

## SAYISAL İKİZ VE TEDARİK ZİNCİRİ

**İlker İbrahim AVŞAR<sup>1</sup>**

### ÖZ

Endüstri 4.0 son on yılın ilgi çeken konuları arasındadır. Siber fiziksel sistemler, bulut bilişim, yapay zeka, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik gibi bileşenlere sahip olan Endüstri 4.0, yeni nesil teknolojiler kullanarak verimlilik artışı çabasıdır. Endüstri 4.0 ile gündeme gelen bileşenlerden bir tanesi de sayısal ikizdir. Sayısal ikiz; fiziki dünyada olan bir durumun sanal dünyada oluşturulması ve bu oluşumdan fayda elde edilmesi sürecidir. Sayısal ikiz, sağlık, tarım, tedarik zinciri gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmasına karşın gelişimi devam eden bir modeli ifade etmektedir. Çalışmada, Web of Science veri tabanı tarandı. Tarama sonucunda tedarik zinciri ve sayısal ikiz merkezli 58 adet yayına ulaşıldı. Elde edilen yayınlarda çok kullanılan kelimeler üzerinde kümeleme işlemi yapıldı. Oluşan iki kümede; sayısal ikiz ve tedarik zinciri konularıyla ilişkili kelimeler görselleştirilmiştir. Çalışma, sayısal ikiz ve tedarik zinciri konularının ilişkili oldukları anahtar kelimeleri göstermesi açısından önem taşımaktadır. Ayrıca tedarik zinciri ve sayısal ikiz odaklı yayınlarn genel eğilimini de vermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Endüstri 4.0, sayısal ikiz, tedarik zinciri

**Jel Kodları:** 030, 031, 033

---

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr. Gaziantep Üniversitesi, Enformatik Bölümü, avsar@gantep.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-2991-380X

## DIGITAL TWIN AND SUPPLY CHAIN

### ABSTRACT

Industry 4.0 is one of the interesting topics of the last decade. Industry 4.0, which includes components such as cyber-physical systems, cloud computing, artificial intelligence, augmented reality and virtual reality, is an attempt to increase efficiency through the use of new generation technologies. One of the components that has come to the forefront with Industry 4.0 is the digital twin. The digital twin is the process of creating a situation in the physical world in the virtual world and extracting value from that formation. Although the digital twin is already used in many fields such as healthcare, agriculture and supply chain, it is a model that is constantly evolving. For the study, the Web of Science database was searched. As a result of the search, 58 publications were found on the topic of supply chain and digital twin. Based on the most frequently used words in the found publications, clustering was performed. In the four clusters formed, words related to digital twin and supply chain are visualized. The study is important to show the related points of digital twin and supply chain. It also shows the general trend of publications focusing on supply chain and digital twin.

**Keywords:** Industry 4.0, digital twin, supply chain

**JEL Codes:** 030, 031, 033

## GİRİŞ

Bir tasarımcı zihninden oluşan fikri modele dönüştürür. Test için fiziki ilk örnekler kullanmak isteyebilir. Sonunda geliştirdiği modeli sistemle bütünleştirir. Genel olarak 1760-1850 tarihleri arasında kapsayan birinci sanayi devriminde ve 1860-1960 yıllarını kapsayan ikinci sanayi devriminde tasarım modeli olarak iki boyutlu çizimler kullanılmıştır. 1970-2010 dönemini kapsayan üçüncü sanayi devriminde süreçte tasarım modeli olarak üç boyutlu çizimler ve benzetim teknikleri icra edilmiştir. 2010 yılı ve sonrası için adı geçen dördüncü sanayi devriminde tasarımda sayısal ikiz tabanlı sistemler kullanılmaktadır (Leng vd., 2021a; Mahmoud ve Grace, 2019).

Sayısal ikiz, gerçek hayattaki verilerin modellenerek kullanılmasıdır (Fan vd., 2021; Szymczak, 2019). Başka ifadeyle gerçek iş senaryosuyla senkronize edilen gerçekliğin “sanal” görüntüsüdür (Semeraro vd., 2021). Sayısal ikiz; tarım (Pylianidis vd., 2021), sanayi (Scime vd., 2021), veri iletişimi (Lee vd., 2021) gibi birçok alanda kullanılabilir.

Sayısal ikizin sağlık hizmeti alanında kullanım örneğini ele alalım; burada insanın sayısal ikizi oluşturulur. Oluşturulan sayısal ikiz; fiziksel dünyadaki gerçek insanın siber uzaydaki kopyası veya karşılığıdır. Ruhunuz gibi siber uzayda kopyanızın olduğunu hayal edebilirsiniz ama aslında o bir ruh değildir ve sizin düşüncelerinizi bilemez. O sadece siber uzayda akraba, yaş, kilo, cinsiyet gibi bilgilerinizi veri tabanına kaydeden modelinizdir. Bir bilgisayarda sayısal olarak tanımlanmanızdır. Bilgilerin eşlemesi herhangi bir iletişim teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Akıllı giysiler, cep telefonları, hastane vb. ortamdaki bilgilerinizi toplayan algılayıcılar gibi birçok kaynak veri tabanına bilgi sağlayabilir. Yapılan iş sadece veri tabanına verilerinizin kaydedilmesiyle sınırlı değildir. Model; sizden, akrabalarınızdan veya kullandığınız herhangi bir fiziksel ortamdan gelen verileri bulut bilişim ve derin öğrenme gibi teknolojiler kullanarak analiz eder. Analiz sonucunda size teşhis veya tavsiyelerde bulunabilir (Shengli, 2021).

