

HAVACILIKTA DİJİTALLEŞME VE VERİMLİLİK İLİŞKİSİ ÜZERİNE BİR İÇERİK ANALİZİ

Volkan YAVAŞ¹

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, havacılıkta dijitalleşme ve verimlilik ilişkisini ele alan akademik çalışmaların analizi ile Endüstri 4.0 ve elementlerinin havacılıkta verimlilik üzerine katkısını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Yöntem: Dijital dönüşüm sürecinin çok yeni olması, uygulamadaki kısıtlı imkânlar ve sektörde bu etkiyi doğrudan araştırmak için yeterli veri olmadığı düşünüldüğü için akademik araştırmalar üzerinden bir içerik analizi yapılmıştır. Web of Science ve Scopus veri tabanlarında 'Havacılık, Dijital ve Verimlilik' kelimeleri üzerinden yapılan aramada listelenen sonuçlar içerisinde anahtar kelimelerin eş-birlikteliğine dayalı eşleşmeyi görselleştirmek için VOSViewer yazılımı kullanılmıştır.

Bulgular: Alfabetik sıra ile 'Dijital İkiz, Nesnelerin İnterneti, Teknoloji, Yapay Zekâ, Yenilik' anahtar kelimeleri sonuçlarda öne çıkmaktadır. İlgili çalışmalar teknolojik, çevresel ve yönetsel ana başlıklarında sınıflandırılmıştır. Teknoloji kümesini oluşturan çalışmalar 'aerodinamik, havaaracı, motor, kalite, yenilikçi' gibi kelimeleri içermektedir. Çevresel kümeyi oluşturan çalışmalar "yakıt, emisyon, enerji gibi kelimeleri" içerirken yönetsel kümeyi oluşturan çalışmalar 'Çevresel' ve rekabet, havalimanı, havayolu, kalkınma gibi kelimeleri içermektedir. Tüm çalışmaların odağındaki "dijital ikiz" kavramı üzerinden değerlendirmeler yapılmış ve kavramın yönetim ve pazarlama açısından yaklaşımlarına dikkat çekilmiştir.

Özgünlük: Çalışma bu alanda yapılan ilk ve tek içerik analizi olması sebebiyle özgün bir çalışma iken elde edilen sonuçların da araştırmacılar ve profesyonellere yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, Dijital, Dijital İkiz, Verimlilik, Hizmet Pazarlaması.

JEL Kodları: L93, O33, D24, M31.

A CONTENT ANALYSIS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITALIZATION AND PRODUCTIVITY IN AVIATION

ABSTRACT

Purpose: This study aims to demonstrate the contribution of Industry 4.0 and its elements on efficiency in aviation by analysing academic studies on the relationship between digitalization and productivity in aviation.

Methodology: Since the digital transformation process is very new and the limited opportunities in practice, and the lack of data to directly investigate this effect in the sector, a content analysis has been made through academic research. VOSViewer software was used to visualize the matches based on the co-occurrence of keywords among the results listed in the search made on the words 'Aviation, Digital and Productivity'in Web of Science and Scopus databases.

Findings: The keywords 'Digital Twin, Internet of Things, Technology, Artificial Intelligence, Innovation' stand out in alphabetical order. Related studies are classified under the main headings of technological, environmental, and managerial. The studies that make up the technology cluster include words such as 'aerodynamics, aircraft, engine, quality, innovative.' While the studies that make up the environmental cluster include "words such as fuel, emissions, energy, etc.", the studies that make up the administrative cluster include 'Environmental' and competition, airport, airline, development, etc. contains words. In the focus of all these studies, the concept of "digital twin" stands out. In the study, evaluations were made in this sense, and attention was drawn to the approaches of the 'digital twin' concept in terms of management and marketing.

Originality: The study is the first and only content analysis in this field. the results obtained may also be a guide for researchers and professionals.

Keywords: Aviation, Digital, Digital Twin, Productivity, Service Marketing.

JEL Codes: L93, O33, D24, M31.

¹ Öğr. Gör. Dr., Ege Üniversitesi Havacılık Meslek Yüksekokulu, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Programı, İzmir, Türkiye, volkan.yavas@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4237-6386.

1. GİRİŞ

İşletmelerde ve bağlı buldukları sektörlerde performansı ölçmek, takip etmek ve sürdürülebilirliği sağlamak adına ele alınan bazı kavramlar olduğu bilinmektedir. Bu anlamda etkinlik (efficiency) ve verimlilik (productivity) kavramları bu performans göstergeleri arasında en bilinenleri iken aynı zamanda anlam açısından da en çok karıştırılan kavramlardır (Yükçü ve Atağan, 2009). Aynı çalışmada ifade edildiği üzere en öz haliyle etkinlik, “doğru işlerin” yapılmasını ifade ederken, verimlilik “işlerin doğru” yapılmasını yani işletmenin mevcut kaynaklarını kullanarak elde ettiği çıktı arasındaki durumu, bir başka ifadeyle üretkenlik gücünü ifade etmektedir.

Tüm sektörlerde olduğu gibi havacılık sektöründe de rekabetin giderek arttığı son yıllarda verimlilik en baskın ve üzerine düşünülen konu haline gelmektedir (Alam, 2016). Verimlilik, havacılık sektöründe geleneksel anlamda bir başarı faktörü iken bunu geliştirmenin iki yolu olarak teknik değişiklikler ve etkinlik gösterilmektedir (Budd ve diğerleri, 2020: 73). İlgili çalışmada teknik değişiklikler ile sektörde düşük girdi kullanımıyla yüksek çıktı hedefine doğru bir dönüşüm ifade edilirken, etkinlik ile herhangi bir havayolu firmasının kendi operasyonlarında en iyi üretimi/çıktıyı sağlama yeteneğini ortaya çıkarabilmesine vurgu yapılmaktadır. Geleneksel anlamda performans göstergesi olan bu kavramlar, sanayideki değişim ve dönüşüme bağlı olarak da her dönemde farklı ‘girdi’ ve ‘çıktılar’ üzerinden değerlendirilmektedir. Havacılık sektörü her ne kadar küresel ve dev bir ekonomiye sahip olsa da tarihsel olarak diğer sektörlerle kıyasla daha kısa bir geçmişe sahiptir. Ancak yine de havacılık sektörü de modern havacılığın miladı olarak kabul edilen 1903 yılından günümüze çeşitli değişim ve dönüşümlere ayak uydurmak durumunda kalmıştır. Günümüzde ise hemen her sektörün yüzleştiği ve adaptasyon süreçlerine başladığı 4. Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) ile dijitalleşme süreçlerine uyum sağlamak durumundadır.

