



**Gönderim:** 03.06.2022

**Kabul:** 28.07.2023

**Tür:** Araştırma Makalesi

## Dijital ikiz üzerine yapılan araştırmaların dergi yayınlarındaki eğilimlerinin görselleştirilmesi

Gökhan ALPTEKİN<sup>a</sup>  
Deniz TÜRKMEN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, ORCID: 0000-0001-9374-5471

<sup>b</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, ORCID: 0000-0002-1883-2003

### Özet

Bu araştırma, Scopus veri tabanında taranan sosyal bilimler alanındaki dijital ikiz teknolojisi üzerine yapılan bilimsel çalışmaların bibliyometrik analizini yapmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, 2018-2022 yılları arasında yayınlanmış 254 dergi makalesine ulaşılmıştır. Scopus veri tabanında bulunan 254 bilimsel çalışmanın bibliyometrik verileri VOSviewer 1.6.18 programı kullanılarak analiz edilmiş ve Microsoft Office Excel ile Tableau programları kullanılarak görselleştirilmiştir. Araştırmada elde edilen bulgulardan bazıları şu şekildedir: (1) 254 makale 58 farklı ülkedeki araştırmacılar tarafından üretilmiştir. (2) Dijital ikiz üzerine en fazla yayın üreten ülkeler İngiltere, İtalya ve Çin Halk Cumhuriyeti'dir. (3) Valencia Politeknik Üniversitesi, Londra Üniversitesi Koleji, Milano Politeknik Üniversitesi ve Koşice Teknik Üniversitesi dijital ikiz araştırmalarında önde gelen kurumlardır. (4) Sustainability Switzerland dergisi 54 yayın ve 1203 atıf sayısı ile öne çıkmaktadır. (5) Atıf sayısı bakımından Dmitry İvanov ilk sırada yer almaktadır. (6) Araştırmalarda makine öğrenmesi, yapı bilgi modellemesi, akıllı şehir, sanal gerçeklik ve yapay zekâ anahtar kelimelerinin ön plana çıktığı görülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Dijital İkiz, Dijital İkiz Teknolojisi, Bibliyometrik Analiz, Eğilimler

## Visualization of the research trends on digital twin in journal publications

### Abstract

This research aims to make a bibliometric analysis of scientific studies on digital twin technology in the field of social sciences searched in the Scopus database. For this purpose, 254 journal articles published between 2018-2022 were reached. The bibliometric data of 254 scientific studies in the Scopus database were analysed using VOSviewer 1.6.18 and visualised using Microsoft Office Excel and Tableau programs. Some of the findings obtained in the research are as follows: (1) 254 articles were produced by researchers from 58 different countries. (2) The United Kingdom, Italy and the People's Republic of China are the countries that produce the largest number of programmes on the digital twin. (3) The Polytechnic University of Valencia, University College London, the Polytechnic University of Milan and the Technical University of Koşice are leading institutions in digital twin research. (4) Sustainability Switzerland journal stands out with 54 publications and 1203 citations. (5) Dmitry Ivanov ranks first in terms of the number of citations. (6) It is seen that machine learning, building information modelling, smart city, virtual reality and artificial intelligence keywords come to the fore in the researches.

**Keywords:** Digital Twin, Digital Twin Technology, Bibliometric Analysis, Trends

### Kaynak Gösterme

Alptekin, G., Türkmen, D. (2023). Dijital ikiz üzerine yapılan araştırmaların dergi yayınlarındaki eğilimlerinin görselleştirilmesi. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi (AUAd)*, 9(2), 1-30. <https://doi.org/10.51948/auad.1309385>

## Giriş

1950’li yıllarda başlayan dijitalleşme süreci, bulut bilişim teknolojisi, yapay zekâ, veri madenciliği ve nesnelerin interneti gibi birçok yeni teknolojinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu durum, dijitalleşme süreci ilerledikçe ivme kazanmış ve fiziksel çevre ile ilgili yeni nesil dijital modelleme teknolojisinin kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu teknolojiler ise siber-fiziksel sistemlere dayanmaktadır. Bu sistemler, nihai hedefi tam otomasyon olan bilgisayar tabanlı dijital algoritmalar aracılığıyla fiziksel dünya ile siber dünyanın algılanmasını sağlayan temel yapılardır. Fiziksel dünyanın birer kopyası olan sanal dünyaların oluşturulması ise bu sistemler yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Kagerman, Whalster ve Helbik, 2013). Fiziksel bir ürün ya da nesnenin dijital temsili olarak tanımlayabileceğimiz dijital ikiz kavramı da bu siber-fiziksel sistemler ile birlikte hayatımıza girmiştir. Fiziksel sistemlerden gelen veriler, yaşam döngüsü süreci boyunca gerçek sistemlere bağlı sanal sistemlerden gelen dijital bilgilerle temsil edilir. Bu nedenle, dijital ve fiziksel ikizlerin entegrasyonu, gerçek sistem çalışırken karar verme sürecini yönetmenin, düzenlemenin ve iyileştirmenin etkili bir yoludur (Rosen, Von Vichert, Lo ve Bettenhausen, 2015).

Dijital ikiz teknolojisi ilk kez 2002 yılında “Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi” kitabının yazarı Dr. Michael Grieves tarafından dile getirilmiştir ve günümüzde özellikle havacılık ve uzay bilimleri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Grieves, 2014; Grieves ve Vickers, 2017; Haag ve Anderl, 2018; Puri, 2017; Weyer, Meyer, Ohmer, Goreck ve Zühlke, 2016). Grieves (2006) kitabında bu kavramı, fiziksel bir sistem içinde bir dijital simülasyon modelinin oluşturulması ve bu modelden elde edilen bilgilerin gerçek sistemdeki verilerle ilişkilendirilmesi olarak tanımlamaktadır (Mahmoud ve Hemdan, 2021). Fuller, Fan, Day ve Barlow (2020) ise bu kavramı, fiziksel ve sanal dünyalar arasında verilerin çift yönlü olarak aktarımını sağlayan sistemler şeklinde ifade etmektedir. Öte yandan, dijital ikiz kavramı çoğunlukla bir sistemin yaşam döngüsü boyunca sürekli eklenen ve güncellenen entegre simülasyonlar ile fiziksel bir ögenin dijital temsili olarak tanımlanmaktadır (Madni, Madni ve Lucero, 2019; Vrabic, Erkoyuncu, Butala ve Roy, 2018; Zheng, Yang ve Cheng, 2019). Bu teknoloji hizmeti ilk olarak Grieves (2006) tarafından “Bilgi Yansıtma Modeli” olarak bahsedilmiş ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesinin (NASA) 2010 yılı teknoloji yol haritasında açıkça dijital ikiz olarak tanımlanmıştır (NASA, 2010).

NASA’nın 1970 yılında uyguladığı Apollo uzay programında, birbirinin aynısı olan iki araç üretilmiştir. Bu araçlardan biri uçuş eğitimi için yere yerleştirilirken, diğeri ise karasal olanı simüle etmek için uzaya fırlatılmıştır. Bu eşleşme tekniği ile uzay araçlarının dijital

kopyalarını modelleyen NASA yetkilileri, uzay araçlarındaki olası hataları önceden tespit edebilmek için çeşitli simülasyon testleri gerçekleştirmiş ve dijital ikiz teknolojisinin yaygın olarak kullanılmasına öncülük etmiştir. Bu açıdan, literatüre Grieves tarafından kazandırılan dijital ikiz kavramının simülasyon teknolojisine dayandığı söylenebilir (Aynacı, 2020; Houten, 2018; Kocabay, 2019; Marr, 2017; Rosen vd., 2015; Şahinaslan, 2020). Benzer şekilde, Erturan ve Ergin (2018) de dijital ikizi, fiziksel dünyaki durumları simüle etmek, gerçek dünyadaki değişikliklere uyum sağlamak, süreçleri iyileştirmek ve potansiyel sorunları önceden tespit edip çözmek için kullanılan bir araç olarak tanımlamıştır. Kim, Shin ve Choi (2019) ise bu kavramı, fiziksel dünyaya eşdeğer görmekte ve fiziksel sistemlerden gelen veriler internet aracılığıyla toplandığı için siber-fiziksel sistemlerin bir unsuru olarak değerlendirmektedir.

Simülasyon tabanlı çok boyutlu bir yapı içermesinin yanı sıra dijital ikiz teknolojisini diğer teknolojilerden ayıran özelliklerden biri de dijital temsil kabiliyetidir. Dijital temsil sayesinde nesnenin gerçek zamanlı davranışı onu daha akıllı ve yeniden programlanabilir hale getiren dijital süreçlerle yansıtılmaktadır (Negri, Fumagalli ve Macchi, 2017). Dijital temsiller, yapay zekâ ve tahmine dayalı analitik yoluyla iş sürecindeki gerçek sistemlerle senkronize olarak gelişirken, aynı zamanda işleyişini iyileştirmek için yeni bilgileri fiziksel ortamlarda senkronize etmektedir (Tao, Cheng, Qi, Zhang, Zhang ve Sui, 2018). Dijital ikizin bir diğer özelliği de teşhis ve tahmin için dijital izleme yeteneğidir (Cai, Starly, Cohen ve Lee, 2017). Örneğin, bir sistemin nerede arızalandığını belirlemek için dijital ikiz, arızanın nedenini belirlemek ve sistemin tasarımını iyileştirmek için sensör veri füzyonunu kullanabilir. Ayrıca, dijital ikizlerin kendi kendini uyarılma kabiliyetleri bulunmaktadır ve kendi kendine parametreler oluşturabilmektedirler (Schleich, Anwer, Mathew ve Wartzack, 2017). Bu yetenek, gerçek modellerin geliştirilmesini sağlar. Bu nedenle, dijital ikiz teknolojisi optimizasyon için faydalı bir araç olabilir, karmaşık ilişkileri tanımlanabilir hale getirebilir ve sermaye harcamalarını azaltarak maliyeti düşürebilir. Bu bağlamda, Kitain'in (2018) dijital ikiz uygulamaları ve özellikleri ile ilgili sıralaması geçmiş, bugün ve gelecek için yol gösterici bir model olarak düşünülebilir. Kitain (2018), dijital ikiz teknolojisinin özelliklerini şu şekilde sıralamaktadır:

- Mevcut verileri analiz ederek verilen kararları değerlendirme
- Süreci analiz etme ve performans değerlendirmeleri yapma
- Uzaktan kontrol edebilme
- Maliyeti düşürme

- Diğer sistemlerle bağlantı kurma ve aradaki ilişkileri inceleme
- Gelecekte oluşabilecek muhtemel sorunları çözebilme
- Karmaşık süreçleri kolay ve anlaşılabilir bir hale getirme

Görüldüğü üzere dijital devrimin yaşandığı bu yüzyılda, sistemlerin çok boyutlu bir dijital ikizinin oluşturulması, etkinlik, verimlilik ve süreklilik açısından önemlidir. Grand View Research Inc. tarafından 2018 yılında yayınlanan bir rapora göre, dijital ikiz pazar büyüklüğü 2025 yılına kadar %38.2 oranında büyüyecektir (Web1). Gartner araştırmasına göre (Costello ve Omale, 2019), şu anda nesnelerin internetini kullanan şirketlerin üçte ikisinin önümüzdeki yıllarda dijital ikizleri kullanmaya geçmesi beklenmektedir. Bu nedenle, dijital ikiz teknolojisinin nesnelerin interneti ile birleştirildiğinde fiziksel sistemleri hassas bir şekilde analiz etme ve kontrol etme kabiliyeti nedeniyle yalnızca havacılık ve uzay alanı değil, eğitim, sağlık, üretim, otomasyon, şehir planlaması ve enerji gibi birçok alanda ön plana çıkması beklenmektedir.