Bir başka örnek olarak; sayısal ikizler akıllı tarımı yeni bir aşamaya getirebilirler. Çiftçilik işleri için sayısal ikiz kullanmak; çiftçilerin yerinde doğrudan gözlem ve elle yapılan süreçlere güvenmeleri yerine, gerçek zamanlı sayısal bilgiler kullanarak operasyonları uzaktan yönetmek anlamına gelmektedir. Bu uygulamada, beklenmeyen bir durum olduğunda hemen harekete geçebilme yeteneği kazanmanın yanı sıra gerçek yaşam verilerine dayalı müdahalelerin etkilerini benzetim şansı da yakalayabilirler (Verdouw vd., 2021).

Sayısal ikiz geliştirilmesinin bazı teknik sorunları olabilir. Bu sorunlar için sürekli araştırma ve geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Zorluklar arasında kültürel zorluklar da bulunmaktadır. Sayısal ikiz; geleneksel iş modellerini değiştirmeyi gerektirmektedir. Yeni iş teknolojilerine geçiş yapmayı düşünürken sayısal ikiz kavramının hala geliştiği unutulmamalıdır. Tüm iş alanları ele alındığında fayda analizi yapılabilecek somut örneklerin olduğu kabul edilmelidir. Sayısal ikiz; yüksek

popüleritesinin yanında mevcut sistemler üzerinde somut iyileştirmeler sağlama yeteneğinde gelişime ihtiyaç duyduğu görülmektedir (Vanderhorn ve Mahadevan, 2021).

Verimsiz bütünleşme, birlikte çalışabilirlik noktasında eksiklikler, operasyonel sorular, yetersiz bilgi yönetimi, yönetimde veri eksikliği gibi problemlerle karşılaşırsa sayısal ikiz projelerinden fayda elde edilemeyebilir (Ozturk, 2021). Sayısal ikiz uygulamalarının verimli olabilmesi için modelleme ve simülasyon yeteneklerinin gelişmiş olması gerekmektedir (Singh vd., 2021).

Sayısal ikiz teknolojisini öne çıkaran üç ana başlık bulunmaktadır. Birincisi hız; nesnelerin interneti cihazları ile gerçek zamanlı hızlı veriler toplamak mümkündür. İkincisi; sayısal varlıkların uzaktan görmenizi sağlayan çözüm modelidir. Üçüncüsü, makine öğrenme algoritmalarıyla toplanan veriler üzerinden geleceğe yönelik tahmin analizleri yapılabilir. Sayısal ikiz için veri toplaması istenen bileşenler algılayıcıları kullanırlar. Bileşenlerden gelen gerçek zamanlı veriler bulut bilişim teknolojilerine aktarılır. Bulutta tutulan gerçek zamanlı veriler iş durumuna göre analiz edilirler (Bıçakçı, 2019).

Çalışma ile tedarik zinciri alanında sayısal ikiz kullanımına olan ilgi ele alınmaktadır. Bu amaç ile WoS veri tabanı taranmıştır. Tarama sonucunda tedarik zinciri ve sayısal ikiz odaklı yayınların genel eğilimleri ortaya konmaktadır. Çalışma, yeni gelişmekte olan sayısal ikiz konusundaki eğilimleri ve sayısal ikiz konusunun tedarik zincirinde kullanılabilir olmasını göstermesi açısından önem taşımaktadır.

## 1.LİTERATÜR

Sayısal ikiz farklı alanlarda kullanılabilir. Türkiye’de sayısal ikizin uygulanmasında ilgi gösterilen alanlar Çizelge 1 ile Türkiye dışı örnekler ise Çizelge 2 ile verilmektedir:

**Çizelge 1. Türkiye Çıkışlı Yayınlarda Sayısal İkiz İlgi Alanlarına Örnekler**

Yazar	Konu
Erturan ve Ergin, 2018	Sayısal ikizin muhasebe alanında denetimde kullanımı
Ceylan, 2019	Sayısal ikizin inşaat sektöründe kullanımı ve potansiyel faydaları
Aynacı, 2020	Sayısal ikizin sağlık sektöründe kullanımı
Özen ve Gürel, 2020	Kamu denetiminde sayısal ikizin kullanımı
Göçen, 2020	Eğitimde açık ve uzaktan öğrenmede sayısal ikizin kullanımı
Yukcu ve Aydın, 2020	Maliyet muhasebesi bağlamında sayısal ikiz
Filik ve Yeşilay, 2020	Ürün yaşam döngüsü ve sayısal ikiz
İleri ve Furat, 2020	Endüstrinin sayısallaştırılması
Kumaş ve Erol, 2021	Endüstri 4.0 bağlamında sayısal ikiz
Akben, 2021	Tedarik zincirinde sayısal ikiz

Kuban ve Yeşilay, 2021	Üretim sürecinde sayısal ikiz sunduğu avantajlar
Ediz, 2021	Metin madenciliği ve Endüstri 4.0 sürecinde eğilimler

**Çizelge 2.** Türkiye Dışı Yayınlarında Sayısal İkiz İlgili Alanlarına Örnekler

Yazar	Konu
Kutzke vd. 2021	İnsansız denizaltı yönetimi
Zhu vd. 2021	Pencere üretimi
Kalaboukas vd. 2021	Çevik tedarik zincirinde sayısal ikiz kullanımı
Defraeye vd. 2021	Bahçe ürünleri tedarik zincirinde sayısal ikiz
Marmolejo-Saucedo, 2020	Tedarik incirinde sayısal ikiz tasarımı
Autiosalo vd. 2021	Vinç örnek olay uygulaması
Li vd. 2020	Sayısal ikizi dayalı sürdürülebilir iş modeli
Santos vd. 2020	İlaç şirketi tedarik zincirinde sayısal ikiz kullanımı