İlk olarak 2011 yılında Almanya’da duyurulan Endüstri 4.0 kavramı, devamında hızla endüstriyel ve akademik anlamda yayılmıştır (Xu ve Duan, 2019). Geçen süre zarfında literatürde farklı isimlerle çağrışımları olsa da temel anlamda fiziksel süreçlerin dijital dönüşümünü kapsadığı belirtilmektedir (Yıldırım, 2019). Önceki dönemlerdeki teknolojik ve yenilikçi dönüşümlerden farklı olarak Endüstri 4.0 ile yapay zekâ, otonom araçlar, büyük veri, nesnelerin interneti, akıllı sensörler ve siber güvenlik gibi farklı dijital dönüşümler öne çıkmakta ve bunların sanayiden hizmet sektörüne birçok farklı sektörde katma değer ve verimlilik artışı anlamında olumlu etki yaratacağı tahmin edilmektedir (Gökalp ve diğerleri, 2019).

Endüstri 4.0 kavramı ile ortaya çıkan dijitalleşme ya da dijital dönüşüm, fiziksel süreçlerin dijital süreçlere adaptasyonu olarak basit şekilde ifade edilebileceği gibi işletmelerin bu dönüşüme adapte olurken ürün/hizmetlerinin değişiminin yanı sıra iş modelleri, iş süreçleri ve organizasyonların dönüşümünü de ifade etmekte ve bu sayede dijital teknolojiye ve pazara ayak uydurabilmesini öne çıkarmaktadır (Klein, 2020a). Dijitalleşme sürecine olan adaptasyon, işletmeler için ulusal kalkınma, uluslararası rekabet, verimlilik ve istihdam gibi birçok açıdan bir zorunluluk olarak karşılımlarına çıkmakta iken süreçte başarıyı belirleyecek faktörler olarak da teknolojik ve yenilikçi yaklaşımın geliştirilmesi, iş gücünün eğitimi, altyapı ve üstyapı entegrasyonunun sağlanması ve mevcut duruma yönelik planlama yapılması gösterilmektedir (Gülseren ve Sağbaş, 2019: 5).

Dijital dönüşüm birçok işletme, sektör ve hatta araştırmacılar için yeni bir kavram olması sebebiyle dönüşümün adımlarına dair net bir çerçeve de söz konusu değildir. Farklı sektörlerde farklı işletmeler, birbirlerinden farklı dönüşüm süreçleri geçirebilmekte, dijital dönüşümün mikro anlamda işletmelerin tüm süreçlerini ve makro anlamda ise tüm tedarik zincirini ilgilendiren kapsamlı ve zorlayıcı bir süreç olduğu ifade edilmektedir (Klein 2020b).

Havacılık sektöründe de benzer şekilde dijital dönüşüm kaçınılmaz olarak gerçekleşmeye başlamaktadır. Havacılık sektöründe yaşanan bu dönüşümün de sektörde zincirleme etki yaparak ticari operasyonlardan tedarik zincirine birçok anlamda ‘zorlayıcı’ olumlu etkisi olacağı, ayrıca büyük veri gibi Endüstri 4.0 temelli unsurların da havacılık süreçlerinin takibi, kontrolü ve iyileştirilmesi anlamında hem verimliliği hem de emniyeti artırabileceği öne sürülmektedir (Türkay ve Artar, 2021). Endüstri 4.0’ın havacılık sektöründe yolcular açısından havalimanlarında yön bulma ve bagaj takibi gibi; havalimanı personeli açısından uçak/bagaj yükleme gibi işlemler için yer (ramp) hizmetlerine, check-in, boarding işlemler için yolcu hizmetlerine ve uçak içi yerleşim hizmeti gibi işlemler için kabin hizmetlerine yönelik uygulamalar; teknik personel için ise uçak üretim, bakım ve onarımdan operasyonel süreçlere yönelik çeşitli uygulamalar geliştirilmeye başlanmışken, tüm bu uygulamaların yaygın kullanımıyla havayolu ve havalimanları için süreçlerde etkinlik ve verimlilik, yolcular açısından ise memnuniyet düzeylerinde artış yaşanacağı tahmin edilmektedir (Atalık ve diğerleri, 2019). Havalimanları özelinde bir başka çalışmada ise dijitalleşme ile yolcu hizmetleri süreçlerinde yolcu ile iletişim, yolcunun takibi ve talep/sorunlarına yönelik sağlanabilecek çözümler ile daha verimli operasyonlar gerçekleştirilebileceği ve bu sayede müşteri deneyimi ve memnuniyetinin artabileceği öngörülmektedir (Cam ve Durmaz, 2018).

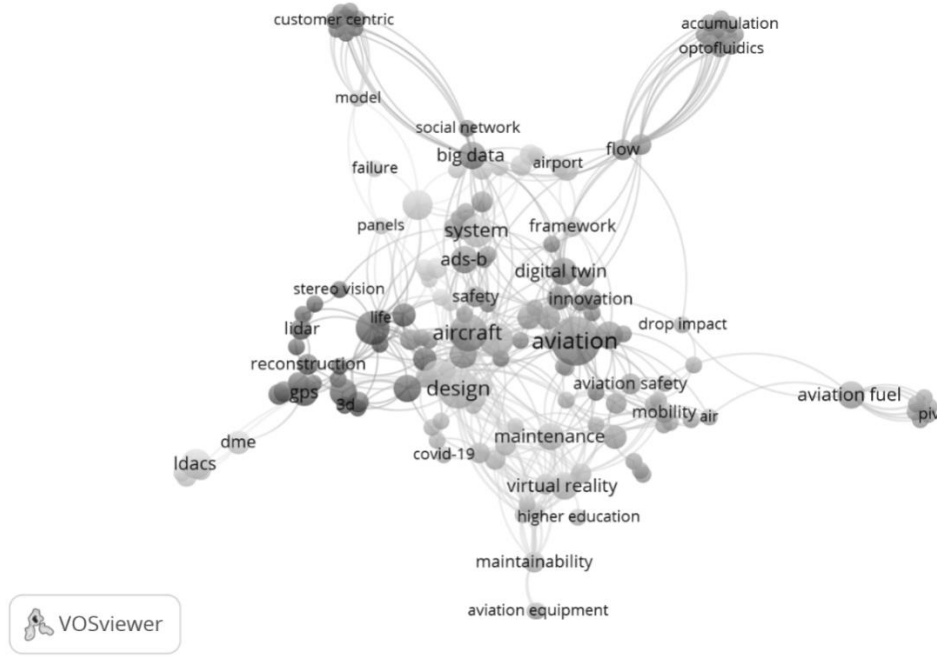
Genel anlamda, tüm sektörlerde olduğu gibi havacılık sektörü için de etkinlik ve verimlilik kavramları performans takibi ve sürdürülebilirliği açısından üzerine düşünülen konular olmakla birlikte, Endüstri 4.0 süreci ile birlikte dijitalleşme ya da dijital dönüşüm paradigmasının da bu performans göstergelerine olumlu düzeyde katkısı olacağı tahmin edilmektedir. Ancak bu noktada dijitalleşmenin 'kendiliğinden' olumlu katkı vereceğini varsaymak bir soru işareti olarak ele alınmalıdır. İşletmelerin beklediği düzeyde olumlu katkının olabilmesi adına da bir zaman gerekliliği olduğu dikkate alınmalı, ilgili sektördeki tüm paydaşlardan ülke/otoritelere dek desteklenmesi ya da teşvik edilmesi de gerekmektedir (Yılmaz, 2021). Ayrıca Endüstri 4.0 ve paralelinde dijitalleşmeyle beklenen performans artış hızının, dijitalleşmeye uyumluluk hızıyla paralel olduğu da unutulmamalıdır (Yılmaz, 2021).