Dijital ikiz teknolojisinin kullanımı ile ilgili alanyazın incelendiğinde dijital ikizlerin farklı alanlarda kullanıldığı, kullanım amacına ve kullanıldığı alana bağlı olarak çeşitli faydalar sağladığı görülmektedir (Dambrot, Kerchove, Flammini, Kinsner, MacDonald Glenn ve Saracco, 2018; David, Lobov ve Lanz, 2018; Erturan ve Ergin, 2018; Özen ve Gürel, 2020; Sun, Tian, Fu, Geng ve Chunli, 2020; Tamer ve Övgün, 2020). Örneğin, havacılık sektöründe üretilen bir uçak motorunun dijital ikizinin oluşturulması, ileride çıkabilecek sorunlara karşı gerekli önlemlerin alınmasını sağlar ve hataların maliyetini erkenden ödeyerek teslimat sürecini kolaylaştırır. Öte yandan, otomotiv sektöründe, üretilecek araçların sanal kopyalarının oluşturulması, ürün geliştirme sürecini kısaltabilir ve üretilecek araçların ömürlerini belirleyerek bakım maliyetlerini düşürebilir. Bu doğrultuda, dijital ikiz teknolojisinin ihtiyaç duyulan her alanda kullanılabileceği ve giderek yaygınlaşacağı söylenebilir. Bu bağlamda, dijital ikiz kullanım alanlarıyla ilgili büyük veri setlerinin detaylı bir şekilde tespit edilip yorumlanabilmesi için geçmişte yapılan bibliyometrik analiz çalışmalarının incelenmesi faydalı olacaktır. Bu aşamada ilgili alanyazın taranmış ve dijital ikiz teknolojisi kavramına ilişkin bibliyometrik analiz çalışmaları incelenmiştir.

### **İlgili Alanyazının İncelenmesi**

Dijital ikiz teknolojilerinin kullanımına ilişkin araştırmaların büyük çoğunluğu üretim, endüstri, mühendislik, mimarlık ve sağlık gibi alanlarda gerçekleştirilmiştir. Buna karşılık,

sosyal bilimlerde nispeten sınırlı miktarda araştırma olduğu görülmektedir. Bu araştırma, bu alandaki dijital ikiz araştırmalarındaki mevcut eğilimleri belirlemeyi ve aynı zamanda bu alandaki önde gelen ülkeler, dergiler, yazarlar ve kurumlar hakkında yeni akademik veriler sağlamayı amaçlamıştır. Gerçekleştirilen bibliyometrik analizde dijital ikiz teknolojisi üzerine yapılan araştırmalar incelenmiş ve Tablo 1'de bu araştırmaların yazarları, başlıkları, amaçları ve analiz yıllarına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

<b>Tablo 1</b>			
<i>Dijital ikiz teknolojisi ile ilgili araştırmalar</i>			
<b>Yazar/lar</b>	<b>Araştırmanın Başlığı / Yayın Yılı</b>	<b>Araştırmanın Amacı</b>	<b>Analizin Yapıldığı Yıl Aralıkları</b>
Suewelly Krüger, Milton Bossato.	Developing Knowledge on digital Manufacturing to Digital Twin: A Bibliometric and Systematic Analysis / 2019	Bu araştırmanın amacı, dijital üretimde dijital ikiz kullanımı ve gerçek zamanlı bilgi aktarımı ile izleme sistemlerini içeren araştırmaları tespit etmektir.	2014-2019
Maria Pia Ciano, Rossella Pozzi, Tommaso Rossi, Fernanda Strozzi.	Digital twin-enabled smart industrial systems: a bibliometric review / 2020	Bu araştırmanın amacı, dijital ikizler hakkındaki literatürü gözden geçirmek ve akıllı endüstriyel sistemlerin etkinleştirilmesinde oynadıkları rolü araştırmaktır.	2004-2019
Satish Kumar, Shruti Patil, Arunkumar Bongale, Ketan Kotecha, Anupkumar M. Bongale, Pooja Kamat	Demystifying Artificial Intelligence Based Digital Twins in Manufacturing- A Bibliometric Analysis of Trends and Techniques / 2020	Bu araştırmanın amacı, dijital ikiz kavramını incelemek ve akademisyenlerin üretim alanlarına katkısı için küresel çerçeveye bakmaktır.	2015-2020
Bharath Suthar, Arunkumar Bongale, Satish Kumar.	Three Degrees of Freedom Robotic arm and its Digital Twin using Simulink - A Bibliometric Analysis / 2021	Bu araştırmanın amacı, gerçek robot ve dijital ikiz eşlemesine sanal öğrenme ile başa çıkmak için bir yöntem önermektir.	2015- 2021
Giulio Paolo Agnusdei, Valerio Elia, Maria Grazia Gnoni.	Is Digital Twin Technology Supporting Safety Management? A Bibliometric and systematic review / 2021	Bu araştırmanın amacı, mühendislik ve bilgisayar bilimlerindeki dijital ikiz araştırma ve uygulamalarını değerlendirmek ve araştırma kümelerini belirleyerek gelecekteki eğilimlerini tespit etmektir.	2003-2021
Lemart Ante	Digital Twin Technology for Smart Manufacturing and Industry 4.0: A Bibliometric Analysis of the Intellectual Structural of the Research Discourse / 2021	Bu araştırmanın amacı, akıllı üretim ve Endüstri 4.0 bağlamında dijital ikiz teknolojilerinin hangi çalışmalarda kullanıldığını araştırmaktır.	2011-2019
Vivek Warke, Satish Kumar,	Sustainable Development of Smart Manufacturing Driven by	Bu araştırmanın amacı, veri güdümlü sistemler, makine öğrenimi, yapay zekâ ve derin öğrenme gibi temel	2016-2021

Arunkumar Bongale, Ketan Kotecha.	the Digital Twin Framework: A Statistical Analysis / 2021	teknolojilerin yardımıyla akıllı üretim sektöründe dijital ikiz (DT) çerçevesi üzerine bir literatür incelemesi sunmaktadır.	
Chao Gao, Jianwei Wang, Shi Dong, Zhizhen Liu Zhiwei Cui, Ningyuan Ma, Xiyang Zhao.	Application of Digital Twins and Building Information Modeling in the Digitization of Transportation: A Bibliometric Review / 2022	Bu araştırmanın amacı, ulaştırmanın dijitalleştirilmesinde yapı bilgi modellemesi ve dijital ikiz teknolojilerinin bilimsel haritalamasını sistematik olarak araştırmaktır.	2008-2022
Georgiana Moiceanu, Gigel Prashchiv.	Digital Twin and Smart Manufacturing in Industries: A Bibliometric Analysis with a Focus on Industry 4.0 / 2022	Bu araştırmanın amacı, Endüstri 4.0'a odaklanarak dijital ikiz ve akıllı üretim konusundaki bilimsel literatürü analiz etmektir.	2016-2020
Haidar Hosamo Hosamo, Aksa Imran, Juan Cardenas-Cartagena, Paul Ragnar Svennevig, Kjeld Svidt, Henrik Kofoed Nielsen.	A Review of the Digital Twin Technology in the AEC-FM Industry / 2022	Bu araştırmanın amacı, tesis yönetimi ve mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörlerindeki dijital ikiz çalışmalarını analiz etmektir.	2016-2022
Hossein Naderi, AliReza Shojaei.	Civil Infrastructure Digital Twins: Multi-Level Knowledge Map, Research Gaps, and Future Directions / 2022	Bu araştırmanın amacı, mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründeki dijital ikiz araştırmalarını analiz etmektir.	2012-2022
Jing Wang, Xinchun Li, Peng Wang, Quanlong Liu.	Bibliometric Analysis of Digital Twin Literature: A review of Influencing Factors and Conceptual Structure / 2022	Bu araştırmanın amacı, mevcut bilimsel alanda dijital ikiz teknolojilerine sistematik bir genel bakış sağlamak ve dijital ikiz kavramının yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki kilit alanları ve araştırma yönlerini belirlemektir.	2014-2021
Milad Baghalzadeh Shishehgharkhaneh, Afram Keivani, Robert C. Moehler, Nasim Jelodari, Sevda Roshdi Laleh.	Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in Construction Industry: A Review, Bibliometric, and Network Analysis	Bu araştırmanın amacı, inşaat sektöründe; Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Dijital İkiz (DT) kullanımını incelemektir.	2006-2022
Rajinder Bhandal, Royston Meriton, Richard Edward Kavanagh, Anthony Brown.	The Application of Digital Twin Technology in Operations and Supply Chain Management: A bibliometric analysis / 2022	Bu araştırmanın amacı, dijital ikizin operasyon ve tedarik zinciri yönetimi alanlarındaki potansiyel değerini belirlemektir.	2011- 2021
Sharmin Sultana Sheuly, Mobyen Uddin Ahmed, Shahina Begum.	Machine Learning-Based Digital Twin in Manufacturing: A Bibliometric Analysis and Evolutionary Overview / 2022	Bu araştırmanın amacı, makine öğreniminin üretimde dijital ikizlerin kullanımına katkısını incelemek ve mevcut yöntemleri ve gelecekteki araştırma eğilimlerini belirlemektir.	2015-2022
Tang Ji, Huiyue Huang, Xun Xu.	Digital Twin Technology- a Bibliometric study of Top Research Articles Based on Local Citation Score / 2022	Bu araştırmanın amacı, akıllı üretimdeki en önemli dijital ikiz çalışmalarını araştırmak ve dijital ikizin gelişim yönünü, kritik alanlarını kavramaya yardımcı bir çalışma ortaya koymaktır.	2002-2022

Xin Li, Yuanfei Shen, Haolun Cheng, Fei Yuan, Lucheng Huang.	Identifying the Developing Trends and Technological Competititon Situations for Digital Twin: A Bibliometric Overview and Patent Landscape Analysis / 2022	Bu araştırmanın amacı, dijital ikiz konusundaki akademik araştırmaların ve teknolojik gelişimin mevcut durumunu tespit etmek ve ülkelerin ve kurumların teknolojik rekabet gücünü incelemektir.	2011-2020
Obaidullah Hâkimi, Hexu Liu, Osama Abudayyeh.	Digital twin-enabled smart facility management: A bibliometric review / 2023	Bu araştırmanın amacı, tesis yönetiminde dijital ikiz ile ilgili literatürün bibliyometrik bir analizini yapmaktır.	2012-2022

Tablo 1 incelendiğinde dijital ikiz teknolojilerine ilişkin literatür çalışmalarının bilgi aktarımı ve izleme sistemleri, akıllı endüstriyel sistemlerin hayata geçirilmesi, sanal öğrenme, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kavramları ile mühendislik, mimarlık ve bilgisayar bilimlerinde dijital ikiz uygulama alanları gibi konulara odaklandığı görülmektedir. Bu doğrultuda, ilgili çalışmaların daha çok fen bilimlerine odaklandığı, sosyal ve beşeri bilimlerdeki eğilimleri inceleyen çalışmaların ise görece daha az olduğu görülmektedir. Tablo 1'de sunulan ortak bulgulara ek olarak, bu çalışma daha önce analiz edilmemiş boyutları araştırmaktadır. Bu araştırmanın önemi, sosyal bilimlerde dijital ikiz teknolojisi araştırmalarında ön planda olan yazarları, dergileri, kurumları ve ülkeleri tespit etmek ve bu alandaki güncel eğilimleri belirlemektir. Scopus veritabanında taranan bu sosyal bilim makalelerine ilişkin bibliyometrik bilgiler gelecekte konuyla ilgili araştırma yapmayı düşünen araştırmacılar için faydalı bilgiler sağlayacaktır. Sonuç olarak, sosyal bilimlerde dijital ikiz teknolojileriyle ilgili makalelerden elde edilen bibliyometrik bilgileri inceleyen bu araştırma, bu konuda bilgi edinmek isteyen okuyucuların ilgisini çekecektir.

### Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, Scopus veri tabanında dijital ikiz kavramı üzerine gerçekleştirilen dergi makalelerini incelemek ve bu konu üzerine yapılan araştırmaların seyrine ilişkin genel bir perspektif sunmaktır. Dijital ikiz kavramı üzerine yapılan araştırmaların eğilimini belirlemek için aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

Dijital ikiz ile ilgili yapılan araştırmalarda;

- Yıllara göre dağılım nedir?
- Önde gelen ülke ve kurumların dağılımı nasıldır?
- Önde gelen dergiler ve yazarlar hangileridir?
- En fazla atıf alan araştırmalar hangileridir?

- e. Ortak yazarlık ağı haritası nasıldır?
- f. Bibliyometrik anahtar kelime analizi nasıldır?
- g. Ortak atıf analizi haritası nasıldır?

## Yöntem

Bu araştırmada, dijital ikiz teknolojisine ilişkin araştırmaları incelemek için bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz, bilimsel çalışmaların ve bunların referans listelerinin analiz edilmesini içermekte, yazarların, akademik kurumların, bilimsel dergilerin, atıf sıklıklarının ve belirli araştırma alanlarına özgü anahtar kelimelerin mevcut durumları ve gelecekteki eğilimleri tahmin etmek için değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Zhang, Ni, Tan, Luo ve Wang, 2022). Bu analitik yöntemin temel amacı, bilimsel çalışmalar arasındaki ilişkileri sayısal olarak ifade ederek araştırmanın genel bir değerlendirmesini sağlamaktır (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey ve Lim, 2021; Tekin, Öztürk ve Bahar, 2021). Özellikle belirli çalışma alanlarının, atıflarda belgelenen kurumlar ve yayımlar ile bunların sıklığı ve bağlamı açısından değerlendirilmesi ile birlikte, mevcut koşulların ve gelecekteki beklentilerin anlaşılmasına yönelik önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

## Araştırmaların Belirlenmesi

Araştırma kapsamında analiz edilen çalışmaların belirlenmesi sürecinde bazı ölçütler kullanılmıştır. Bu ölçütler yayın yeri, tarih aralığı, anahtar kavramlar, konu alanı, doküman türü ve yayın dili olmak üzere altı kategoriye ayrılmıştır. Araştırmada incelenecek olan bilimsel araştırmaların belirlenmesindeki ilk ölçüt yayın yeridir. Araştırmada analiz edilen makaleler için Scopus veri tabanında yayınlanmış olma ölçütü kullanılmıştır. Tarih kriteri olarak ise 2023 yılından önce yayınlanmış olma kriteri belirlenmiştir. Üçüncü ölçüt kategorisinde tarama işlemi yapılırken “digital twin”, “digital twins”, “digital twin technology” ve “digital twin applications” anahtar kavramları kullanılmıştır. Bu işlem sırasında anahtar kavramlar mantıksal “OR” ve “AND” işlemleri (operatörü) kullanılarak birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Dördüncü ölçüt kategorisinde sosyal bilimler alanındaki araştırmalar analiz kapsamına alınmıştır. Beşinci ölçüt olan doküman türü kategorisinde ise dergi makaleleri inceleme kapsamına alınmıştır. Altıncı ve son ölçütte ise yalnızca İngilizce diliyle yazılmış olan araştırmalar analize dâhil edilmiştir. Araştırmaların belirlenmesine yönelik yapılan tüm bu ölçütlerin formüle edilmiş hali ise şu şekildedir:



“TITLE-ABS-KEY ( "digital twin" OR "digital twins" OR "digital twin technology" OR "digital twin applications" ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOC" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) )”

## **Verilerin Analizi**

Scopus veri tabanında yapılan tarama işlemi 02.05.2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan tarama işlemi neticesinde toplam 254 makaleye ulaşılmıştır. Makalelere ait bibliyometrik veriler CSV formatında dışa aktararak incelenmiştir. Araştırmanın verilerini analiz etmek ve görselleştirmek için VOSviewer sürüm 1.6.18, Microsoft Office Excel ve Tableau sürüm 2023.1 programlarından faydalanılmıştır. VOSviewer, esas olarak bibliyometrik verileri analiz etmek ve görselleştirmek için kullanılan açık kaynaklı bir yazılımdır. Bu yazılım, 2010 yılında Van Eck ve Waltman tarafından oluşturulmuş ve o zamandan beri bilimsel araştırmalar, bibliyometrik bilgiler ve çeşitli patentler gibi büyük veri kümelerini incelemek için kullanılmıştır. Bu yazılım, araştırmacıların büyük veri kümelerinden anlamlı iç görüler elde etmesini ve bu bulgulara dayalı bilimsel haritalar oluşturmasını sağlamaktadır (Van Eck ve Waltman, 2010; Van Eck ve Waltman, 2014; Waltman, Van Eck ve Noyons, 2010). Bu araştırmada, araştırma sorularını yanıtlamak için yapılan ağ analizleri VOSviewer programı kullanılarak gerçekleştirilirken araştırma ile ilgili diğer bibliyometrik veriler Microsoft Office Excel ve Tableau yazılım programları kullanılarak görselleştirilmiştir.

## **Araştırmanın Sınırlılıkları**

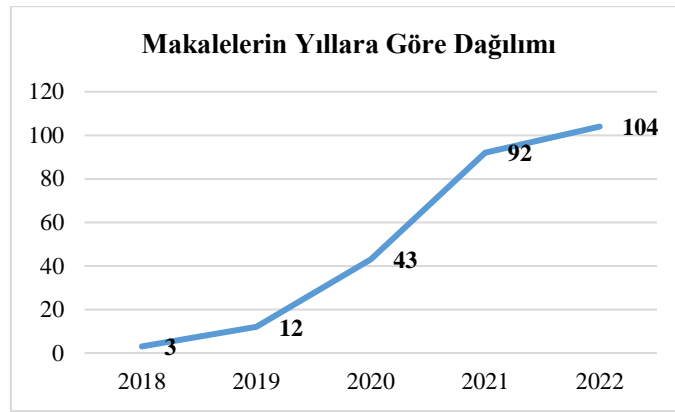
Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırma 2018-2022 yılları arasında Scopus veri tabanında yayınlanan toplam 254 dergi makalesi ile sınırlıdır. Araştırma 02.05.2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya 2023 yılında yayınlanan bilimsel makaleler dâhil edilmemiştir. Araştırma yalnızca sosyal bilimler alanında yer alan bilimsel makaleleri içermektedir.

## Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, sistematik inceleme sonucunda ulaşılan bilimsel makalelerin bibliyometrik veri analizinden elde edilen bulgular sunulmuştur. Araştırma sorularına ilişkin bulgular ilgili başlıklar altında analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.

### Makalelerin Yayın Yıllarına Göre Dağılımı

Dijital ikiz kavramı üzerine yapılan makalelerin yayın yıllarına göre dağılımı Şekil 1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Makalelerin Yıllara Göre Dağılımı

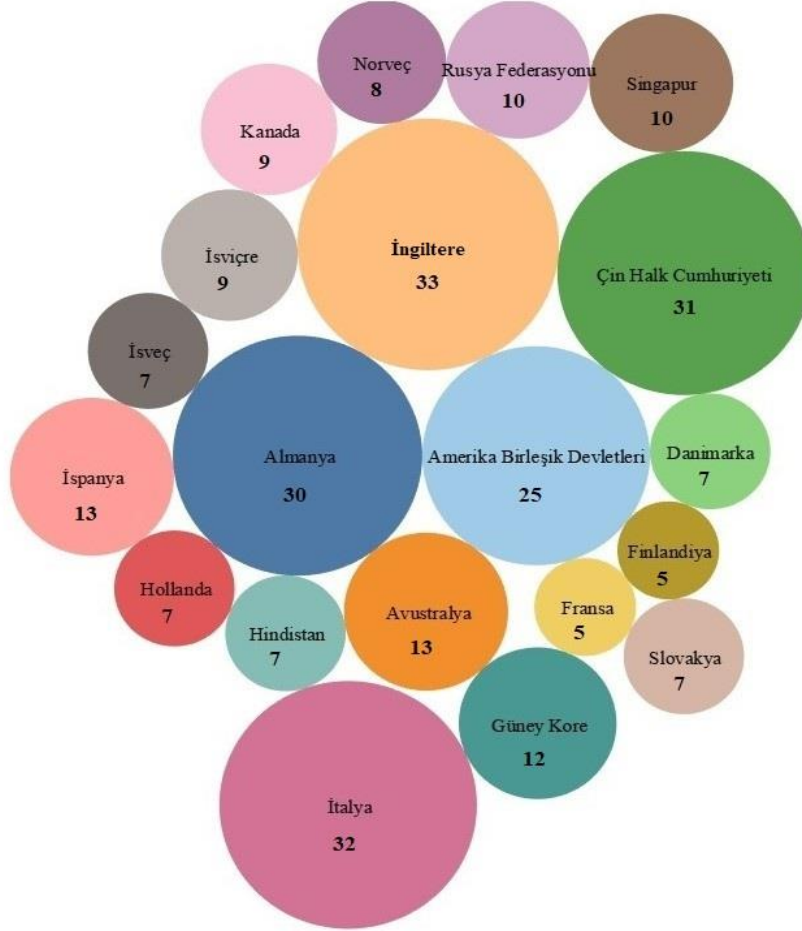
Şekil 1 incelendiğinde dijital ikiz ile ilgili bilimsel makalelerin sayısının yıllar içerisinde kararlı bir şekil artış gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre en fazla makalenin 2022 yılında en az makalenin ise 2018 yılında yayınlandığı görülmüştür.

### Makalelerin Önde Gelen Ülke ve Yayın Sayısına Göre Dağılımı

Araştırma kapsamında analiz edilen 254 makale 58 farklı ülkedeki araştırmacılar tarafından üretilmiştir. Araştırmada analiz edilen bu makalelerin önde gelen ülke ve yayın sayısına göre dağılım grafiklerine Şekil 2’de yer verilmektedir. Şekil 2, en az 5 bilimsel makalenin yayınlandığı 20 ülkeyi içermektedir. Bu ülkelere ait olan veriler Scopus veri tabanından indirilerek Tableau programı yardımıyla görselleştirilmiştir.