## 2.SAYISAL İKİZ VE TEDARİK ZİNCİRİ

Bir akıllı üretim sistemine sayısal ikiz entegre edilebilir ve bütünleştirilen yapı uzaktan yarı fiziksel olarak devreye alınabilir. Yarı fiziksel devreye alma yönteminde gerçek malzeme akışını doğrulamama problemi ortadan kalkmaktadır. Sayısal ikiz sistemi; üretim donanımının yüksek doğrulukta benzetim yeteneğine dayanmaktadır. Bu sistem, tüm akıllı üretim bileşenlerini kapsayan endüstriyel internet aracılığıyla dağıtılmış bütünleşmeyi destekleyebilir. Bu şekilde; gerçek verileri doğru şekilde yansıtılabilir ve doğrulayabilir. Sayısal ikiz tabanlı yarı fiziksel devreye alma, sanal modelleri farklı satıcılardan alınan coğrafi olarak dağılmış fiziksel donanımları birbirine bağlayabilir. Böylece teknik personel üretim sistemi uygulama aşamasına geçmeden önce olası hatalarını bulabilir. Bu model, pahalı fiziksel devreye alma aşaması için gerekli uyum süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltabilir (Leng vd. 2021b).

Literatürde sayısal ikizlerin yeniden üretim tedarik zinciri uygulamalarına yönelik çok az çalışma ve analiz bulunmaktadır. Yeniden üretim tedarik zincirine yönelik sayısal ikiz teori ve uygulamaları bazı zorluklar barındırmaktadır. Kurumsal talep ve uygulama istekliliği, bilgi güvenliği ve veri bütünleştirme teknolojileri temel zorluklar olarak öne çıkmaktadır. Kurumsal talep ve uygulama istekliliği noktasında belirsizlik bulunmaktadır. Bu alanda yeterli ve doyurucu araştırma bulunmamaktadır. Çok az sayıda kapalı döngü yeniden üretim tedarik zinciri uygulaması bulunmaktadır. Çünkü işletmeler arasındaki veri paylaşım sorunları ve yetersiz iletişim sayısal ikiz uygulaması geliştirmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, tedarik zinciri uygulamalarında hem üst hem de alt işletmelerden gelecek bilgi paylaşım taleplerini anlamak ürünlerin rasyonel kullanımını sağlama

açısından önemlidir. Sayısal ikiz uygulamalarında; sadece sözleşme, sipariş gibi belge paylaşımı yapılmamaktadır. Lojistik konular, depolama hacimleri gibi algılayıcı kullanılarak elde edilen verilerin paylaşımı da gerekmektedir. İşletmeler tedarik zincirinde sayısal ikiz uygulamaları geliştirmek istiyorlar ise ortak veri tabanı uygulamaları geliştirmeyi göze almalıdırlar (Chen ve Huang, 2021). Kısacası üretim değer zincirinde sayısal ikiz kullanımı, işbirlikçi bir çerçeveye gerektirir (Rasor vd. 2021). Ayrıca tedarik zinciri ile ilgili modellemelerde geçmişe yönelik ne kadar fazla veri girilirse oluşturulan model o kadar iyi çalışacaktır (Yıldız ve Ahi, 2020).

### **2.1.Simülasyon ve Sayısal İkiz**

Bir simülasyonunun sayısal ikiz olarak adlandırılabilmesi için; tedarik zinciri içerisindeki tüm etkileşimleri ayrıntılı şekilde detaylandırabilme yeteneğine sahip olması gerekir. Üretim hattındaki arızadan müşteri talebini etkileyecek küresel değişime kadar her şeyin etki analizi yapılabilir. Sevkiyat zamanı, envanter seviyesi, üretim planı gibi konularda elde edilen anlık verilerle tedarik zincirinin mevcut durum analizinin ve gelecek tahmininin doğru şekilde yapılabilmesi gerekmektedir. Anormal koşullara tepki verilebilir. Yöneticilere oluşan problemleri analiz etme ve problemin düzeltilmesine yönelik seçim yapma şansı vermelidir. Sayısal ikiz projesinin diğer veri tabanları ile konuşabilmesi gerekmektedir (Yanaşık, 2019).

### **2.2.Sayısal İkizin Tedarik Zinciri ve Diğer Uygulamaları**

Sayısal ikiz; iş sürecinin, makine parçasının veya makinenin sanal modelini oluşturmaktır (Musoglu, 2019). Jet motorunun ne zaman bakıma ihtiyaç duyacağını bilmek, verimliliği artırılmış bir rüzgâr türbini inşa etmek veya bir işteki üretkenlik seviyesini arttırmak için dünya genelinde 1 milyon üzerinde sayısal ikizden faydalanılmaktadır. Tedarik zinciri doğası gereği sürekli güncellemeye muhtaçtır ve çalışma süreçlerinde aksaklıklar çok sık karşılaşılan durumdur. Belirsizlik gibi sorunlara karşı; teknik elemanlar, sayısal ikiz teknolojisi kullanarak projenin başından sonuna kadar gerçek zamanlı ve güncel verilerle tek bir analitik sistem üzerinde tedarik zincirini görüntüleyebilirler. Tedarik zinciri sayısal ikiz uygulamasında; elle bilgi girebilen tedarikçiler, belirli noktalara yerleştirilmiş algılayıcılar ve veri tabanından olmak üzere çok değişik noktalardan veriler işlenmek üzere toplanır. Sonrasında yazılım; tedarik zincirinin anlık durumunu ve yüksek öncelikli durumları tek sistem üzerinden modeller. Yapılan gerçek zamanlı modelleme; duran bir kamyon, hava koşullarında kötüleşme gibi beklenmedik durumlara müdahale etmeyi mümkün kılmaktadır (GE).

