlık sistemlerinde modelleme ve tasarım süreçlerinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. «Framework» (47) ve «health» (40) terimleri, dijital ikizlerin sağlık sistemlerinde çerçeve oluşturma ve sağlık hizmetlerinde uygulanabilirlik konularındaki önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, «management» (40), "challenges" (39), ve "digital twin" (38) gibi terimler, bu teknolojinin sağlık yönetimi ve karşılaşılan sorunlarla ilgili araştırmalarda sıklıkla ele alındığını göstermektedir.

Şekil 5. Tematik Analiz





sağlık sektöründe önemli bir dönüşümün gerçekleştirilmesi hedeflemektedir. Sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesi sayesinde daha geniş erişim olanakları, hızlı ve etkili hizmet sunumu, hastane içi verimliliğin artışı, hasta takibinin iyileştirilmesi ve veri analitiğinin daha etkin kullanımı mümkün hale gelmiştir. Bu yenilikçi teknoloji yaklaşımlarından biri de çalışmada ele alınan dijital ikiz teknolojisidir (Shrivastava vd., 2023; Uslu vd., 2024a). Dijital ikizler, fiziksel nesne ve sistemlerin performansını ve davranışını iyileştirmek amacıyla gerçek zamanlı veri ve içgörüler sunarak birçok sektörü ve uygulama alanını dönüştürme kapasitesine sahiptir (Aydın & Karaarslan, 2022). Bu teknolojiler, sağlıktaki kullanımından önce üretim, mühendislik ve roket bilimi gibi çeşitli endüstrilerde yaygınlık kazanmıştır. Bu yayılım, verilerin hızlı bir şekilde toplanması, depolanması ve paylaşılmasındaki ilerlemeler ile bilgisayarların karmaşık modelleri ve algoritmaları hızla işleyebilme kapasitesine dayanmaktadır (Meijder vd., 2023).

Dijital ikizlerin, hastalık modellemesi ve kişiselleştirilmiş tıp gibi alanlara katkısıyla sağlık yönetiminde devrim niteliğinde çözümler sunacağı literatürde genel kabul görmüştür. Fakat, bu teknolojilerin potansiyelini tam anlamıyla ortaya çıkartmak için birtakım zorlukların üstesinden gelinmesi gerekir. Literatür desteğiyle birlikte bu zorluklarla başa çıkmaya yönelik öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Fuller vd., 2020; Sun vd., 2022; Botín-Sanabria vd., 2022; Meijer vd., 2023; Uslu vd., 2024b):

⊙ Sağlık sektöründe uygulanacak teknolojik yeniliklerin makro düzeyde kabul görebilmesi uygulanan devlet politikalarıyla mümkün olacaktır. Bu yüzden yasal düzenlemeler ve politika destekleri önemli bir kriterdir.

⊙ Dijital ikiz teknolojisinin etkinliği için büyük miktardaki verinin doğru toplanması ve yapılandırılması gerekir. Bu yüzden veri analitiği araçları kullanarak ve entegrasyon geliştirilerek farklı kaynaklardan toplanmış verilerin uygun şekilde yapılandırılması önemlidir.

⊙ Dijital ikiz sistemleri için dünyanın her yerinden büyük miktarda veri toplanırken, hasta

mahremiyetinin ciddi hukuksal düzenlemelerle garanti altına alınması gerekir.

⊙ Teknolojinin etkinliği büyük ölçüde simülasyonun doğruluğuna bağlıdır, bu durum dijital ikiz teknolojisinin bir diğer sınırlılığı olarak ele alınabilir. Bu yüzden simülasyon modellerini devamlı olarak izlemek ve doğrulamak için standartlar geliştirilmeli; rehberler hazırlanmalıdır.

⊙ Dijital ikiz uygulamalarının maliyetleri yüksektir. Uluslararası işbirlikleri, kamu-özel işbirlikleri, hükümet politikaları ve teşviklerle bu zorluğun üstesinden gelinebilir.

Dijital ikiz teknolojisi, sağlık hizmetlerinde büyük bir dönüşüm potansiyeline sahiptir. Bu çalışma, sağlık alanındaki dijital ikiz uygulamalarını ele alan 814 makaleyi bibliyometrik yöntemlerle analiz ederek alanın genel görünümünü ve araştırma eğilimlerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur. Bulgular, dijital ikiz teknolojisinin özellikle 2021 yılından itibaren hızla büyüyen bir araştırma alanı olduğunu ve akademik ilginin giderek yoğunlaştığını göstermektedir.

Makalelerin %72'si Science Citation Index Expanded'da, %23'ü ise Social Sciences Citation Index'te yer almakta olup, bu durum teknolojinin hem mühendislik hem de sosyal bilimler perspektifinden ele alındığını göstermektedir. Toplam 17.122 atıf ve 21,03 makale başına ortalama atıf oranı, bu alandaki çalışmaların yüksek akademik etkisini vurgulamaktadır. En üretken dergiler arasında IEEE Access (48 makale) ve Sensors (28 makale) yer almakta olup, bu dergiler dijital ikizlerin sağlık hizmetlerinde mühendislik ve teknoloji odaklı bir yaklaşım benimsediğini göstermektedir.