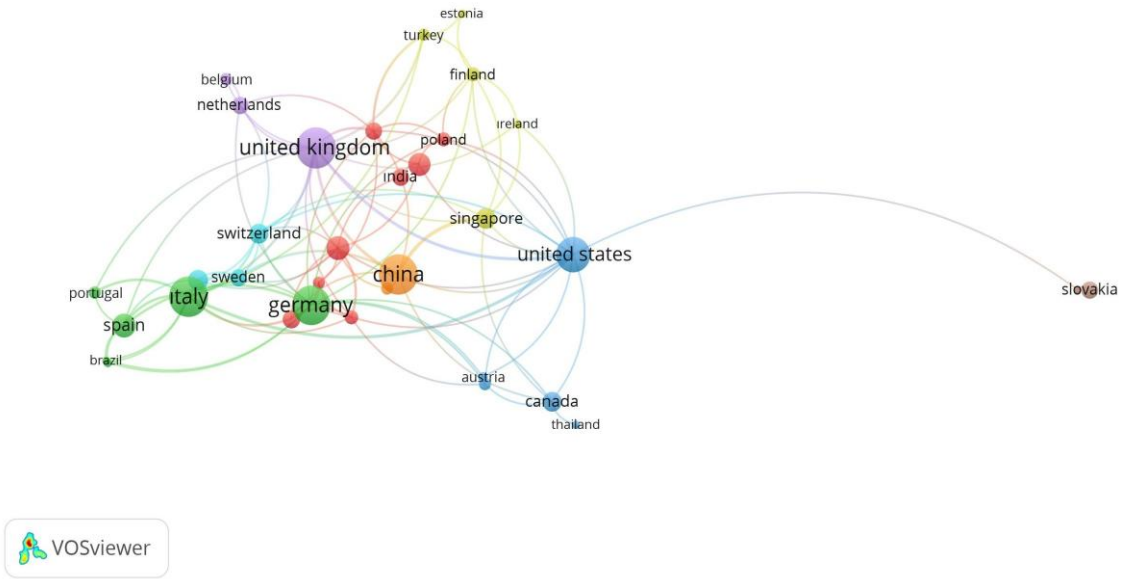
Şekil 2 incelendiğinde dijital ikiz kavramı üzerine en fazla bilimsel makale yayınlayan ülkenin İngiltere (33) ve İtalya (32) olduğu görülmektedir. Bu ülkeleri sırasıyla; 31 bilimsel makale ile Çin Halk Cumhuriyeti ve 30 bilimsel makale ile Almanya izlemektedir. Bilimsel makale sayısı bakımından dijital ikiz kavramı üzerine en fazla çalışma yapan diğer ülkeler ise

sırasıyla şu şekildedir: Amerika Birleşik Devletleri (25), Avustralya (13), İspanya (13), Güney Kore (12), Rusya Federasyonu (10), Singapur (10), Kanada (9), İsviçre (9), Norveç (8), Danimarka (7), Hindistan (7), Hollanda (7), Slovakya (7), İsveç (7), Finlandiya (5), Fransa (5).



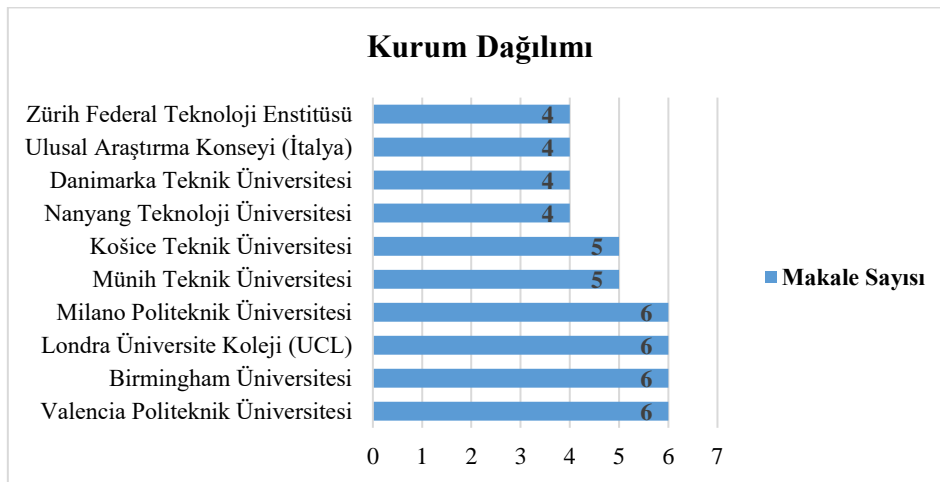
**Şekil 2.** Önde Gelen Ülke ve Yayın Sayısı

Dijital ikiz ile ilgili makale yazımında önde gelen ülkelerin ortak yazarlık ağ analizine ilişkin bilgiler Şekil 3'te sunulmaktadır. Ağ analizi gerçekleştirilirken analiz türü olarak ortak yazarlık, analiz birimi olarak ise ülke seçenekleri işaretlenmiştir. Bir ülkenin minimum belge sayısı 2, minimum atıf sayısı ise 3 olarak belirlenmiştir. 58 ülkeden 36'sının ise bu eşiği karşıladığı görülmüştür. Şekil 3 incelendiğinde mevcut ağda toplam 8 kümenin oluştuğu görülmektedir. Buna göre, öncü ülke olan İngiltere (Makale Sayısı= 33, Atıf Sayısı= 623), İtalya (MS=32, AS=538), Çin Halk Cumhuriyeti (MS=31, AS=457), Almanya (MS=30, AS=1625) ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (MS=25, AS=429) oluşan ağda ön planda oldukları ve bağlayıcı bir rol üstlendikleri görülmektedir.



**Şekil 3.** Önde Gelen Ülkelerin Ortak Yazarlık Ağ Analizi

Dijital ikiz teknolojileri alanında yapılan araştırmalara öncü olan kurumlara ilişkin bilgilere Şekil 4’te yer verilmektedir. Şekil 4, en fazla makale sayısına sahip olan ilk 10 kurumu içermektedir.



**Şekil 4.** Önde Gelen Kurumların Dağılım Şeması

Şekil 4’te sunulan bilgiler incelendiğinde dijital ikiz teknolojisi üzerine en fazla bilimsel araştırma yapan yükseköğretim kurumlarının Valencia Politeknik Üniversitesi (MS=6), Birmingham Üniversitesi (MS=6), Londra Üniversitesi Koleji (MS=6) ve Milano Politeknik Üniversitesi (MS=6) olduğu görülmüştür. Bu kurumları 5 makale ile Münih Teknik Üniversite ve Koşice Teknik Üniversitesi takip etmektedir. Bilimsel makale açısından en yüksek sayıya sahip olan diğer kurumlar ise sırasıyla şu şekildedir: Nanyang Üniversitesi (MS=4), Danimarka

Teknik Üniversitesi (MS=4), Ulusal Araştırma Konseyi (MS=4), Zürich Federal Teknoloji Enstitüsü (MS=4).

### Önde Gelen Dergiler ve Yazarlar

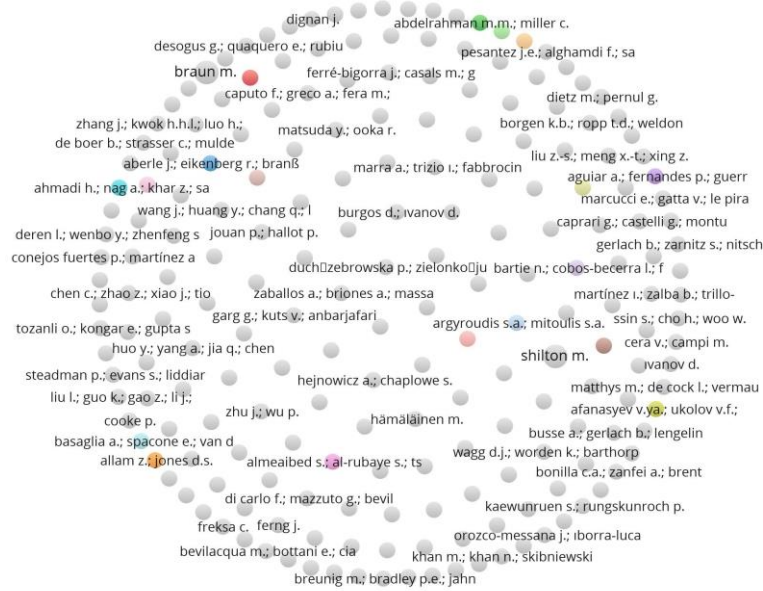
Araştırma kapsamında incelenen 254 bilimsel makalenin toplamda 113 farklı dergide yayımlandığı görülmektedir. Bu dergiler arasında 79 derginin yalnızca 1 makale yayınladığı, 175 makalenin ise 34 dergi arasında dağıldığı görülmektedir. Bu dağılıma göre, 17 derginin 2 yayını, 9 derginin 3 yayını, 1 derginin 4 yayını, 1 derginin 6 yayını, 1 derginin ise 8 yayını, 2 derginin 10 yayını, 2 derginin 11 yayını, 1 derginin ise 54 yayını olduğu tespit edilmiştir. Tablo 2’de yayın sayısı 3 ve üzeri olan 10 bilimsel derginin yayın sayısına göre sıralaması verilmiştir.

Tablo 2		
<i>Yayın ve atıf sayısına göre ilk 10 bilimsel dergi</i>		
<b>Dergiler</b>	<b>Makale Sayısı</b>	<b>Atıf Sayısı</b>
Sustainability Switzerland	54	1203
Water Switzerland	11	81
International Journal of Geographical Information Science	11	161
Journal of Digital Landscape Architecture	10	36
Sustainable Cities and Society	10	155
Frontiers in Built Environment	8	75
IEEE Communications Standards Magazine	6	89
ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems	4	37
Cities Journal	3	112
Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	3	127

Yayın ve atıf sayısına göre ilk 10 bilimsel derginin verildiği Tablo 2’ye göre, Sustainability Switzerland dergisi 54 bilimsel yayın ile ilk sırada bulunmaktadır. Bu dergiyi sırasıyla 11 yayın ile Water Switzerland ve International Journal of Geographical Information Science dergisinin takip ettiği görülmektedir. Journal of Digital Landscape Architecture ile Sustainable Cities and Society dergileri ise 10 yayın ile ilk sıralarda yer almaktadır. Diğer yandan, Frontiers in Built Environment (8), IEEE Communications Standards Magazine (6), ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems (4), Cities Journal (3) ve Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (3) dergileri ise en yüksek yayın sayısına sahip olan diğer bilimsel dergilerdir.

Dijital ikiz araştırmalarının incelendiği bu çalışmada 254 makalenin 252 yazar tarafından yayımlandığı tespit edilmiştir. Bu yazarlara ilişkin ortak yazarlık ağ analizi verileri Şekil 6’da gösterilmektedir. Yazarlara yönelik yapılan bu ağ haritası Vosviewer programı kullanılarak oluşturulmuştur. Ağ haritasının oluşturulması sürecinde analiz türü ortak yazarlık olarak

belirlenirken analiz birimi ise yazarlar şeklinde işaretlenmiştir. Burada bir yazar için en düşük belge ve atıf sayısı 1 olarak belirlenirken 252 yazardan 208'inin eşik kriterlerini karşıladığı görülmüştür.