Şirketlerin ani talep değişiklikleriyle karşılaşması çok sık karşılaşılan durumdur ve şirketler bu değişikliğe hazır değilse sıkıntılar yaşayabilirler. Tedarik zincirinin fiziksel durumu ve son müşterilere ürünü ileten lojistik sisteminin değişimlerden nasıl etkilendiği sayısal ikiz kullanılarak izlenebilir. Sayısal ikiz ile ürünün talebinde meydana gelen değişimle mücadele edebilmek veya bir tedarikçiden temin edilen malzeme kıtlığıyla baş edilebilmek mümkündür (Evinsel, 2021).

### **2.3.Tedarik Zincirinden Beklenti Nedir?**

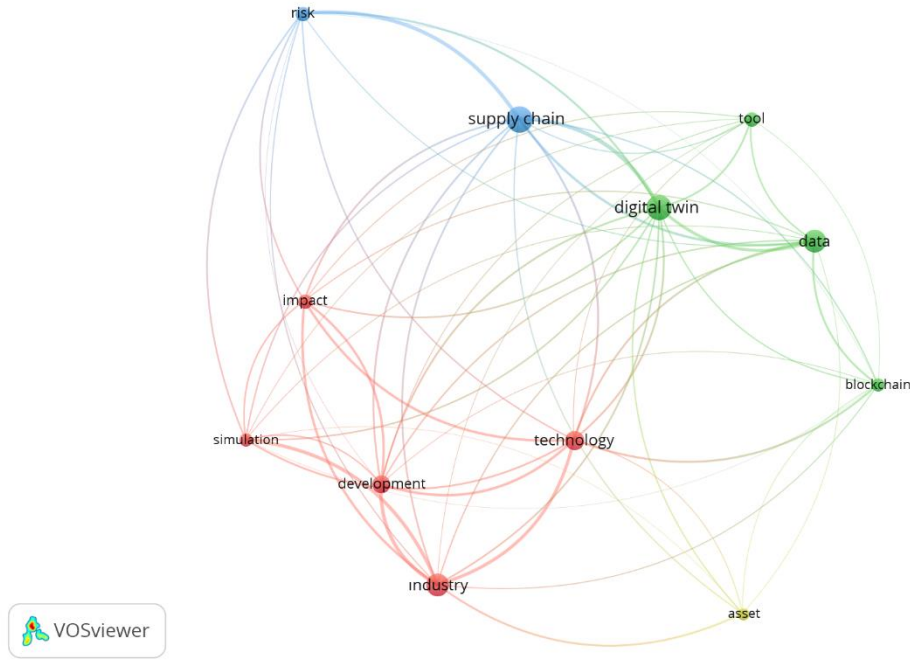
İşletmeler müşterilerine zamanında ve doğru şekilde ürün teslim etmek istemekteler (Eren ve Gür, 2017). Aynı zamanda işletmeler uygun tedarikçiyle çalışmaya önem vermektedirler (Ünal vd., 2019).

### **3.YÖNTEM**

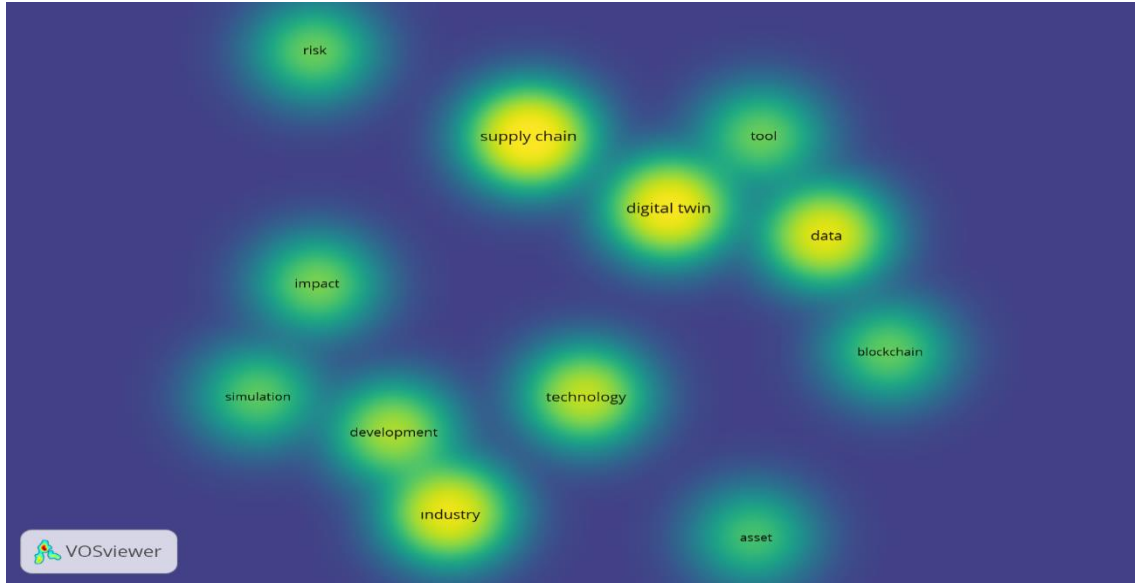
Sayısal ikiz ve tedarik zinciri anahtar kelimeleri ile 07.07.2021 tarihinde Web of Science (WoS) veri tabanı “You searched for: TOPIC: (“digital twin”) AND TOPIC: (“supply chain”) Timespan: All years. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI” sorgu satırı kullanılarak tarandı. Tarama tüm yıllar ve tüm indeksleri kapsayacak şekilde yapıldı.