Bu anlamda çalışmanın araştırma sorusu, havacılıkta dijitalleşmenin verimliliğe olan etkisini araştıran akademik çalışmalarda odak alanları ortaya koymak üzerine inşa edilmiştir. Hâlihazırda havacılık sektörü teknolojinin en yoğun kullanıldığı sektörlerden biri olmakla birlikte, Endüstri 4.0'ı takiben süreçlerinde de dijitalleşmeye yönelik adımların atıldığı bilinmektedir. Ancak akademik yazında, havacılık sektöründe dijital dönüşümün sektörel operasyonlara yönelik verimliliğini ölçen çalışma sayısı sınırlıdır. Birçok alanda olduğu gibi havacılık alanında da sanayide/sektörde yaşanan dönüşümleri takiben akademik çalışmaların varlığı ve sayısı da paralel olarak artmakta ve mevcut uygulamaları değerlendirme fırsatı ortaya konmaktadır. Bu çalışmanın da en büyük motivasyonu çok yeni bir dönüşüm süreci olan havacılıkta dijitalleşmenin verimliliğe olan etkisini akademik anlamda ortaya koyabilmektir. Havacılık sektöründe üretimden tedarik zincirine, ticari hava taşımacılığı operasyonlarından havalimanı hizmetlerine dek yaşanan dönüşümün sektördeki verimliliğe olan etkisini ortaya koymak temel amaçtır. Bu amaçla havacılık, dijitalleşme ve verimlilik ile ilgili akademik çalışmalar derlenmiş ve VOSViewer programı aracılığıyla bir içerik analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler ışığında hem havacılık sektörü hem de yolcular açısından bir değerlendirme yapılarak öneriler sunulmuştur. Bu anlamda hem sektördeki çalışmaların tarafsız bir değerlendirmesinin yapılması hem de gelecekteki uygulamalara rehberlik edebilmek adına ortaya konan akademik çalışmaların bir arada incelenmesinin de genel anlamda önemli bir katkı sunacağı düşünülmektedir. Çalışmada, giriş bölümünü takiben içerik analizinin detaylarını aktaran yöntem bölümü ve bulguları aktaran değerlendirme bölümü gelmektedir. Çalışma, sonuç bölümü ile sonlandırılmaktadır.

2. YÖNTEM

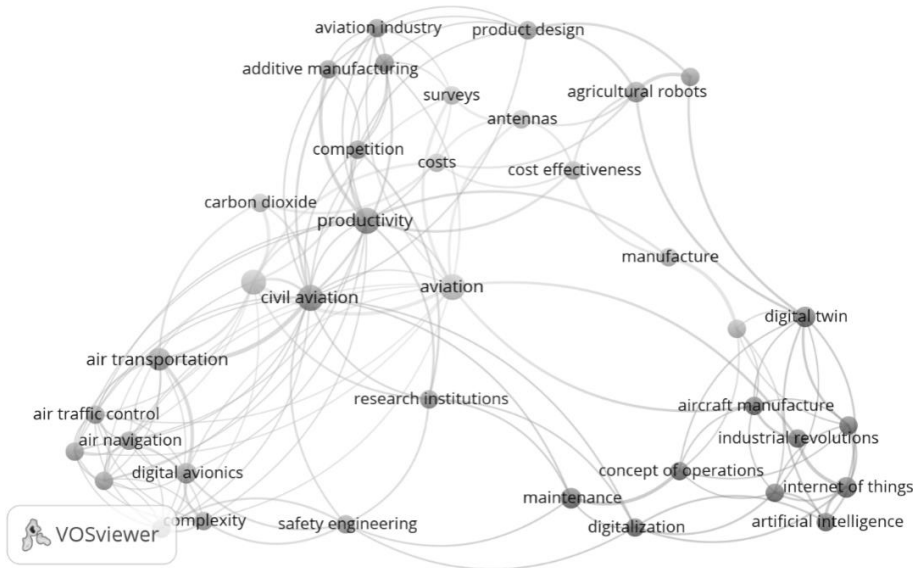
Çalışma temel anlamda bir derleme çalışması olsa da incelenen kaynaklar VOSViewer programıyla içerik analizine tabi tutulmaktadır. Buna paralel olarak Web of Science (WOS) ve Scopus veri tabanlarında Havacılık (Aviation), Dijital (Digital) ve Verimlilik (Productivity) anahtar kelimeleri temelinde araştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olması amacıyla Endüstri 4.0'ın ilk telaffuz edildiği yıl olan 2011 yılından günümüze 10 yıllık bir literatür incelenmiştir. Buna istinaden de tümdengelim yöntemi ile araştırma ve analiz 3 adımda planlanmıştır. Her bir adımda WOS ve Scopus veri tabanlarında "havacılık, dijital ve verimlilik" anahtar kelimelerinin çeşitli kombinasyonlarıyla inceleme yapılarak alandaki öz çalışmalara ulaşılmaya çalışılmıştır.

İlk olarak Web of Science veri tabanında 'Dijital ve Havacılık' kelimeleri üzerinden 2011-2021 tarih aralığında bir arama yapılmış ve 390 sonuç listelenmiştir. Listelenen ilgili çalışmalar VOSViewerde 'anahtar kelime' bağlamında incelenmek üzere dışa aktarılmıştır. VOSViewer yazılımı aracılığıyla anahtar kelimeler arasında eş-birliktelik (Co-occurrence) (Gürdin, 2020) analizi yapılmıştır. Şekil 1'de görüldüğü üzere 390 çalışmadaki anahtar kelimeler üzerinden yapılan analizde farklı kümeler ve bağlantılar ortaya konmaktadır. Şekil üzerinde hacim/boyut olarak daha büyük gözükken şekiller kelimelerin sıklığını ifade etmektedir. Şekilde görülen her renk bir kümeyi ifade ederken, kümelerin oluşumu da birbirleriyle yakın ilişki/anamlı anahtar kelimelerin bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Kelimeler arasındaki çizgiler de birbirleriyle olan ilişkileri ifade etmektedir.