Şekil 6. Toplam 208 Yazarın Ortak Yazarlık Ağ Analizi

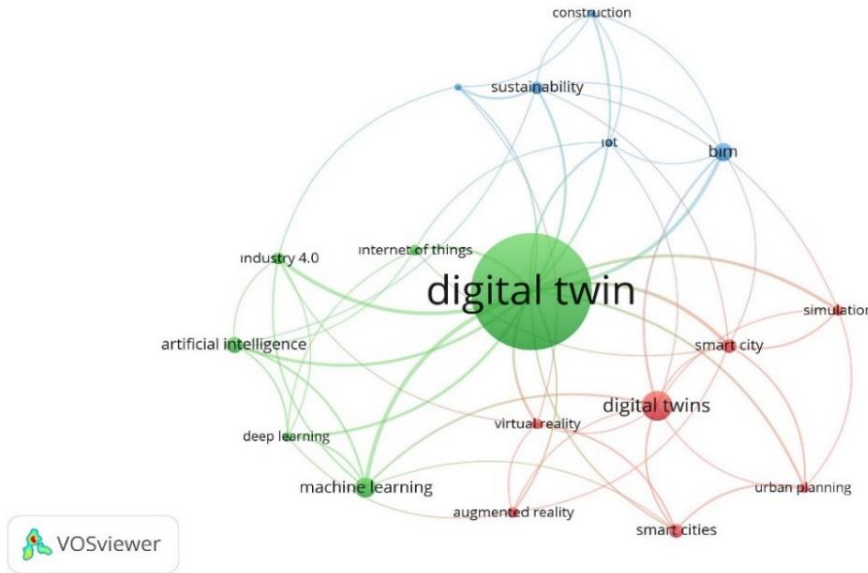
Toplam 208 yazarın ortak yazarlık ağ analizi sonuçlarının verildiği Şekil 6'ya göre, pek çok ortak yazarlık kümesinin oluştuğu görülmektedir. Buna göre, toplam makale ve atıf sayısına göre ön plana çıkan 15 yazarlara ilişkin bilgiler Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3			
Yayın ve atıf sayısına göre ilk 15 yazar			
Yazarlar	Kurum	Makale Sayısı	Atıf Sayısı
Dmitry Ivanov	Berlin School of Economics and Law	1	1042
Qinfei Min	Dalian University of Technology	1	186
Yangguang Lu	China Wanda Group Co. Ltd	1	186
Zhiyong Liu	Dalian University of Technology	1	186
Chao Su	Dalian University of Technology	1	186
Bo Wang	Lenovo Capital & Incubator Group	1	186
Fabian Demski	High-Performance Computing Center Stuttgart (HLRS)	1	140
Uwe Wössner	High-Performance Computing Center Stuttgart (HLRS)	1	140
Mike Letzgus	Fraunhofer IAO	1	140
Micheal Ruddat	University of Stuttgart	1	140
Claudia Yamu	University of Groningen	1	140
Chao Fan	Texas A&M University	1	124
Cheng Zhang	Texas A&M University	1	124
Alex Yahja	Episys Science Inc, Poway, CA	1	124
Ali Mostafavi	Texas A&M University	1	124

Yayın ve atıf sayılarına göre ilk 15 yazarın gösterildiği Tablo 3 incelendiğinde en yüksek atıf sayısına sahip olan yazarın Dmitry Ivanov olduğu belirlenmiştir. Onu sırasıyla Min Qinfei, Yangguang Lu, Zhiyong Liu, Chao Su ve Bo Wang'ın takip ettiği görülmektedir. Fabian Demski, Uwe Wössner, Mike Letzgus, Micheal Ruddat, Claudia Yamu, Chao Fan, Cheng Zhang, Alex Yahja ve Ali Mostafavi ise en yüksek atıf sayısına sahip olan diğer yazarlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ortak yazarlık ağ haritası incelendiğinde ise bu yazarların oluşturdukları ortak yazarlık kümeleri arasında bir bağlantının olmadığı görülmektedir.

### Dijital İkiz Makalelerindeki Eğilimler

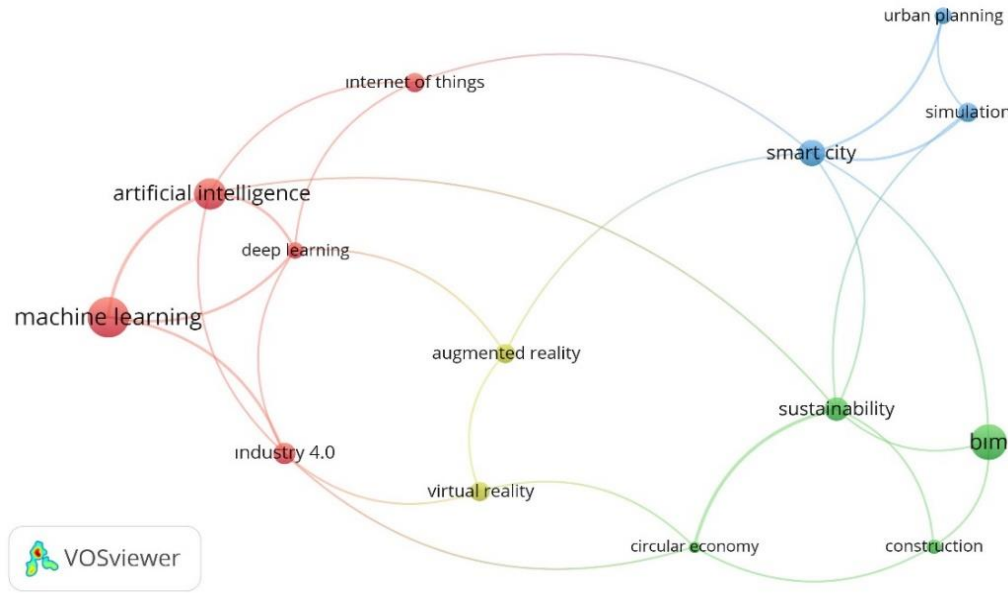
Araştırmanın bu aşamasında dijital ikiz üzerine yapılan bilimsel çalışmaların eğilimlerini belirlemek için yazar anahtar kelimelerinin eş oluşum analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre, yazarların anahtar kelime analizlerine ilişkin oluşturulan ağ haritasına Şekil 7'de yer verilmektedir. Ağ haritasının oluşturulmasında analiz türü olarak “eş oluşum” seçeneği işaretlenirken analiz birimi olarak ise “yazar anahtar kelime” seçeneği işaretlenmiştir. Bir anahtar kelimenin en düşük tekrar sayısı ise 5 olarak belirlenmiştir. Buna göre, toplam 988 anahtar kelimedenden 18'inin eşiği karşıladığı görülmüştür.



**Şekil 7.** Yazarların Anahtar Kelimelerinin Eş-Oluşum Haritası

Şekil 7'de eşiği karşılayan bu 18 anahtar kelimenin ortak yazarlı eş oluşum haritası gösterilmektedir. Bu aşamada dijital ikiz ile ilgili araştırmaların eğilimlerini belirlemek için “digital twin” ve “digital twins” anahtar kelimeleri ile tekrar eden anahtar kelimeler olan “İot”

ve “smart cities” kelimeleri eşiği aşan diğer anahtar kelimelerin arasından çıkarılmıştır. Buna göre, 14 anahtar kelimedenden oluşan ayrıntılı eş-oluşum haritasına Şekil 8’de yer verilmektedir.

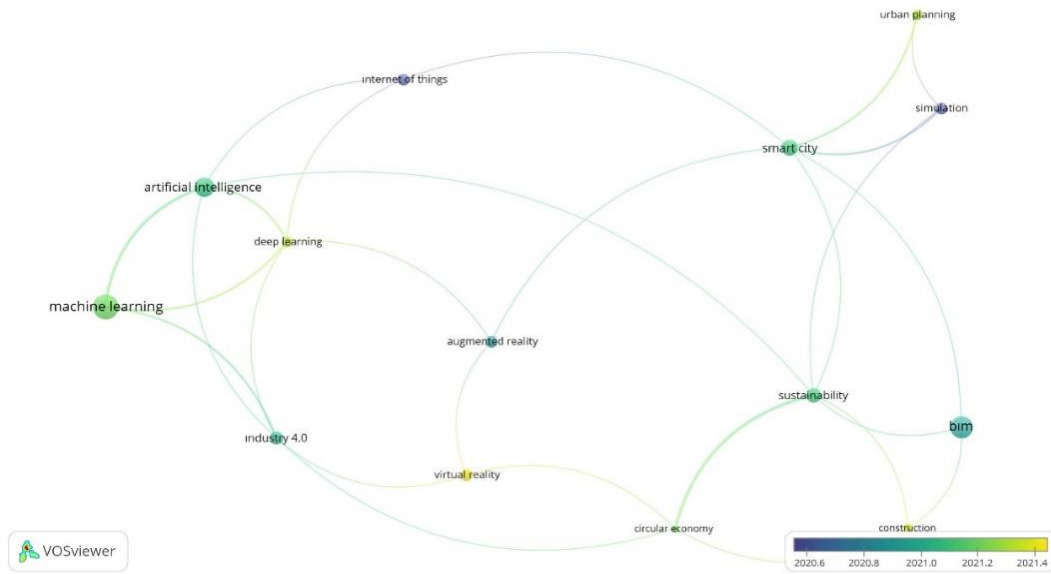


**Şekil 8.** Anahtar Kelimelerin Ayrıntılı Eş-Oluşum Haritası

Şekil 8’e bakıldığında, farklı renklere sahip 4 ayrı kümenin oluştuğu görülmektedir. Bu kümeler içerisinde bazı anahtar kelimelerin oluşum sayısı ile toplam bağlantı gücü sayısına göre ön plana çıktıkları tespit edilmiştir. Kırmızı kümede yer alan “makine öğrenmesi” (Oluşum Sayısı= 17, Bağlantı Sayısı= 22) ile yeşil küme içerisinde bulunan “yapı bilgi modellemesi-BİM” (OS= 15, BS= 16) örtüşme dereceleri bakımından en fazla ön plana çıkan anahtar kelimeler olmuştur. Ön plana çıkan diğer anahtar kelimelerden “akıllı şehir” (OS= 11, BS= 17) mavi kümede yer alırken, “sanal gerçeklik” (OS= 8, BS= 10) ise sarı kümede yer almaktadır.