### **4.VERİ**

WoS veri tabanı taraması sonucu elde edilen 58 yayın üzerinde kelime analizi yapıldı. Yayınlarda sık kullanılan kelimeler kümelendi ve kümeleme işlemi “VoSwiewer” yazılımı kullanıldı. Kümeleme modeli olarak “Association”, “Resolution” değeri olarak 1.0, en küçük küme sayısı olarak 1 parametreleri kullanıldı. Kümeleme sonucunda; sık kullanılan 12 kelime dört grupta toplandı. Birinci grup 5, ikinci grup 4, üçüncü grup 2, dördüncü grup 1 elemanlıdır. Şekil 1 ile oluşan gruplar ve anahtar kelimelerin diğerleriyle olan bağlantıları verilmektedir. Birinci grup (kırmızı) endüstri, teknoloji, gelişim, etki ve benzetim anahtar kelimelerinden oluşmaktadır. İkinci grup (yeşil) sayısal ikiz, veri, araç ve blok zinciri anahtar kelimelerinden oluşmaktadır. Üçüncü grup (mavi) tedarik zinciri ve risk anahtar kelimelerinde oluşmaktadır. Dördüncü grup ise varlık anahtar kelimesinden oluşmaktadır. Şekil 2 ile elde edilen kelimelerin kullanım sıklığını gösteren yoğunluk haritası verilmektedir. Gruplama sırasında sık kullanılanlar arasında yer alan “study” anahtar kelimesi konu ile ilgisi olmadığından dolayı işleme alınmamıştır.



**Şekil 1.** Tedarik Zinciri Ve Sayısal İkiz Odaklı Sorgu Sonucu Elde Edilen Verilerdeki Sık Kullanılan Kelimelerin İlişkileri



**Şekil 2.** Sorgu Sonucu Elde Edilen Verilerdeki Sık Kullanılan Kelimelerin Kullanım Yoğunlukları



Çizelge 3 ile yıllara göre yayınların dağılımı verilmektedir. 2021 yılına ait 10 adet yayın 01.01.2021-07.07-2021 tarihleri arasında kapsamaktadır. 2020 yılına ait 28, 2019 yılına ait 16, 2018 yılına ait 2 yayın bulunmaktadır. Sayısal ikiz konusu 2019 yılından bu yana akademi dünyasının daha fazla ilgisini çekmektedir ve bu alanda yapılan yayın sayısı henüz 2 basamaklı sayılardan oluşmaktadır. Bilhassa Endüstri 4.0 odaklı çalışmak isteyen araştırmacılar sayısal ikiz konusunda yayınlar yaparak yeni alanın gelişimine katkıda bulunabilirler.

**Çizelge 3. Yıllara Göre Yayınların Dağılımı**

Yayın yılı	Sayı	%
2021	10	17.241
2020	28	48.276
2019	16	27.586
2018	2	3.448
2017	1	1.724
2016	1	1.724

**Kaynak:** WoS

Çizelge 4 ile belge türüne göre yayınların dağılımı verilmektedir. Tedarik zinciri ve sayısal ikiz konusunda en fazla makale türü yayın tercih edilmektedir. Makale türü yayınlardan sonra en fazla tercih edilen yayın türü ise bildiridir. WoS bazı yayınları birden fazla kategoride değerlendirmektedir. Bu durum istatistikleri etkilemektedir.

**Çizelge 4. Belge Türüne Göre Yayınların Dağılımı**

Belge türü	Sayı	%
Makale	39	67.241
Bildiri	15	25.862
Derleme	5	8.621
Erken Erişim	3	5.172
Kitap Bölümü	1	1.724
Editör Materyalleri	1	1.724

**Kaynak:** WoS

Çizelge 5 ile yayınlara finansman sağlayan kuruluşlar verilmektedir. İlk iki sırada 3 yayın desteği ile Çin merkezli “NSFC” ve İsviçre merkezli “SNSF” isimli kuruluşlar bulunmaktadır.

**Çizelge 5. Yayınlara Finansman Sağlayan Kuruluşlar**

Finansman Kuruluşları	Sayı	%
National Natural Science Foundation of China NSFC	3	5.172

Swiss National Science Foundation SNSF	3	5.172
Agency For Science Technology and Research a Star Under Its Advanced Manufacturing Engineering Ame Industry Alignment Funding Pre Positioning Funding Scheme	2	3.448
European Commission	2	3.448
111 Project Grant of Northwestern Polytechnical University	1	1.724
Commission for Technology and Innovation Cti Switzerland	1	1.724
Coordenacao De Aperfeicoamento De Pessoal De Nivel Superior CAPES	1	1.724
Delphi4led Project National R D Funding Organization Of The Participating Countries	1	1.724
EU Artemis JU Funding	1	1.724
EU H2020 Project FENTEC	1	1.724
32 finansman kuruluđu tabloda bulunmamaktadır		
35 kayıt (60.345%) finansman kuruluđu konusunda kayda sahip değildir		

**Kaynak:** WoS

Çizelge 6 ile yayınların yapıldığı ülkeler verilmektedir. Konu ile ilgili en fazla yayın ABD'de yapılmıştır. ABD merkezli 11 yayın bulunmaktadır. İkinci sırada 10 adet yayımla Almanya yer almaktadır.

**Çizelge 6. Ülkeler**

Ülke	Sayı	%
ABD	11	18.966
Almanya	10	17.241
Fransa	6	10.345
İtalya	6	10.345
İsviçre	6	10.345
İngiltere	5	8.621
Çin	4	6.897
Rusya	4	6.897
Belçika	3	5.172
Güney Afrika	3	5.172
25 ülke tabloda bulunmamaktadır		

**Kaynak:** WoS

Çizelge 7 ile sayısal ikiz ve tedarik zinciri odaklı yayınların araştırma alanlarına göre sıralaması verilmektedir. İlk sırada 29 adet yayın sayısı ile mühendislik alanı bulunmaktadır. İkinci sırada 20 adet yayınla bilgisayar bilimi bulunmaktadır. Altıncı sırada bulunan iş ekonomisi alanı bu tür yayınlara sosyal bilimlerin de ilgi gösterdiğinin kanıtıdır. WoS’da bazı yayınlar birden fazla alanda değerlendirilmektedir ve bu durum istatistikleri etkilemektedir.