Şekil 1. WOS Veritabanı havacılık ve dijital ana teması eş-birliktelik ağ analizi

Şekil 1’de yer gösterilen ağ analizine göre en çok sıklığa sahip kelime olan ‘Havacılık (Aviation)’, mavi renk ile gösterilen üçüncü küme içerisinde yer almaktadır. Buna göre havacılık kelimesi ‘dijitalleşme’ bağlamında ‘Uçak Mühendisliği, Artırılmış Gerçeklik, Otomasyon, Havacılık Eğitimi, İletişim, Dijital İkiz, Gelecek, Endüstri 4.0, Yenilik, İnternet ve Teknoloji’ kelimeleri ile aynı küme içerisinde yer almaktadır. Bu noktada araştırma sorusu olan havacılık sektöründe dijitalleşmenin verimliliğe olan katkısını ölçmek için listelenen 390 kelimeye üçüncü anahtar kelime olarak ‘verimlilik (productivity)’ eklenmiş ve nihai sonuç olarak yalnızca 3 adet çalışmaya ulaşılabilmektedir. Bu çalışmalardan ikisi (Shunmugasundaram ve diğerleri, 2020; Pan ve diğerleri, 2016) üretim ve malzeme ile ilgili mühendislik ağırlıklı çalışmalar iken, üçüncü çalışma (Nicchiotti, 2014) havacılıkla ilgili olmakla birlikte yine bakım-onarım ve mühendislik odaklı bir yaklaşımı içermektedir. Ancak araştırmanın amacı doğrultusunda değerlendirildiğinde listelenen bu üç çalışmanın da ‘havacılık, dijital ve verimlilik’ odağında çalışmalar olmadığı görülmektedir.

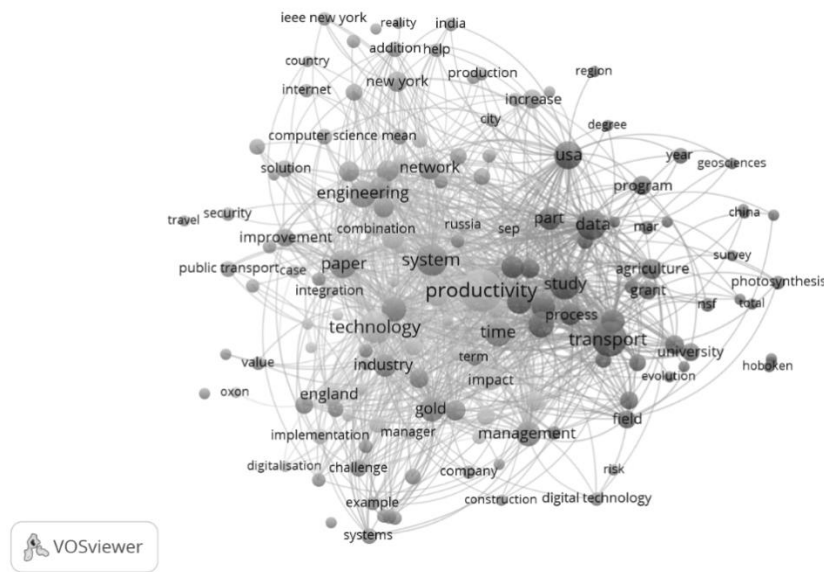


Şekil 2. Scopus veritabanı havacılık, dijital ve verimlilik ana teması eş-birliktelik ağ analizi

Birinci adımın ikinci aşamasında, WOS veri tabanında ‘havacılık, dijital ve verimlilik’ kelimeleri ile yalnızca 3 çalışmaya ulaşılması ve bunların da kapsam dışında olması sebebiyle daha geniş bir havuza sahip olan Scopus veri tabanında bir araştırma yapılmıştır. Benzer şekilde ilk olarak ‘havacılık ve dijital’ kelimeleri birlikte kullanılmış, 1580 sonuca ulaşılmıştır. Alanı ve anlamı daraltmak için ‘verimlilik’ kelimesi

de birlikte aramaya dâhil edilince 33 adet çalışmaya ulaşılmış ve bunların detayları VOSViewer'da değerlendirilmek üzere dışa aktarılmıştır. Şekil 2'de aktarıldığı üzere bu 33 çalışmada kullanılan anahtar kelimelerden benzer şekilde bir ağ analizi oluşturulmuştur. Buna göre yazılım tarafından kırmızı renk ile gösterilen kümenin dijitalleşme ile daha yoğun ilgili olduğu görülmektedir. Bu bağlamda da *'Dijital İkiz, Yapay Zekâ, Nesnelere İnterneti (IoT), Havaaracı Üretim ve Bakımı ve Operasyonel Süreçlerin'* birbirleriyle yakın ilişkili olduğu söylenebilmektedir.

İkinci adımda farklı çalışmalara da ulaşabilmek adına kullanılan anahtar kelimelerde küçük bir değişiklik yapılmıştır. Birinci adımdan farklı olarak WOS veri tabanında havacılık kelimesi verimlilik kelimesi ile değiştirilerek 'verimlilik ve dijital' anahtar kelimelerini içeren araştırmalar listelenmiş ve 2570 toplam sonuca ulaşılmıştır. Birinci adımdaki sonuçlardan farklı sonuçlar elde etmek ve kapsamı genişletmek amacıyla da havacılık yerine daha genel bir kavram olan 'ulaştırma (transport)' anahtar kelimesi ilave edilmiş ve 'verimlilik, dijital ve ulaştırma' anahtar kelimelerinin birlikte aranması sonucu 40 adet sonuç listelenmiştir. Listelenen ilgili çalışmalar VOSViewerde 'metin içi tüm kelimeler' bağlamında incelenmek üzere dışa aktarılmıştır. VOSViewer yazılımı aracılığıyla kelimeler arasında eş-birliktelik ağ analizi yapılmış ve Şekil 3'teki görsel elde edilmiştir.



Şekil 3. WOS veri tabanı havacılık, dijital ve ulaştırma ana temalı eş-birliktelik ağ analizi

Şekil 3'te görüldüğü üzere 'verimlilik' kelimesi en çok tekrar edilen kelime olarak öne çıkmakta ve sarı küme içerisinde yer almaktadır. Diğer yandan 'ulaştırma' kelimesi de yüksek sıklık ile öne çıkan ve kırmızı küme içerisine alınan bir kelimedir. Her iki kelimenin ve kümenin birbirleriyle yakın bir ilişkisi olduğu görülse de sarı renkli kümede 'verimlilik' kelimesiyle yakın anlamda yer alan *'Dijital İkiz, Dijitalleşme, Teknoloji, Entegrasyon, Etkinlik ve Performans'* kelimeleri çalışmanın havacılık/ulaştırma bağlamında değerlendirildiğinde dikkat çeken bir şekilde öne çıkmaktadır.