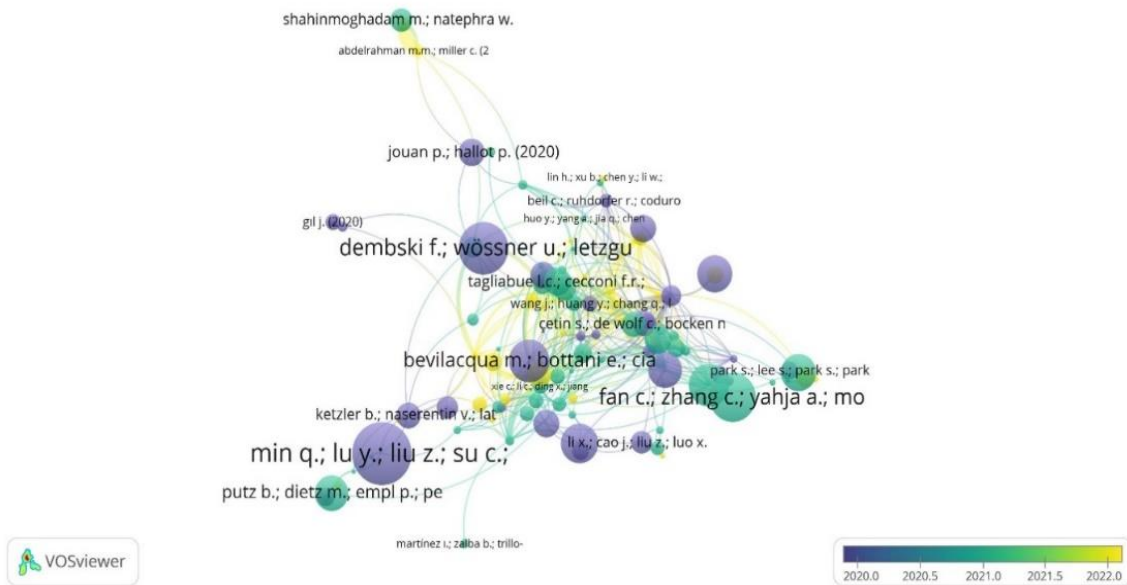
Şekil 9’da yazarların ayrıntılı eş-oluşum haritasında yer alan anahtar kelimelerin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir. Şekil 9 incelendiğinde 2020 yılının başlarında “nesnelerin interneti” ve “simülasyon” kavramları ön plana çıkarken aynı yılın sonunda “artırılmış gerçeklik” kavramının ön plana çıkmaya başladığı görülmüştür. Diğer yandan, 2021 yılının başlarında “endüstri 4.0”, “yapı bilgi modellemesi”, “akıllı şehir”, “yapay zekâ” ve “sürdürülebilirlik” anahtar kavramları öne çıkarken yılsonunda ise “derin öğrenme”, “makine öğrenmesi”, “döngüsel ekonomi”, “yapı” ve “sanal gerçeklik” kavramlarının ön plana çıkmaya başladığı belirlenmiştir.





**Şekil 9.** Yazarların Anahtar Kelime Eş-Oluşum Haritasının Yıllara Göre Dağılımı

Dijital ikiz ile ilgili yapılan araştırmaların ortak atıf analizini yapmak için bibliyometrik bağlantı analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analize ilişkin ağ haritası Şekil 10’da gösterilmektedir.



**Şekil 10.** Makalelerin Bibliyometrik Bağlantı Analizinin Yıllara Göre Dağılımı

Şekil 10’da gösterilen ağ haritasının oluşturulması sürecinde analiz türü bibliyometrik bağlantı olarak seçilirken analiz birimi ise dokümanlar olarak işaretlenmiştir. Bir dokümanın atıf sayısı 1 olarak belirlenirken toplamda 254 belgeden 209’unun bu eşiği karşıladığı görülmüştür. Şekil 10 incelendiğinde yayınlandıkları yıl açısından daha eski tarihli yayınların

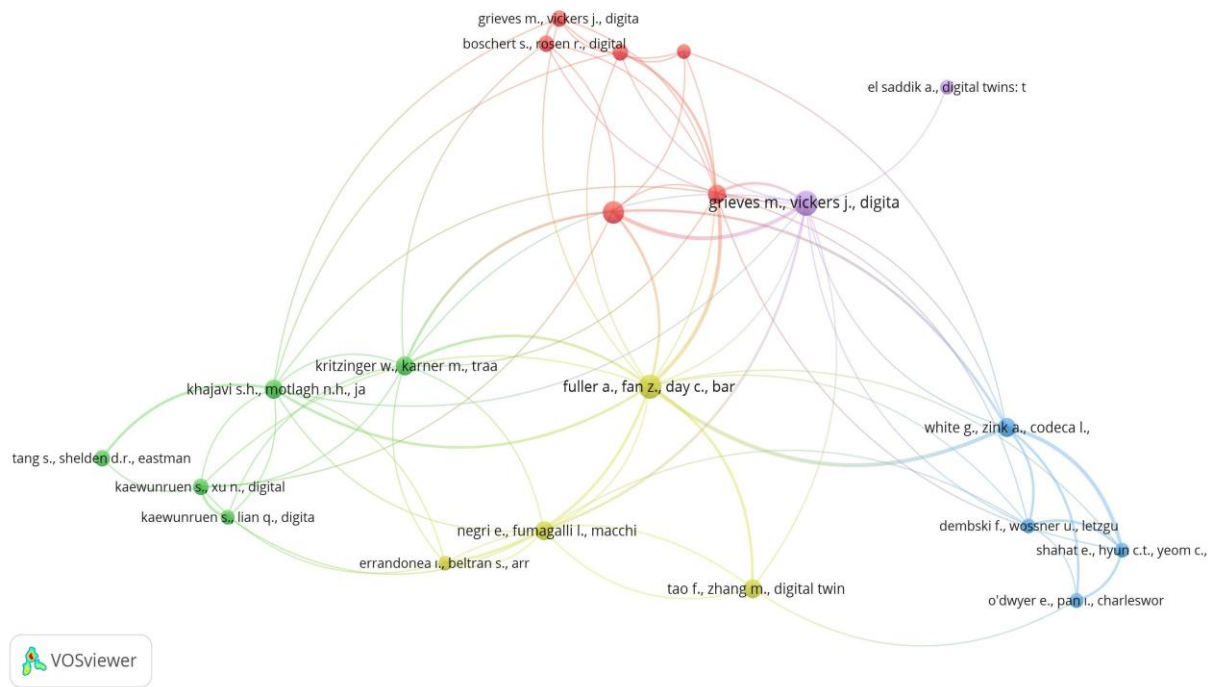
daha yüksek atıf sayısına sahip oldukları görülmüştür. Elde edilen bu sonucun beklenen bir bulgu olduğu söylenilebilir.

En fazla atıf sayısına sahip olan bilimsel makaleler Tablo 4'te sunulmaktadır. Tablo 4, atıf sayısı en düşük 90 olan toplam 8 makale hakkında bilgi vermektedir.

Tablo 4				
<i>Atıf sayısı 90 ve üzeri olan makaleler</i>				
Yazar/lar	Makale Başlığı	Yayın Yılı	Dergi Adı	Atıf Sayısı
İvanov, D.	Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case	2020	Transportation Research, Part E: Logistics and Transportation Review	1042
Min, Q., Lu, Y., Liu, Z., Su, C., Wang, B.	Machine Learning based Digital Twin Framework for Production Optimization in Petrochemical Industry	2019	International Journal of Information Management	186
Dembski, F., Wössner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., Yamu, C.	Urban digital twins for smart cities and citizens: The case study of herrenberg, germany	2020	Sustainability (Switzerland)	140
Fan, C., Zhang, C., Yahja, A., Mostafavi, A.	Disaster City Digital Twin: A vision for integrating artificial and human intelligence for disaster management	2021	International Journal of Information Management	124
Burgos, D., Ivanov, D.	Food retail supply chain resilience and the COVID-19 pandemic: A digital twin-based impact analysis and improvement directions	2021	Transportation Research, Part E: Logistics and Transportation Review	119
White, G., Zink, A., Codecá, L., Clarke, S.	A digital twin smart city for citizen feedback	2021	Cities Journal	100
Bevilacqua, M., Bottani, E., Ciarapica, F. E., Tronci, M., Vignali, G.	Digital twin reference model development to prevent operators' risk in process plants	2020	Sustainability (Switzerland)	100
Schrotter, G., Hürzeler, C.	The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning	2020	Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science	99

Tablo 4 incelendiğinde en yüksek atıf sayısına sahip olan çalışmanın Dimitry İvanov (2020) tarafından yazılan bilimsel çalışma olduğu tespit edilmiştir. Onu sırasıyla; Min, Lu, Liu, Su ve Wang (2019) tarafından yapılan çalışma ile Dembski, Wössner, Letzgus, Ruddat ve Yamu (2020) tarafından yapılan çalışmanın takip ettiği görülmüştür.

Araştırma kapsamında incelenen makalelerin ortak atıf analizi haritasına ilişkin görselleştirmeye Şekil 11'de yer verilmiştir.



**Şekil 11.** Makalelerin Ortak Atıf Analizine İlişkin Ağ Haritası

Yapılan ağ analizinin oluşturulmasında analiz türü olarak ortak atıf seçeneği, analiz birimi olarak ise atıf gösterilen referanslar seçilmiştir. Bir referans minimum 4 atıf ile sınırlandırılmıştır. Atıf yapılan toplam 11811 referans içinden 24 tanesinin ise eşik kriterlerini karşıladığı görülmüştür. Bu sayı Vosviewer programının görselleştirme önerisi üzerine 21'e indirilmiştir.

Dijital ikiz üzerine gerçekleştirilen makalelerin ortak atıf analizine ilişkin görselleştirmenin verildiği Şekil 11 incelendiğinde toplamda 5 kümenin var olduğu görülmektedir. Bu kümeler içerisinde yer alan araştırmalar arasında toplam bağlantı gücü en yüksek olan araştırmacının Fuller vd. (2020) tarafından yapılan “Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research” başlıklı çalışmanın olduğu belirlenmiştir. En yüksek atıf sayısına sahip olan araştırmacının ise Grieves ve Vickers (2016) tarafından yapılan “Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems” başlıklı çalışmanın olduğu görülmüştür.

## Sonuç ve Tartışma

Araştırma sonucunda dijital ikiz teknolojisi üzerine yapılan bilimsel araştırmaların sayısının yıllar içerisinde istikrarlı bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Alanyazın incelendiğinde benzer bulgular elde eden başka bilimsel araştırmaların da olduğu görülmektedir (Agnusdei, Elia ve Gnoni, 2021; Bhandal, Meriton, Kavanagh ve Brown, 2022; Ciano, Pozzi, Rossi ve Strozzi, 2021; Gao, Wang, Dong, Liu, Cui, Ma ve Zhao, 2022; Hosamo, Imran, Cardenas-Cartenega, Svennevig, Svidt ve Nielson, 2022; Ji, Huang ve Xu, 2022; Li, Shen, Cheng, Yuan ve Huang, 2022).

Dijital ikiz teknolojisi ile ilgili yayınlanan 254 makalenin 58 farklı ülkedeki araştırmacılar tarafından üretildiği belirlenmiştir. Araştırma kapsamında analiz edilen makalelerin önde gelen ülke ve yayın sayısına göre dağılımları incelendiğinde en fazla bilimsel yayın üreten ülkenin 33 yayınlı İngiltere olduğu ve onu 32 yayınlı İtalya'nın takip ettiği tespit edilmiştir. Çin Halk Cumhuriyeti (31), Almanya (30) ve Amerika Birleşik Devletlerinin (25) ise diğer önde gelen ülkeler arasında olduğu görülmüştür. Elde edilen bulguya benzer bir bulgu Hâkimi, Liu ve Abudayyeh (2023) tarafından elde edilmiştir. Hâkimi vd. (2023) yapmış oldukları araştırmada, dijital ikiz ile ilgili en fazla araştırmanın yapıldığı ülkenin İngiltere olduğunu, onu sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, İtalya, Avustralya, Çin Halk Cumhuriyeti ve Almanya'nın izlediğini tespit etmişlerdir.