**Çizelge 7. Araştırma Alanı**

Araştırma alanı	Sayı	%
Mühendislik	29	50.000
Bilgisayar Bilimi	20	34.483
Operasyon Araştırma Yönetim Bilimi	13	22.414
Bilim Teknolojisi Diğer Konular	10	17.241
Çevre Bilimleri Ekolojisi	9	15.517
İş Ekonomisi	7	12.069
Telekomünikasyon	6	10.345
Otomasyon Kontrol Sistemleri	4	6.897
Enerji Yakıtları	3	5.172
Gıda Bilimleri Teknolojisi	2	3.448
12 araştırma alanı değeri tabloda bulunamamaktadır		

**Kaynak:** WoS

## 5.SONUÇ

Covid-19 salgını sürecinin lojistik sektöründe sayısallaşmayı hızlandırdığı gerçeği göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur (Doğan, 2020). Simülasyon, optimizasyon ve veri analitiğinin birleşimiyle sayısal ikiz oluşturulur. Sayısal ikiz; tedarik zincirinde oluşacak bozulmalara yönelik riskleri yönetmek için veri merkezli çerçeve sunmaktadır. Tedarik zincirinde sayısal ikizlerin önemi, arz-talep dengesinin hızla uyarlanmaya ihtiyaç duyulduğu Covid-19 salgınında tartışma kabul etmeyecek şekilde ortaya çıkmıştır (Ivanov ve Dolgui, 2021) .

Sayısal ikiz Endüstri 4.0 ile birlikte adı zikredilen teknolojiler arasındadır. Fiziksel bir durumun sayısal olarak modellenmesi olarak ifade edilebilmektedir. Simülasyondan farklı yönleri bulunmaktadır. Sayısal ikiz uygulamalarından en basit düzeyde gerçek verilerle çalışması, elde ettiği verileri işleyerek tahmin algoritmaları koşturması beklenmektedir. Bu şekilde işletmelerde verimlilik oluşturma ve maliyet faydası sağlama iddiasındadır. Yeni olarak kabul edilebilecek sayısal ikiz teknolojilerine akademinin ilgi göstermesi, bu alanda uygulamalar geliştirilmesi için verimliliği adına faydalı olabilir.

Çalışma, sayısal ikiz ve tedarik zinciri konulu yayınların eğilimlerini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Eğilimi gösterebilmek için WoS veritabanı “tedarik zinciri” ve “sayısal ikiz” anahtar

kelimeleri kullanılarak taranmıştır. Tarama sonucunda 58 adet yayına ulaşılmıştır. Elde edilen yayınlarda sık kullanılan 12 adet kelime olduğu görülmektedir. Sık kullanılan kelimeler dört grup oluşturmaktadır. Birinci grup; endüstri, teknoloji, gelişim, etki ve benzetim anahtar kelimelerinden oluşmaktadır. İkinci grup; sayısal ikiz, veri, araç ve blok zinciri anahtar kelimelerinden oluşmaktadır. Üçüncü grup; tedarik zinciri ve risk anahtar kelimelerinde oluşmaktadır. Dördüncü grup ise varlık anahtar kelimesinden oluşmaktadır. Kısacası sayısal ikiz konulu çalışmalar bu anahtar kelimeler etrafında şekillenmektedir ve sayısal ikiz konusunda çalışma yapılmak istendiğinde bahsi geçen kelimeler öncelikli olarak dikkate alınmalıdır.

Sayısal ikiz ve tedarik zinciri merkezli yayın sayısında 2018 yılından bu yana artış görülmektedir. Yayınlarda %67.2 oranında makale türü tercih edilmiştir. Çin ve Avrupa merkezli kuruluşlar bu tür yayınlara en fazla desteği vermektedir. Konuyla ilgili en fazla yayın yapan ülkeler sıralamasında ABD ve Almanya öne çıkmaktadır. Konuya en fazla mühendislik ve bilgisayar bilimi alanı ilgi göstermektedir.

#### **ETİK BEYAN**

“Sayısal İkiz ve Tedarik Zinciri” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel kurallara, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir. Bu araştırmada doküman incelemesi türünde olduğu için etik kurul kararı zorunluluğu bulunmamaktadır.

#### **KAYNAKÇA**

Akben, İ. (2021). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dijital İkiz / The Digital Twin in Supply Chain Management. Dijital Dönüşüm ve Ekonomi (s. 243-256). Ankara: Ekin.

Autiosalo, J., Ala-Laurinaho, R., Mattila, J., Valtonen, M., Peltoranta, V. Ve Tammi, K. (2021). Towards Integrated Digital Twins for Industrial Products: Case Study on an Overhead Crane. Appl. Sci., 11, 683. doi.org/10.3390/app11020683.

Aynacı, İ. (2020). Dijital İkiz ve Sağlık Uygulamaları. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3 (1) , 70-79.

Bıçakçı S. (2019). Dijital İkiz Nedir?, <https://www.sanayinindijitaldonusumu.com/dijital-ikiz-nedir>, (Erişim tarihi: 30.06.2021).

Ceylan, E. (2019). Dijital İkizler ve İnşaat Sektöründeki Yeri. Yapı Bilgi Modelleme, 1(2), 53-61.

Chen Z. ve Huang L. (2021). Digital twins for information-sharing in remanufacturing supply chain: A review, Energy, 220, 119712, ISSN 0360-5442, doi.org/10.1016/j.energy.2020.119712.