Metodolojinin ikinci adımının ikinci aşamasında Şekil 3'te WOS veri tabanından elde edilen sonuçlar itibarıyla ortaya konan analizin aynısı daha geniş kapsamla değerlendirmek amacıyla Scopus veri tabanından elde edilen sonuçlarla tekrar edilmiştir. Benzer şekilde 'Dijital ve Verimlilik' kelimeleri ile Scopus veri tabanında 4662 sonuca ulaşılırken, 'Ulaştırma' kelimesinin ilavesi ile 385 sonuç listelenmiş ve dışa aktarılmıştır. Bu 385 sonuçla yapılan 'metin içi tüm kelimeler' bağlamındaki analiz sonucu Şekil 4'te gösterilmektedir.

ve bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik çalışmaları (Lakshman ve Byali, 2016; Chhaya ve diğerleri 2019) kapsamaktadır.

Konunun kapsamına yönelik çalışmalarda ise bazı ilgi çekici sonuçlar da elde edilmiştir. Sonraki nesil (NextGen) hava taşımacılığı sistemine dair bir çalışmada hava trafik sistemlerine yönelik yapılacak bir yatırımın hava trafik kontrolörlerinin uçaklarla bağlantı/iletişiminde artan etkinlikle azalan iş yüklerinin, hava trafik sisteminin bütününe yönelik verimliliğini artırabileceği öne sürülmektedir (Gormley ve diğerleri, 2011). Bir diğer dikkat çeken çalışmada havacılıkta amaçlara göre yönetim (Management by Objectives-MBO) anlayışının teknolojik yatırımlarla desteklenmesi durumunda öz hedeflere yönelme, çalışanlar arasında sinerjiyi artırma ve iş yükünü doğru kullanma gibi unsurlarla etkinlik ve verimlilik açısından önemli bir katkısı olduğu belirtilmektedir (Abdallah ve Elhoss, 2019).

Havacılık sektöründe son yılların popüler uygulama alanlarından biri olan insansız hava araçları (İHA), dijitalleşmenin de etkisiyle farklı bir boyuta ulaşmış ve neredeyse her sektör, kurum ve birey için erişilebilir hale gelmiştir. Bu noktada İHA'ların tarım sektöründe kullanımına yönelik bir çalışmada, tarım arazilerinin haritalandırılmasından kontrolüne dek birçok süreçte İHA'ların yenilikçi uygulamaları ile geleneksel yöntemlere kıyasla daha basit, erişilebilir ve verimli bir sonuç elde edildiği belirtilmektedir (Perz ve Wronowski, 2019).

Endüstri 4.0 ile birlikte gündeme gelen çeşitli yenilikçi yaklaşımların havacılık sektöründe kullanımına yönelik akademik çalışmalardan biri de sektördeki önemli kurumların üniversitelerle olan iş birlikleri sonucu uyguladıkları simülasyon yöntemidir. Havacılık işletmelerinin üniversitelerin de desteğiyle ortaya konan simülasyonlar ile iş gücü yönetiminden envanter yönetimine ya da bir 'dijital fabrika' örneği ile havacılık sektörüne yönelik ürünlerin eksiksiz üretilmesi ile verimliliği artırmaya yönelik çalışmalar da yapılmaktadır (Guyon ve diğerleri, 2019). Benzer şekilde bir başka çalışmada da dijitalleşmenin havacılık sektörünün en kritik süreçlerinden biri olduğu belirtilirken özellikle bakım onarım alanında dijital teknolojilerin yüksek verimlilik sağlayabileceği, bu dönüşümün tüm paydaşlar tarafından büyük bir hevesle beklendiği ancak bu süreçte dijitalleşme/yenilik vizyonu olan kişi ve kurumların avantajının daha yüksek olduğu öne sürülmektedir (Chang ve diğerleri, 2019). Havacılıkta dijitalleşme ve verimliliğe dair önemli çalışmalardan bir diğeri ise, fiziki ikizinin (uçak vb.) ultra gerçekçi bir kopyası olarak dijital bir yansımaları ifade eden "Dijital İkiz" kavramı ile ilgili iken, bu kavram havacılık sektöründe ağırlıklı olarak havaaracı bakım tahminlemesinde kullanılmakta ve oldukça verimli bir yol olarak ifade edilmektedir (Barricelli ve diğerleri, 2019).

3.2. Havacılıkta Verimlilik ve Dijitalleşme Üzerine Örnek Uygulamalar

Yapılan analizler sonucu kesişim kümesinin de dikkat çeken kavramlarından biri olan 'Dijital İkiz' kavramının, listelenen sonuçların detaylı analizi sonucunda da çalışmalarda anlamlı ve kavrama yakın anlamda kullanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda havacılıkta dijitalleşme ve verimlilik ilişkisi üzerine bir değerlendirme yapıldığında yenilikçi teknolojiler, simülasyon, yapay zekâ gibi kelimelerin 'Dijital İkiz' ana kavramı üzerinde şekillendiği görülmektedir. Buna paralel olarak havacılıkta dijital ikiz uygulamaları üzerine içerik analizinden ayrı olarak literatürde bir araştırma daha yapmanın uygun olacağı düşünülmüş ve aşağıdaki gibi bazı çalışmalar öne çıkmıştır.

Dijital ikiz kavramı, fiziki ikizinin ömrünü/durumunu yansıtmak için birçok karmaşık ve entegre sistemi kullanarak oluşturulan ultra gerçekçi bir simülasyonu ifade ederken 'fiziksel ürün, dijital ürün ve aradaki bağlantı' olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır (Glaessgen ve Stargel, 2012). NASA'nın araştırmalarıyla dikkat çeken dijital ikiz kavramı, fiziksel ürünün/sistemin sağlığı, ömrü, başarılı olma ihtimali, karşılaşılabilecek sorunlar gibi birçok durum hakkında gerçekçi ve sürekli tahminler paylaşarak ilgili ürün/sistemin performansını artırmaya yönelik bir katkı sağlamaktadır. Birçok farklı sektörde birçok süreç ve ekipman için dönüşümün/adaptasyonun hızlandığı dijital ikiz kavramı fiziksel kaynaklardan gelen bilgileri gerçek zamanlı olarak dijital anlamda görselleştirerek o fiziksel ürünün durumunu anlık takip etmeyi kolaylaştıran bir uygulamadır.

Havacılık sektöründe de popüler konulardan biri haline gelen dijital ikiz, uçağın yapısal ömrünü tahmin etmek, uçakta hasar/arızanın yeri, boyutu ve yönünü tahmin etmek; hasar/arızayı gerçek zamanlı olarak tespit ve takip etmek ve havacılık operasyonları ve bakım planlamalarını sağlıklı yürütmek gibi amaçlarla sıklıkla kullanılmaktadır (Tao ve diğerleri, 2019). Havacılık sektöründe dijital ikiz bir uçak örneği üzerinden ele alınırsa motor içindeki türbin kanadının ömründen uçak gövdesine ve aviyonik sistemlere dek tüm uçağa dair bilgilerin aşırı hassasiyetle tahminini sağlayarak yakıt verimliliği ve emniyetin en üst düzeyde uygulanması gibi birçok aşamada etkin ve verimli bir endüstriyel hizmet sağlamaktadır (Augustine, 2020: 11). Dijital ikiz ve havacılıkla ilgili çalışmalardan bir başka örnek olarak hava kargo süreçlerinde yükleme tipinden rotaya 5 farklı senaryo üzerinde bir çalışma yapılmış ve dijital ikiz uygulamaların kargo yükleme süreçlerinden, konteynerlerin konumuna hava kargo süreçlerinden özellikle aksaklık yaşanması muhtemel

durumların çözümünde performansı artırmaya yönelik avantaj sağlayabileceği belirtilmektedir (Wong ve diğerleri, 2020).