Dijital ikiz kavramı üzerine en fazla bilimsel araştırma üreten kurumların Valencia Politeknik Üniversitesi, Londra Üniversitesi Koleji (UCL), Milano Politeknik Üniversitesi ve Koşice Teknik Üniversitesi olduğu belirlenmiştir. Doküman sayısı bakımından önde gelen diğer kurumlar ise sırasıyla; Nanyang Üniversitesi, Danimarka Teknik Üniversitesi, Ulusal Araştırma Konseyi ve Zürih Federal Teknoloji Enstitüsü olmuştur. Alanyazın incelendiğinde bu bulguya benzer başka bir bulguya rastlanmamıştır. Bunun nedeni, bu araştırmanın sosyal bilimler alanında yer alan dijital ikiz araştırmaları üzerinde yürütülmesi olabilir.

Dijital ikiz teknolojisi üzerine gerçekleştirilen 254 bilimsel makalenin toplamda 113 farklı dergide yayımlandığı belirlenmiştir. Buna göre, Sustainability Switzerland dergisi 54 bilimsel çalışma ile ilk sırada yer alırken bu dergiyi 11 bilimsel çalışma ile Water Switzerland ve International Journal of Geographical Information Science dergilerinin izlediği tespit edilmiştir. Atıf sayısı bakımından yine Sustainability Switzerland (1203) dergisinin ilk sırada yer alırken onu sırasıyla; International Journal of Geographical Information Science (161) ile Sustainable Cities and Society (155) dergilerinin takip ettiği görülmüştür. Bu araştırmada ilk

sırada yer alan Sustainability dergisinin ise Li vd. (2022)'nin yapmış olduğu araştırmada beşinci sırada yer aldığı görülmüştür.

Araştırmada en fazla atıf sayısına sahip olan araştırmacınının 1042 atıfla Dmitry Ivanov olduğu bu araştırmacıyı ise 186 atıf sayısı ile Min Qinfei, Yangguang Lu, Zhiyong Liu, Chao Su ve Bo Wang'ın takip ettiği tespit edilmiştir. Atıf sayısı açısından önde gelen diğer araştırmacıların ise Fabian Demski, Uwe Wössner, Mike Letzgus, Micheal Ruddat, Claudia Yamu, Chao Fan, Cheng Zhang, Alex Yahja ve Ali Mostafavi olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Bhandal vd. (2022)'nin gerçekleştirmiş olduğu araştırmada da Ivanov ve Lu en fazla atıf sayısına sahip yazarlar arasında yer almıştır.

Dijital ikiz teknolojisi üzerine gerçekleştirilen çalışmaların eğilimlerini tespit etmek için yazarların anahtar kelimelerinin eş-oluşum haritası, bibliyometrik bağlantı analizi ve ortak atıf ağ analizleri yapılmıştır. Buna göre, yazarların anahtar kelimelerinin ayrıntılı eş-oluşum analizi sonuçlarına bakıldığında, öne çıkan anahtar kelimelerin “makine öğrenmesi”, “yapı bilgi modellemesi”, “akıllı şehir”, “sanal gerçeklik” ve “yapay zekâ” olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, bu anahtar kelimelerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde 2020 yılının başlangıcında “nesnelerin interneti” ve “simülasyon” anahtar kelimelerinin öne çıktığı, ancak aynı yılın sonunda “artırılmış gerçeklik” kavramının ön plana çıkmaya başladığı belirlenmiştir. Benzer şekilde 2021 yılının başlarında “endüstri 4.0”, “yapı bilgi modellemesi”, “akıllı şehir”, “yapay zekâ” ve “sürdürülebilirlik” anahtar kelimeleri ön plana çıkarken yılsonuna doğru “derin öğrenme”, “makine öğrenmesi”, “döngüsel ekonomi”, “yapı” ve “sanal gerçeklik” anahtar kelimelerinin ön plana çıkmaya başladığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara benzer bir bulgu Ciano, Pozzi, Rossi ve Strozzi (2021) tarafından bulunmuştur. Ciano vd. (2021), dijital ikiz destekli akıllı endüstriyel sistemler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, yapay zeka ve simülasyon anahtar kelimelerinin araştırmaların odak noktası haline geldiğini belirlemişlerdir.

Dijital ikiz konusunda yazılan makalelerin bibliyometrik bağlantı analizinin yıllara göre dağılımları incelenmiştir. Elde edilen bulgular günümüze daha yakın bir zaman diliminde yayınlanmış olan çalışmaların eski tarihli çalışmalara göre daha az atıf sayısına sahip olduğunu göstermiştir. Bu durum son derece beklenen bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmada atıf sayısı en yüksek olan makaleler sorgulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek atıf sayısına sahip olan bilimsel çalışmaların sırasıyla; Transportation Research, Part E: Logistics and Transportation Review, International Journal of Information

Management, Sustainability (Switzerland), Cities Journal ve Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science dergilerinde yayımlandıkları görülmüştür.

Son olarak makalelerin ortak atıf analizine yönelik ağ haritası incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda 5 kümenin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu kümeleri oluşturan araştırmalar arasında toplam bağlantı gücü en yüksek olan araştırmanın Fuller vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen “Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research” başlıklı çalışma olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra en yüksek atıf sayısına sahip olan bilimsel araştırmanın ise Grieves ve Vickers (2016)’in “Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems” başlıklı çalışması olduğu görülmüştür.

### Öneriler

Araştırma sonucunda elde edilen bulgulardan yola çıkılarak bazı önerilerde bulunulmuştur. Dijital ikiz teknolojisine odaklanan bu çalışmada, bu alanda araştırma yapan öncü ülke ve kurumların yanı sıra en çok atıf alan yazar ve makaleler, en çok yayın yapan bilimsel dergiler ve en çok atıf alan kaynaklar incelenmiştir. Dolayısıyla bu sonuçlar, dijital ikizler konusunda yeni bilimsel araştırmalar yapmak isteyen araştırmacılar için önemli iç görüler sağlamaktadır. Bu kapsamda araştırmacılara çeşitli öneriler sunulmuştur:

1. Bu araştırmada dikkate alınmayan metodolojik değişkenler gelecekteki çalışmalarda araştırılabilir.
2. Sosyal ve beşeri bilimlerde dijital ikiz uygulamalarının kullanımı üzerine yeni bilimsel araştırmalar yapılabilir.
3. Dijital ikiz teknolojilerinin kullanımıyla bireylerin sosyal hayatlarında artan sürdürülebilirlik kavramının toplumu nasıl etkilediğini tespit etmek için yeni bilimsel araştırmalar yapılabilir.

### Kaynakça

- Agnusdei, G. P., Elia, V., & Gnoni, M. G. (2021). Is digital twin technology supporting safety management? A bibliometric and systematic review. *Applied Sciences*, 11(6), 2767. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11062767>
- Ante, L. (2021). Digital twin technology for smart manufacturing and industry 4.0: A bibliometric analysis of the intellectual structure of the research discourse. *Manufacturing Letters*, 27, 96-102. DOI: 10.1016/J.MFGLET.2021.01.003
- Aynacı, İ. (2020). Dijital ikiz ve sağlık uygulamaları. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 70-82. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ikacuiibfd/issue/54124/710591> Erişim tarihi: 15.04.2023
- Baghalzadeh Shishehgarhaneh, M., Keivani, A., Moehler, R. C., Jelodari, N., & Roshdi Laleh, S. (2022). Internet of things (iot), building information modeling (bim), and digital twin (dt) in construction industry: A review, bibliometric, and network analysis. *Buildings*, 12(10), 1503. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12101503>
- Bevilacqua, M., Bottani, E., Ciarapica, F. E., Costantino, F., Di Donato, L., Ferraro, A., ... & Vignali, G. (2020). Digital twin reference model development to prevent operators' risk in process plants. *Sustainability*, 12(3), 1088. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12031088>
- Bhandal, R., Meriton, R., Kavanagh, R. E., & Brown, A. (2022). The application of digital twin technology in operations and supply chain management: A bibliometric review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 27(2), 182-206. DOI: 10.1108/SCM-01-2021-0053
- Burgos, D., & Ivanov, D. (2021). Food retail supply chain resilience and the COVID-19 pandemic: A digital twin-based impact analysis and improvement directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 152, 102412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102412>
- Cai, Y., Starly, B., Cohen, P., & Lee, Y. S. (2017). Sensor data and information fusion to construct digital-twins virtual machine tools for cyber-physical manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 10, 1031–1042. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.094
- Ciano, M. P., Pozzi, R., Rossi, T., & Strozzi, F. (2021). Digital twin-enabled smart industrial systems: A bibliometric review, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(7-8), 690-708. DOI: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1852600>

- Costello, K., & Omale, G. (2019). *Gartner survey reveals digital twins are entering mainstream use*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20-gartner-survey-reveals-digital-twins-are-entering-mainstream-use> Erişim tarihi: 15.04.2023
- Dambrot, S. M., Kerchove, D., Flammini, F., Kinsner, W., MacDonald Glenn, L., & Saracco, R. (2018). *IEEE Symbiotic autonomous systems white paper II*. <https://digitalreality.ieee.org/images/files/pdf/SAS-WP-II-2018-Finalv3.2.pdf> Erişim tarihi: 24.04.2023
- David, J., Lobov, A., & Lanz, M. (2018). Leveraging digital twins for assisted learning of flexible manufacturing systems. *Proceedings of the 16th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 529-535, Portugal. DOI: 10.1109/INDIN.2018.8472083
- Dembski, F., Wössner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., & Yamu, C. (2020). Urban digital twins for smart cities and citizens: The case study of Herrenberg, Germany. *Sustainability*, 12(6), 2307. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062307>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>.
- Erturan, İ. ve Ergin, E. (2018). Dijital denetim ve dijital ikiz yöntemi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), 810-830. DOI: 10.31460/mbdd395261
- Fan, C., Zhang, C., Yahja, A., & Mostafavi, A. (2021). Disaster city digital twin: A vision for integrating artificial and human intelligence for disaster management. *International Journal of Information Management*, 56, 102049. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102049>
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technology, challenges and open research. *IEEE Access*, 8, 108952-108971 DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2998358
- Gao, C., Wang, J., Dong, S., Liu, Z., Cui, Z., Ma, N., & Zhao, X. (2022). Application of digital twins and building information modeling in the digitization of transportation: A bibliometric review. *Applied Sciences*, 12(21), 11203. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122111203>
- Grieves, M. (2006). *Product lifecycle management: Driving the next generation of lean thinking*. New York: McGraw-Hill Education.