Ivanov D. ve Dolgu A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0, *Production Planning & Control*, 32:9, 775-788, DOI: 10.1080/09537287.2020.1768450.

Defraeye T., Shrivastava C., Berry T., Verboven P., Onwude D., Schudel S., Bühlmann A., Cronje P. ve Rossi R. M., (2021). Digital twins are coming: Will we need them in supply chains of fresh horticultural produce?, *Trends in Food Science & Technology*, 109, 245-258, ISSN 0924-2244, doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.025.

Doğan M., (2020). Pandemi, lojistikteki dijitalleşmeyi hızlandırdı, <https://www.transmedya.com/dosya-haber/pandemi-lojistikteki-dijitallesmeyi-hizlandirdi-h14585.html>, (Erişim tarihi: 30.06.2021).

Ediz Ç. (2021). Metin Madenciliği ile Endüstri 4.0'da Yeni Eğilimler. *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 7 (1), 1-14. DOI: 10.25272/j.2149-8539.2021.7.1.01.,

Eren T. ve Gür, S. (2017). Online Alışveriş Siteleri İçin AHP ve TOPSIS Yöntemleri İle 3PL Firma Seçimi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10 (2) , 819-834. DOI: 10.17218/hititsosbil.285102.

Erturan İ. ve Ergin, E. (2018). Dijital Denetim ve Dijital İkiz Yöntemi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20 (4), 810-830. DOI: 10.31460/mbdd.395261.

Evinsel C., (2021). Dijital İkiz Teknolojisiyle Tedarik Zinciri Optimizasyonu, <https://dijitalis.com/blog/dijital-ikiz-teknolojisiyle-tedarik-zinciri-optimizasyonu>, (Erişim tarihi: 30.06.2021).

Fan Y., Yang J., Chen J., Hu P., Wang X., Xu J. ve Zhou B., (2021). A digital-twin visualized architecture for Flexible Manufacturing System, *Journal of Manufacturing Systems*, 60,176-201, ISSN 0278-6125, doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.05.010.

Filik, A, Yeşilay, R. (2020). COVID-19 ile İvmelenen Dijitalleşmenin PLM'e Etkileri. *Mühendis ve Makina*, 61 (701) , 320-337. DOI: 10.46399/muhendismakina.853325.

GE, Tedarik Zincirinde Dijital İkiz Devri!, (2018), <https://geturkiyeblog.com/tedarik-zincirinde-dijital-ikiz-devri>, (Erişim tarihi: 30.06.2021).

Göçen S., (2020). Açık ve uzaktan öğrenmede dijital ikiz teknolojisinin kullanımına ilişkin bir değerlendirme. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6 (4) , 155-173.

İleri Y. ve Furat, M. (2020). A Roadmap for Digitalization of Industrial Processes. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat Special Issue 2020 (ARACONF) , 349-357. DOI: 10.31590/ejosat.araconf45.

Kalaboukas, K., Rožanec, J., Košmerlj, A., Kiritsis, D., Arampatzis, G. (2021). Implementation of Cognitive Digital Twins in Connected and Agile Supply Networks—An Operational Model. *Appl. Sci.* 11, 4103. doi.org/10.3390/app11094103.

Kuban D. ve Yeşilay, R. (2021). PLM ve İnovasyon: PLM, İnovasyon İçin Bir Kolaylaştırıcı Olabilir Mi? . *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 5(1), 76-84. DOI: 10.46519/ij3dptdi.769824.

Kumaş E. Ve Erol, S. (2021). Endüstri 4.0'da Anahtar Teknoloji Olarak Dijital İkizler. *Politeknik Dergisi*,24(2), 691-701.

Kutzke D., Carter T., James B., Hartman B.T., (2021). Subsystem selection for digital twin development: A case study on an unmanned underwater vehicle, *Ocean Engineering*, 223, 108629, ISSN 0029-8018, doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108629.

Lee D., Lee S.H., Masoud N., Krishnan M.S. ve Li V.C., (2021). Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects, *Automation in Construction*, 127, 103688, ISSN 0926-5805, doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103688.

Leng J., Wang D., Shen W., Li X., Liu Q. ve CheN X., (2021a). Digital twins-based smart manufacturing system design in Industry 4.0: A review, *Journal of Manufacturing Systems*, 60, Pages 119-137, ISSN 0278-6125, doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.05.011.

Leng J., Zhou M., Xiao Y., Zhang H., Liu Q., Shen W., Su Q. ve Li L., (2021b). Digital twins-based remote semi-physical commissioning of flow-type smart manufacturing systems, *Journal of Cleaner Production*, 306, 127278, ISSN 0959-6526, doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127278.

Li X., Cao J., Liu Z. ve Luo X., (2020). Sustainable Business Model Based on Digital Twin Platform Network: The Inspiration from Haier's Case Study in China, *Sustainability*, 12(3), Article Number: 936, DOI: 10.3390/su12030936.

Mahmoud M.A. ve Grace Jennifer, (2019). A Generic Evaluation Framework of Smart Manufacturing Systems, *Procedia Computer Science*,161,1292-1299, ISSN 1877-0509, doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.244.

Marmolejo-Saucedo J.A., (2020). Design and Development of Digital Twins: a Case Study in Supply Chains, *Mobile Networks & Applications*,25(6),2141-2160, DOI: 10.1007/s11036-020-01557-9.

Musoğlu E., (2019). Dijital ikizler her yerde, <https://www.herkesebilimteknoloji.com/yazarlar/erdal-musoglu/dijital-ikizler-her-yerde>, (Erişim tarihi: 30.06.2021).

Ozturk G. B., (2021). Digital Twin Research in the AECO-FM Industry, *Journal of Building Engineering*, 40, 102730, ISSN 2352-7102, doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102730.