Akademik ve teorik çalışmaların yanı sıra havacılıkta mevcut uygulamalardan biri Hollanda Schiphol havalimanı üzerinde uygulanırken, dijital ikizin tüm havalimanı boyunca potansiyel tüm problemler üzerinde senaryolar sunduğu ve bunun havalimanı için hem zaman hem de para tasarrufu sağladığı belirtilmektedir (Bauman, 2019). Havacılık sektörünün önemli paydaşlarından SITA, geleceğin havalimanları için önümüzdeki 10 yıllık tahminde tüm paydaşların gerçek zamanlı operasyonlar tasarlamak, operasyonel verimliliği artırmak ve yolcu deneyimini geliştirmek adına dijital ikiz teknolojisine başvuracağını tahmin etmektedir (Ubudu, 2020). Bir başka örnek çalışmada ise dijital ikiz ile yolculara havalimanlarında bir sanal tur imkânı ile hem eğlence/boş zaman için bir öneri hem de bir rehberlik/yönlendirme hizmeti olarak alternatif yaratması ve havalimanlarının herkes için erişilebilir olmasına yönelik çalışmalar söz konusudur (Airport Industry Review, 2019).

Dijital ikiz kavramının ürün/hizmetler ve süreçlere dair kullanımın yanı sıra insan üzerinden de çeşitli kullanımlarının olduğunu aktaran çeşitli akademik çalışmalar da söz konusudur. Bir spor takımındaki sporcular üzerinde yapılan bir araştırmada (Barricelli ve diğerleri, 2020: 26658) dijital ikizin performans ve fiziksel durumu izlemedeki başarısı vurgulanmış ve tıp dâhil diğer alanlara yönelik kullanımı önerilmiştir. Diğer sektörlerdeki benzer uygulamaların havacılık sektöründe havayolu ve havalimanları için de yolcular açısından ilham verici bazı ipuçları sağlayabileceği de dikkate alınmalıdır. Fiziksel ürünler için kullanılan dijital ikiz teknolojisinin, insan merkezli çalışmalarda kullanılması ile ilgili bir teknik olarak Dijital İnsan Modelleme (Digital Human Modeling), havacılık sektöründe de kullanılmaktadır (Maurya ve diğerleri, 2019). Örnek çalışmada pilotlar için kokpit tasarımından yolcular için uçak koltuğu ve emniyet kemeri tasarımına kadar geniş bir yelpazede kullanım alanı sağlamanın yanı sıra çalışanların stres ve motivasyonunu artırarak örgütsel verimliliği, yolcuların konforuna etki ederek de müşteri memnuniyetini artırmanın bir yolu olarak dikkat çekmektedir. Dijital ikiz kavramının insan (yolcu) açısından değerlendirilmesine yönelik bir tren istasyonunda yapılan çalışma havalimanları ve yolculara adaptasyon açısından dikkat çekici sonuçlar ortaya koymaktadır. Dijital ikiz sayesinde yolculara daha özelleştirilmiş yolcu hizmeti, akıllı ve hızlı biletleme hizmeti, istasyon içi dinamik/anlık rehberlik hizmeti ve yolcular için istasyonlarda daha konforlu bekleme alanları sağlamak gibi amaçlar için kullanılabilirliği belirtilmiştir (Li ve diğerleri, 2020).

İnsanlarda dijital ikiz uygulamalarının çalışanların işe ve fiziksel ortama uyumuna dair ergonomik tahminlemenin ötesinde doğrudan müşteriler/tüketiciler için de mümkün olabileceği bu örnek dikkate alınmalıdır. Buna göre dijitalleşme sayesinde tüketicilerin davranışlarını tahminleme ile işletmeler tüketicilere mümkün olan en uygun şartlarda (yer, zaman, fiyat vb.) ihtiyaç olan ürün/hizmeti sunabilecekken, tüketiciler de çeşitli ürün/hizmetlere yönelik 'kişiselleştirilmiş' öneriler sunulabilecek olması yüksek oranda memnuniyetini artırarak, tüm paydaşlar açısından bir kazan-kazan durumu yaratabilecektir (Augustine, 2020: 25; Vijayakumar, 2020: 265). Dijital ikiz kavramının insan modellemesi için de örneklerinin birçok sektör ve alan için çoğaldığı görülmektedir. Günümüzde tüketicilerin son derece kişiselleştirilmiş ve dijital (yenilikçi, akıllı vb.) ürün/hizmetlere olan talebi artmış ve Endüstri 4.0 ile değişmeye başlayan iş süreçlerinin de zorlamasıyla bu kaçınılmaz hale gelmişken, bu şartlarda 'verimsiz' geleneksel iş ve pazarlama stratejileri yerini dijital ikiz gibi mevcut dijital yetenekleri müşteri odağında kullanabilme potansiyeline de dikkat almak bir zorunluluk olacaktır (Lim ve diğerleri, 2019).

4. SONUÇ

Havacılıkta teknolojik gelişmeler, yenilikler ve paralel olarak dijitalleşme havacılığın doğası gereği var olduğu günden bugüne devam eden bir süreçtir. Günümüze dek havacılık teknolojisinde çeşitli yenilikler, değişim ve dönüşümler hep söz konusu iken Endüstri 4.0 kavramı ile öne çıkan dijitalleşme bugüne dek yaşanan süreçte sektöre ve ilgili profesyonellere başka bir fırsat yaratma ya da bir meydan okuma olarak karşılıklarında durmaktadır. Bu anlamda başta üretim süreçleri olmakla birlikte Endüstri 4.0 kavramı ile dijitalleşme tüm sektörler için kaçınılmaz bir adım olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 kavramının gündemde olduğu son 10 yıl içerisinde yapılan akademik çalışmalar, 'Havacılıkta Dijitalleşmenin' geleneksel performans göstergelerine kıyasla 'Verimlilik' üzerine olan etkisi bağlamında içerik analizi yöntemi ile incelenmiştir. Bu inceleme ile amaç 'Havacılıkta Dijitalleşme ve Verimlilik' kavramı üzerine dikkat çeken çalışmalar, konular ve ipuçlarını ortaya koyabilmektedir. Bu anlamda en kaliteli akademik çalışmaların tarandığı WOS ve Scopus veri tabanlarında anahtar kelimelerle 6 farklı arama yapılmış ve sonuçlar VOSViewer programı aracılığıyla 6 farklı analize tabi olmuştur. Analizde ortaya çıkan anahtar kelimeler, kümeler ve ilişkiler odağında 'Havacılıkta Dijitalleşme ve Verimlilik' odağında 3 farklı çalışma alanı olduğu söylenebilir. Genel bir ifade ile 'aerodinamik, havaaracı, motor, kalite, yenilikçi' gibi kelimelerin bir arada ve ilişkili olduğu görülmekte ve bunlar 'Teknoloji (Tasarım, Mühendislik)' gibi alanlarda çalışmaların yoğunluğunu ortaya çıkarmaktadır. Devamında 'yakıt, emisyon, enerji, performans' gibi kelimeleri içeren ilişki ve küme yoğunluğu yine teknolojik çalışmalarla paralel olmakla