- Grieves, M. (2014). Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. *White Paper*, 1, 1-7. [https://www.researchgate.net/publication/275211047\\_Digital\\_Twin\\_Manufacturing\\_Excellence\\_through\\_Virtual\\_Factory\\_Replication/citations](https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication/citations) Erişim tarihi: 15.04.2023
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In Kahlen, J., Flumerfelt, S., & Alves, A. (Ed.), *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems* (pp. 85-113). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4)
- Haag, S., & Anderl, R. (2018). Digital twin—proof of concept. *Manufacturing Letters*, 15, 64-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.02.006>
- Hakimi, O., Liu, H., & Abudayyeh, O. (2023). Digital twin-enabled smart facility management: A bibliometric review. *Frontiers of Engineering Management*, 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42524-023-0254-4>
- Hosamo, H. H., Imran, A., Cardenas-Cartagena, J., Svennevig, P. R., Svidt, K., & Nielsen, H. K. (2022). A review of the digital twin technology in the aec-fm industry. *Advances in Civil Engineering*, 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/2185170>
- Houten, H. V. (2018). *How a virtual heart could save your real one*. <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/blogs/innovation-matters/20181112-how-a-virtual-heart-could-save-your-real-one.html> Erişim tarihi: 29.04.2023
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>
- Ji, T., Huang, H., & Xu, X. (2022). Digital Twin Technology-A bibliometric study of top research articles based on Local Citation Score. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 390-408. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.016>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group in Acatech National Academy of Science and Engineering*, 1-82. <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/> Erişim tarihi: 30.04.2023

- Kim, S. Y., Shin, B. S., & Choi, H. (2019). Virtual reality based education with mobile device platform. *Mobile Information Systems*, 1, 1. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/6971319>
- Kinsner, W. (2021). Digital Twins for Personalized Education and Lifelong Learning. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE-2021)*, 1-6, Canada. DOI: 10.1109/CCECE53047.2021.9569178
- Kitain, L. (2018). *Digital twin - the new age of manufacturing*. <https://medium.com/datadriveninvestor/digital-twin-the-new-age-of-manufacturing-d964eeba3313> Erişim tarihi: 23.03.2023
- Kocabay, İ. V. (2019). Dijital ikizler gömülü gerçek zamanlı üretim yürütme sistemi tasarımı: kitlesel özelleştirme ile üretim yapan bir firmada uygulama. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Krüger, S., & Borsato, M. (2019). Developing knowledge on digital manufacturing to digital twin: A bibliometric and systemic analysis. *Procedia Manufacturing*, 38, 1174-1180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.207>
- Kumar, S., Bongale, A., Patil, S., Bongale, A. M., Kamat, P., & Kotecha, K. (2020). Demystifying artificial intelligence based digital twins in manufacturing: A bibliometric analysis of trends and techniques. *Library, Philosophy and Practice*, 1-21. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/4541> Erişim tarihi: 15.04.2023
- Li, X., Shen, Y., Cheng, H., Yuan, F., & Huang, L. (2022). Identifying the development trends and technological competition situations for digital twin: A bibliometric overview and patent landscape analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-24. DOI: 10.1109/tem.2022.3166794
- Madni, A. M., Madni, C. C., & Lucero, S. D. (2019). Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering. *Systems*, 7(1), 7. DOI: 10.3390/SYSTEMS7010007
- Mahmoud, A. S., & Hemdan, E. E. (2021). Digital twins concepts, challenges, and future trends. In M. Del Giudice & A. Osello (Ed.), *Handbook of Research on Developing Smart Cities Based on Digital Twins* (pp. 48-60). IGI Global. DOI: <https://doi-org.offcampus.anadolu.edu.tr/10.4018/978-1-7998-7091-3.ch003>
- Marr, B. (2017). *What is digital twin technology - And why is it so important?* <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/#4d67dd832e2a> Erişim tarihi: 28.04.2023
- Min, Q., Lu, Y., Liu, Z., Su, C., & Wang, B. (2019). Machine learning based digital twin framework for production optimization in petrochemical industry. *International*

- Journal of Information Management*, 49, 502-519. DOI: doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.020
- Moiceanu, G., & Paraschiv, G. (2022). Digital twin and smart manufacturing in industries: A bibliometric analysis with a focus on industry 4.0. *Sensors*, 22(4), 1388. DOI: 10.3390/s22041388
- Naderi, H., & Shojaei, A. (2022). Civil infrastructure digital twins: multi-level knowledge map, research gaps, and future directions. *IEEE Access*, 10, 122022-122037. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3223557
- National Aeronautics and Space Administration-NASA (2010). *Technology area 12: Materials, structures, mechanical systems and manufacturing road map*. [https://www.nasa.gov/pdf/501625main\\_TA12-MSMSM-DRAFT-Nov2010-A.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/501625main_TA12-MSMSM-DRAFT-Nov2010-A.pdf)  
Erişim tarihi: 07.05.2023
- Negri, E., Fumagalli, L., & Macchi, M. (2017). A review of the roles of digital twin in cps-based production systems. *Procedia Manufacturing*, 11, 939–948. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.198
- Özen, A. ve Gürel, F. N. (2020). Kamu denetiminde dijital dönüşüm: Dijital ikiz yöntemi. *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1), 16-23. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1029335> Erişim tarihi: 23.04.2023
- Puri, D. (2017). *Oracle's digital twins implifies design process for complex iot systems*. <https://www.networkworld.com/article/3235962/oracles-digital-twin-simplifies-design-process-for-complex-iot-systems.html> Erişim tarihi: 30.04.2022
- Rosen, R., Von Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2015). About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 567–572. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.141
- Schleich, B., Anwer, N., Mathieu, L., & Wartzack, S. (2017). Shaping the digital twin for design and production engineering. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(1), 141–144. DOI: 10.1016/j.cirp.2017.04.040
- Schrotter, G., & Hürzeler, C. (2020). The digital twin of the city of zurich for urban planning. *PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(1), 99-112. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00092-2>
- Sheuly, S. S., Ahmed, M. U., & Begum, S. (2022). Machine-learning-based digital twin in manufacturing: A bibliometric analysis and evolutionary overview. *Applied Sciences*, 12(13), 6512. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12136512>

- Sun, J., Tian, Z., Fu, Y., Geng, J., & Chunli L. (2020). Digital twins in human understanding: A deep learning-based method to recognize personality traits, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(7-8), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1757155>
- Suthar, B., Bongale, A., & Kumar, S. (2021). Three degrees of freedom robotic arm and its digital twin using simulink - A bibliometric analysis. *Library Philosophy and Practice*, 5873, 1-36. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5873/> Erişim tarihi: 20.04.2023
- Şahinaslan, E. (2020). Endüstri 4.0 dönüşümünde öne çıkan teknolojiler. Turgay Seçkin (Ed.). *Fen Bilimleri ve Matematik Alanında Akademik Çalışmalar içerisinde*, 61-79. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Tamer, H. Y. ve Övgün, B. (2020). Yapay zekâ bağlamında dijital dönüşüm ofisi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 75(2), 775-803. DOI: 10.33630/ausbf.691119
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94 (9–12), 3563–3576. DOI:10.100700170-017-0233-1
- Tekin, M., Öztürk, D. ve Bahar, İ. (2021). Tersine lojistiğin bibliyometrik analizi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 87-100. DOI: 10.52791/aksarayiibd.899935
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Ed.), *Measuring Scholarly Impact* (pp. 285-320). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-10377-8\_13
- Vrabic, R., Erkoyuncu, J. A., Butala, P., & Roy, R. (2018). Digital twins: Understanding the added value of integrated models for through-life engineering services. *Procedia Manufacturing*, 16, 139-146. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.10.167
- Wang, J., Li, X., Wang, P., & Liu, Q. (2022). Bibliometric analysis of digital twin literature: A review of influencing factors and conceptual structure. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1-15. DOI: 10.1080/09537325.2022.2026320
- Warke, V., Kumar, S., Bongale, A., & Kotecha, K. (2021). Sustainable development of smart manufacturing driven by the digital twin framework: A statistical analysis. *Sustainability*, 13(18), 10139. DOI: <https://doi.org/10.3390/su131810139>

- Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Goreck, D., & Zühlke, D. (2016). Future modeling and simulation of cps-based factories: An example from the automotive industry. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 97–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.168>
- White, G., Zink, A., Codecá, L., & Clarke, S. (2021). A digital twin smart city for citizen feedback. *Cities*, 110, 103064. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103064>
- Zhang, J. H., Ni, S. Y., Tan, Y. T., Luo, J., & Wang, S. (2022). A bibliometric analysis of PIN1 and cell death. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 2164. DOI: [10.3389/fcell.2022.1043725](https://doi.org/10.3389/fcell.2022.1043725).
- Zheng, Y., Yang, S., & Cheng, H. (2019). An application framework of digital twin and its case study. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10, 1141-1153. DOI: [10.1007/S12652-018-0911-3](https://doi.org/10.1007/S12652-018-0911-3)

### **İnternet Kaynakları**

- Web1 URL: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-digital-twin-market>,  
Erişim tarihi: 21.04.2023

## Yazarlar Hakkında

### Gökhan ALPTEKİN



Gökhan ALPTEKİN, Eskişehir’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladı. İlk lisans eğitimine 2012 yılında Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Radyo, Televizyon ve Sinema bölümünde başlarken, ikinci lisans eğitimine ise 2014 yılında Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Uluslararası İlişkiler bölümünde başladı. Sırasıyla 2016 yılında Ege Üniversitesi’nden, 2018 yılında ise Anadolu Üniversitesi’nden mezun olarak lisans dereceleri aldı. 2018 yılında Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İletişim Bilimleri Anabilim Dalı’nda tezli yüksek lisans eğitimine başladı. 2020 yılında buradan mezun olarak bilim uzmanı oldu. 2021 yılında Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uzaktan Eğitim Anabilim Dalı’nda doktora eğitimine başladı. Halen doktora eğitimini sürdürmektedir Aynı zamanda Bilimsel Araştırma Projelerinde (BAP) araştırmacı olarak çalışmaktadır. **Akademik ilgi alanları:** Uzaktan Eğitim, Açık ve Uzaktan Öğrenme, Eğitim Teknolojileri, Yapay Zekâ, Sanal Gerçeklik, İletişim Bilimleri, İletişim Sosyolojisi, Siyasal İletişim, Kuşak Araştırmaları.

**Posta adresi:** Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yunusemre Kampsü, 26470, Eskişehir.

**E-posta:** gkhn.alptekin@gmail.com / gokhanalptekin@anadolu.edu.tr

**URL1:** <https://www.researchgate.net/profile/Goekhan-Alptekin>

**URL2:** <https://independent.academia.edu/GAlptekin>

**URL3:** <https://scholar.google.com/citations?user=s9FbI-QAAAAJ&hl=en>

### Deniz TÜRKMEN



Öğr. Gör. Deniz TÜRKMEN, lisans eğitimini 2007 yılında Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi İngilizce Öğretmenliği alanında, yüksek lisans eğitimini ise 2010 yılında Anadolu Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü İngilizce Öğretmenliği alanında tamamlamıştır. 2007- 2021 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığına bağlı Anadolu Öğretmen Lisesi ve proje okullarında İngilizce öğretmenliği yapmış; TÜBİTAK ve Erasmus proje koordinatörlükleri yapmış ve çeşitli konularda projeler yürütmüştür. 2021 yılından bu yana Eskişehir Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulu’nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta olup, Havacılık İngilizcesi, İş İngilizcesi ve Genel İngilizce dersleri vermektedir. Aynı zamanda Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uzaktan Eğitim Anabilim Dalı’nda doktora eğitimine devam etmektedir. **Akademik ilgi alanları:** Açık ve Uzaktan Öğrenme, Dijital Okuryazarlık, 21. yy. Becerileri ile Dil Öğretimi, E-Öğrenme, Yapay Zekâ, Eğitim Teknolojileri.

**Posta adresi:** Eskişehir Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulu İki Eylül Kampüsü, 26555, Eskişehir.

**E-posta:** denizalptekin@gmail.com / denizturkmen@eskisehir.edu.tr

**URL1:** <https://www.researchgate.net/profile/Deniz-Tuerkmen-2>

**URL2:** <https://scholar.google.com/citations?user=d2JYXHAAAAJ&hl=tr&oi=sra>