Araştırma ağı ve uluslararası iş birliği incelendiğinde, Çin ve ABD'nin lider ülkeler olarak öne çıktığı, bu ülkelerin sırasıyla Birleşik Krallık, Singapur ve Kanada gibi ülkelerle yoğun iş birlikleri gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Beihang Üniversitesi, toplam 22 makale ve 2753 atıf ile bu alanda en etkili kurum olarak dikkat çekerken, Nanyang Teknoloji Üniversitesi ve Dalian Teknoloji Üniversitesi de önemli katkılar sağlamaktadır. Politecnico di Milano gibi Avrupa merkezli kurumlar, dijital ikizlerin disiplinler



arası bir anlayışla ele alınmasında öncü rol oynamaktadır.

Tematik analiz sonuçları, dijital ikiz teknolojisinin sağlıkta "sistem entegrasyonu," "modelleme" ve "tasarım" gibi temel konulara odaklandığını göstermektedir. Özellikle "framework," "health," ve "management" gibi kavramların sıklıkla kullanıldığı, teknolojinin sağlık yönetimi ve hizmet süreçlerinin optimizasyonunda önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Niş temalar arasında yer alan "sensors" ve "strain," uzaktan sağlık izleme ve teknolojik inovasyon alanlarında özgün uygulamaları işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, "neural-networks" ve "medicine" gibi alanların azalan ilgiye sahip olduğu, bu konulara yönelik araştırmaların artırılabilceği gözlemlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- AYDIN, Ö., & KARAARSLAN, E. (2022). OpenAI ChatGPT generated literature review: Digital twin in healthcare. Aydın, Ö., Karaarslan, E.(2022). *OpenAI ChatGPT Generated Literature Review: Digital Twin in Healthcare*. In Ö. Aydın (Ed.), *Emerging Computer Technologies*, 2.
- BOTÍN-SANABRIA, D. M., MIHAITA, A. S., PEIMBERT-GARCÍA, R. E., RAMÍREZ-MORENO, M. A., RAMÍREZ-MENDOZA, R. A., & LOZOYA-SANTOS, J. D. J. (2022). Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review. *Remote Sensing*, 14(6), 1335.
- COOREY, G., FIGTREE, G. A., FLETCHER, D. F., SNELSON, V. J., VERNON, S. T., WINLAW, D., ... & REDFERN, J. (2022). The health digital twin to tackle cardiovascular disease—a review of an emerging interdisciplinary field. *NPJ Digital Medicine*, 5(1), 126.
- DIODATO, V. P., & GELLATLY, P. (2013). *Dictionary of bibliometrics*. Routledge.
- ELAYAN, H., ALOQAILY, M., & GUIZANI, M. (2021). Digital twin for intelligent context-aware IoT healthcare systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(23), 16749-16757.
- EROL, T., MENDI, A. F., & DOĞAN, D. (2020, October). The digital twin revolution in healthcare. In *2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies*

and *Innovative Technologies (ISMSIT)* (pp. 1-7). IEEE.

- FULLER, A., FAN, Z., DAY, C., & BARLOW, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952-108971.
- HALEEM, A., JAVAID, M., SINGH, R. P., & SUMAN, R. (2023). Exploring the revolution in healthcare systems through the applications of digital twin technology. *Biomedical Technology*, 4, 28-38.
- HASSANI, H., HUANG, X., & MACFEELY, S. (2022). Impactful digital twin in the healthcare revolution. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(3), 83.
- MEIJER, C., UH, H. W., & EL BOUHADDANI, S. (2023). Digital twins in healthcare: Methodological challenges and opportunities. *Journal of Personalized Medicine*, 13(10), 1522.
- SCHWARTZ, S. M., WILDENHAUS, K., BUCHER, A., & BYRD, B. (2020). Digital twins and the emerging science of self: implications for digital health experience design and "small" data. *Frontiers in Computer Science*, 2, 31.
- SHRIVASTAVA, M., CHUGH, R., GOCHHAIT, S., & JIBRIL, A. B. (2023, March). A review on digital twin technology in healthcare. In *2023 International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application (ICIDCA)* (pp. 741-745). IEEE.
- SUN, T., HE, X., & LI, Z. (2023). Digital twin in healthcare: Recent updates and challenges. *Digital Health*, 9, 20552076221149651.
- SUN, T., HE, X., SONG, X., SHU, L., & LI, Z. (2022). The digital twin in medicine: a key to the future of healthcare?. *Frontiers in Medicine*, 9, 907066.
- USLU, Y., ÜNKÜR, P., & ALTUN, U. (2024a). EMRAM Modeli ve HIMSS Standartları ile Dijital Hastaneler: Kocaeli İlinde Mevcut Durum Değerlendirmesi. *Bo-yabat İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergisi*, 4(1), 101-122.
- USLU, Y. D., AYGÜN, S., ALTUN, U., GÖKALP, Y., ETİ, S., & DEMİRCİ AKSOY, A. (2024b). Aile Sağlığı Merkezlerinin Dijitalleştirilmesine Yönelik Öncelikli Stratejilerin Makine Öğrenmesi Tabanlı Yaklaşımla Belirlenmesi. *Türkiye Aile Hekimliği Dergisi*, 28(3), 75-85.
- WANG, M., HU, H., & WU, S. (2023). Opportunities and challenges of digital twin technology in healthcare. *Chinese Medical Journal*, 136(23), 2895-2896.