birlikte 'Çevre' bakış açılı çalışmaların da sıklığını göstermektedir. Son olarak diğerlerine kıyasla oldukça az ancak yine de anlamlı bir ilişki içeren 'havayolu, havalimanı, kalkınma, ekonomi' gibi kelimeleri içeren kümeler de yer almakta ve bunların da 'Yönetim' bakış açısını yansıtmakta olduğu söylenebilir.

Teknoloji, Çevre ve Yönetim ana temalı üç çalışma konusunda ve ilgili anahtar kelimeler ile yapılan içerik analizinde çeşitli kavramlar öne çıkmakta iken bunların içinde en dikkat çeken 'dijital ikiz' kavramı olmuştur. Gerek sektörde kurumlar ve sistemler tarafından gerekse de sayıca az olsa da insan odağında dijital ikiz kavramının çeşitli çalışmalara konu olduğu görülmekte ve tüm paydaşlar açısından verimlilik anlamında dikkat çekici bir katkısı olabileceği belirtilmektedir. Ancak literatürde ve uygulamalardaki örneklerden farklı olarak dijital ikiz kavramının 'sosyal bilimler' bakış açısıyla ele alınması literatüre önemli ve farklı katkı sağlayacak unsurlardan biri olacaktır.

Farklı örneklerde görüldüğü üzere birçok sektörde uygulanabilir bir kavram olarak dijital ikizin özellikle üretim süreçlerinde geleceğin fabrikalarını inşa ederken kritik öneme sahip olacağı bir gerçektir. Dijital ikiz ile işletmeler kullanılan kaynakları ve maliyetleri azaltma ve etkinlik ve verimliliği de artırabilme imkânına sahipken adaptasyon sürecinde karşılaşacağı zorluklar sırasıyla sanal modelleme, işletmelerin organizasyon yapısı ve gerçek zamanlı veri ve senkronizasyonu sağlama olarak özetlenmektedir (Pires ve diğerleri, 2019). Olumlu anlamda ise örgütsel düzeyde dijital ikize dönüşüm sürecinin işletmeler için 'operasyonel maliyetleri azaltma, marka bütünlüğü ve müşteri deneyimini artırma, yeni gelir alternatifleri yaratma ve rekabetçi farklılık elde etme' amacıyla performans iyileştirici bir unsur olacağı öne sürülmektedir (Parmar ve diğerleri, 2020). Diğer yandan dijital ikiz kavramı ile nispeten düşük maliyetli bir çözümle rekabet gücünü artıranlar iken, aynı zamanda çalışanların daha proaktif bir rol üstlenmesine ve müşterilerden tedarik zincirine tüm paydaşların faydalanabileceği bir yapının sağlanmasına olanak verecektir (Lim ve diğerleri, 2019).

Dijital ikiz kavramının faydası ve avantajlarına yönelik çalışmaların yanı sıra olumsuz yönlerine dair bazı eleştirel çalışmalar da söz konusudur. Dijital ikiz kavramının bir fiziki ürün/sistemin ömrü boyunca karşılaşabileceği tüm olası senaryoları temsil edemeyeceği ve havacılık gibi yüksek emniyet/risk düzeyine sahip sektörlerde sistemin kendisinin de bir risk ve belirsizlik katabileceği iddia edilmektedir (Ibrion ve diğerleri, 2019). Tüm yenilikçi teknolojilerde karşılaşılacak sorunlar olabileceği de bu aşamada dikkate alınması gereken unsurlardan biridir.

Bu anlamda havacılık sektöründe de Ar-Ge, tasarım, mühendislik gibi konulardan bağımsız olarak havaalanı ve havayolu yönetimi gibi alanlarda dijital ikiz kavramının kullanılması pazarlama stratejileri ve yolcu memnuniyeti açısından dikkat çekici sonuçlar yaratma potansiyeline sahiptir. Hâlihazırda havalimanları özelinde kısıtlı sayıda örnek ve hedef çalışma söz konusu olsa da, tren istasyonlarında yapılan çalışmalar havalimanı adaptasyonu açısından örnek teşkil edebilir. Havalimanlarının karmaşık yapısı, çok farklı ve dinamik süreçleri, çok değişken yolcu profilleri gibi zor bir yönetim anlayışında dijital ikiz kavramı hem yöneticilere hem de yolculara önemli düzeyde katkı ve katma değer sağlayacak bir yenilik olacaktır. Havalimanlarındaki check-in, boarding, arrival gibi standart yolcu hizmetleri süreçlerinde, bagaj alım/takibinde, kapı tahsislerinde ve hatta slot süreçlerinde dahi dijital ikizin havalimanı operasyonlarında verimliliğe önemli katkı yapacağı düşünülmektedir. Aynı şekilde havayolları açısından uçuş sırası hizmetlerde yolcunun durumunu takip etmek, kabin hizmetlerinde anlık ve yolcuya özel hizmet verebilmek de yolcu memnuniyeti açısından dikkat çekici olacaktır. İleriki çalışmalarda dijital ikizin havalimanı ve havayolu operasyon süreçlerindeki etkisi üzerine yapılacak çalışmalar literatürdeki bu eksikliği giderecek ve aynı zamanda sektördeki profesyonellere de yol gösterici sonuçlar sağlayabilecektir. Dijital ikizin teknik (teknolojik) kullanımın yanı sıra yönetim ve pazarlama anlamında kullanımı da mutlaka dikkate alınmalıdır. Havacılık sektörü de özellikle havalimanları açısından bu yenilikçi teknolojinin kullanımı için uygun alanlar olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada da çeşitli kısıtlar söz konusudur. Dijital dönüşüm sürecinin çok yeni olması ve havacılık sektöründe de uygulamaların henüz gündemde olması akademik çalışmalarda da benzer anlamda kısıtlı çalışmaların ortaya konmasına sebep olmuştur. Hem teorik hem de pratik anlamda havacılıkta dijitalleşme uygulamalarının artması verimliliğe olan etkinin değerlendirilmesi adına ileriki çalışmalarda daha dikkat çekici sonuçların ortaya çıkmasına olanak verecektir.