Özen, A, Gürel, F. (2020). Kamu Denetiminde Dijital Dönüşüm: Dijital İkiz Yöntemi. *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1), 16-23.

Pylianidis C., Osinga S. ve Athanasiadis I.N., (2021). Introducing digital twins to agriculture, *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, 105942, ISSN 0168-1699, doi.org/10.1016/j.compag.2020.105942.

Rasor R., Göllner D., Bernijazov R., Kaiser L. ve Dumitrescu R., (2021). Towards collaborative life cycle specification of digital twins in manufacturing value chains, *Procedia CIRP*, 98, 229-234, ISSN 2212-8271, doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.035.

Santos João A.M., Lopes Miguel R., Viegas Joaquim L., Vieira Susana M. ve Sousa João M.C., (2020). Internal Supply Chain Digital Twin of a Pharmaceutical Company, *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10797-10802, ISSN 2405-8963, doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2864.

Scime L., Singh A. ve Paquit V., (2021). A scalable digital platform for the use of digital twins in additive manufacturing, *Manufacturing Letters*, ISSN 2213-8463, doi.org/10.1016/j.mfglet.2021.05.007.

Semeraro C., Lezoche M., Panetto H. ve Dassisti M., (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review, *Computers in Industry*, 130, 103469, ISSN 0166-3615, doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469.

Shengli W., (2021). Is Human Digital Twin possible?, *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 1, 100014, ISSN 2666-9900, doi.org/10.1016/j.cmpbup.2021.100014.

Singh S., Weeber M. ve Birke K., (2021.) Advancing digital twin implementation: a toolbox for modelling and simulation, *Procedia CIRP*, 99, 567-572, ISSN 2212-8271, doi.org/10.1016/j.procir.2021.03.078.

Szymczak M., (2019). Digital Smart Logistics. *Managing Supply Chain 4.0: Concepts, Components And Strategic Perspective*, ISMC 2019 15th International Strategic Management Conference, Book Series: European Proceedings of Social and Behavioural Sciences, 71, 356-368, 10.15405/epsbs.2019.10.02.33.

Ünal Z., Güven S. ve İpekçi Ç. E. (2019). Otel İşletmelerinin Tedarikçi Seçiminde Bulanık AHP İle Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama Uygulaması . *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , 12 (1) , 188-204.10.17218/hititsosbil.544628.

Vanderhorn E. ve Mahadevan S., (2021). Digital Twin: Generalization, characterization and implementation, *Decision Support Systems*, 145, 113524, ISSN 0167-9236, doi.org/10.1016/j.dss.2021.113524.

Verdouw C., Tekinerdogan B., Beulens A. ve Wolfert S., (2021). Digital twins in smart farming, *Agricultural Systems*, 189, 103046, ISSN 0308-521X, doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103046

Vosviewer, visualizing scientific landscapes, <https://www.vosviewer.com/> (Erişim tarihi: 07.07.2021).

WoS, Web of Science, <https://apps.webofknowledge.com/> (Erişim tarihi: 07.07.2021).

Yanaşık T., (2019). Tedarik Zinciri Yönetiminde Dijital İkiz Uygulamaları, <https://medium.com/@tolgayanasik/tedarik-zinciri-y%C3%B6netiminde-dijital-i-CC%87kiz-uygulamalar%C4%B1-82cc55337d34>, (Erişim tarihi: 30.06.2021).

Yıldız, K. ve Ahi, M. (2020). Demiryolu Lojistiğinde Tedarik Zinciri Performans Metrikleri, *Demiryolu Mühendisliği*,(11),14-25.

Yukcu, S. ve Aydın, Ö. (2020). Maliyet Düşürme Yöntemi Olarak Dijital İkiz. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22 (3) , 563-579.10.31460/mbdd.694571.

Zhu Z., Xi X., Xu X. ve Cai Y., (2021). Digital Twin-driven machining process for thin-walled part manufacturing, *Journal of Manufacturing Systems*,59,453-466, ISSN 0278-6125, doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.015.

## SUMMARY

Ivanov and Dolgui (2021) state that simulation for the digital twin is a combination of optimization and data analysis. The study examines the digital twin and the supply chain. The study is important to show the trend of publications on digital twin and supply chain. The fact that only one database was used is the shortcoming of the study. The study can be extended by working with more databases.

The topic of digital twin is one of the interesting topics in recent years and is associated with Industry 4.0. digital twin; It should not be considered as a mere simulation. Simply put, the data used in digital twin applications should be processed by algorithms such as machine learning and offer decision suggestions in unexpected situations. In the context of digital twin, managers are expected to be able to make decisions in unexpected situations or in the general flow of a project. The digital twin is expected to recognize and predict a situation. It is expected that projects can be handled more efficiently in this way.

This study addresses the conceptual framework for the digital twin and applications in the supply chain. In addition, a systematic literature review on supply chain and digital twin was conducted. As part of the study, the WoS database was scanned. When scanning; "You searched for: TOPIC: ("digital twin") AND SUBJECT: ("supply chain") Time span: All years. Indexes: SCI - EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI " was used as search term. As a result of the search, 58 publications were found. The publications found were examined. As a result of the search; The most common keywords "digital twin" and "supply chain" are "industry", "technology", "development", "simulation", "impact", "data", "blockchain", "risk", "asset" and "tool". You can see that it is used together with the words ". Those who want to study digital twin and supply chain can consider these words. If you examine the publications on the topic, you can see that the interest in the topic has



increased since 2019. Articles and Proceedings papers on the topic are mostly preferred. Organizations based in China and Europe financially most support publications. Most publications were created by organizations based in the United States and Germany. Publications on the topic were mostly produced by people working in the fields of engineering and computer science.