KAYNAKÇA

- Abdallah, F. ve Elhoss, W. (2019). "The Impact of Management by Objectives (MBO) on Organizational Outcome in a Digital World: A Case Study in the Aviation Industry", *International Conference on Digital Economy*, 15-28.
- Airport Industry Review (2019). "The Digital Twin: Creating Virtual Airport Tours with Ocean 3", https://airport.nridigital.com/air_aug19/the_digital_twins_creating_virtual_airport_tours_with_ocean3d, (Erişim Tarihi: 23.07.2021).
- Alam, M.A. (2016). "Techno-Stress and Productivity: Survey Evidence from the Aviation Industry", *Journal of Air Transport Management*, 50, 62-70.
- Alexander M, Gubbels A., Gowanlock D, Dones F, Rossi G. ve Spano M. (2020). "A Systems Engineering Approach for Enabling Research and Development in the Vertical Lift Autonomy Flight Sciences Domain", *Vertical Flight Society's 76th Annual Forum and Technology Display*.
- Atalık, Ö., Akan, A.G.Ş. ve Bakır, A.G.M, (2019). "Havacılık 4.0: Havayolu ve Havaalanı Endüstrisinde Güncel Endüstri 4.0 Uygulamaları", *Scientific Committee*, 879.
- Augustine, P. (2020). "The Industry Use Cases for the Digital Twin Idea, In Advances in Computers" *Advances in Computers*, 117(1), 79-105.
- Barricelli, B.R., Casiraghi, E. ve Fogli, D. (2019). "A Survey on Digital Twin: Definitions, Characteristics, Applications, and Design Implications", *IEEE Access*, 7, 167653-167671.
- Barricelli, B.R., Casiraghi, E., Gliozzo, J., Petrini, A. ve Valtolina, S. (2020). "Human Digital Twin for Fitness Management", *IEEE Access*, 8, 26637-26664.
- Bauman J. (2019). "Digital Twin Helps Airport Optimize Operations", <https://www.esri.com/about/newsroom/wp-content/uploads/2019/10/airport.pdf>, (Erişim Tarihi: 23.07.2021).
- Budd, T., Intini, M. ve Volta, N. (2020). "Environmentally Sustainable Air Transport: A Focus on Airline Productivity", *Sustainable Aviation*, Palgrave Macmillan, Cham.
- Cam, A.C. ve Durmaz, V. (2018). "Dijital Havacılık: Güncel Uygulamalarla Gelecekteki Yolcu Deneyimleri", *Electronic Turkish Studies*, 13(26), 251-266.
- Chang, S., Wang, Z., Wang, Y., Tang, J. ve Jiang, X. (2019). "Enabling Technologies and Platforms to Aid Digitalization of Commercial Aviation Support, Maintenance and Health Management", *2019 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE)*, 926-932.
- Chhaya, B N., Jafer, S. ve Durak, U. (2019). "Scenario-Based Development of DSL Models using Domain-Specific Scenario (DoSS) Framework", *AIAA Scitech 2019 Forum*, 1711.
- Defraeye, T., Shrivastava, C., Berry, T., Verboven, P., Onwude, D., Schudel, S. 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.
- Devaev, V.M. ve Makhanko, A. A. (2018). "Development of the Remotely Piloted Agricultural Aircraft (RPAA) Control System on the Basis of the Airplane MV-500", *Computer Research and Modeling*, 10(3), 315-323.
- Ferrell, U.D. (2018). "Mindful Application of Standards for Avionics-An Intentional, Systematic, and Measurable Transformation", *2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, 1-8. IEEE.
- Glaessgen, E. ve Stargel, D. (2012). "The Digital Twin Paradigm for Future NASA and US Air Force Vehicles", *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference, 14th AIAA*, 1818.
- Gökçalp, E., Gökçalp, M.O., Çoban, S. ve Eren, P.E. (2019). "Dijital Dönüşümün Etkisinde Verimli İstihdam Yönetimi: Yol Haritası Önerisi", *Verimlilik Dergisi*, 3, 201-222.
- Gormley, K.J., Kirkman, D.A., Giles, S. ve Narkus-Kramer, M.P. (2011). "Operational Preferences for ATC Data Link Equipped Aircraft: Severe Weather Reroutes", *2011 IEEE/AIAA 30th Digital Avionics Systems Conference*, 1B2-1-1B2-8, DOI: 10.1109/DASC.2011.6095963.
- Gülseren, A. ve Sağbaş, A. (2019). "Endüstri 4.0 Perspektifinde Sanayide Dijital Dönüşüm ve Dijital Olgunluk Seviyesinin Değerlendirilmesi", *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(2), 1-5.
- Gürdin, B. (2020). "Yeşil Pazarlamanın Bilimsel Haritaların Görselleştirilmesi Tekniğiyle Bibliyometrik Analizi", *Econder International Academic Journal*, 4(1), 203-231.
- Guyon, I., Amine, R., Tamayo, S. ve Fontane, F. (2019). "Analysis of the Opportunities of Industry 4.0 in the Aeronautical Sector", *10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2019*, Mart 2019, Orlando, United States.
- Hannover Messe (2017). "The Better Passenger", <https://www.hannovermesse.de/en/news/news-articles/the-better-passenger>, (Erişim Tarihi: 23.07.2021).

- Ibrion, M., Paltrinieri, N. ve Nejad, A.R. (2019). "On Risk of Digital Twin Implementation in Marine Industry: Learning from Aviation Industry", *Journal of Physics: Conference Series*, 1357, DOI: 10.1088/1742-6596/1357/1/012009.
- Kinard, D.A. (2018). "F-35 Digital Thread and Advanced Manufacturing, The F-35 Lightning II: From Concept to Cockpit", *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, Haziran 25-29, Atlanta, Georgia.
- Klein, M. (2020a). "İşletmelerde Dijital Dönüşüm ve Etmenleri", *Journal of Business in the Digital Age*, 3(1), 24-35.
- Klein, M. (2020b). "İşletmelerin Dijital Dönüşüm Senaryoları-Kavramsal Bir Model Önerisi", *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(74), 997-1019.
- Lakshman D. ve Byali R.S. (2016). "Just-In-Time (JIT) Approach in Satellite Supply Chain Process", *Journal of Spacecraft Technology*, 27(1), 39-54.
- Lappas, V., Kostopoulos, V., Tsourdos, A. ve Kindylides, S. (2019). "Lunar in-situ Thermal Regolith Storage and Power Generation Using Thermoelectric Generators", *AIAA Scitech 2019 Forum*, 1375.
- Li, D., Yang, X. ve Xu, X. (2020). "A Framework of Smart Railway Passenger Station Based on Digital Twin", *CICTP 2020*, 2623-2634.
- Lim, K.Y.H., Zheng, P. ve Chen, C.H. (2020). "A State-of-the-Art Survey of Digital Twin: Techniques, Engineering Product Lifecycle Management and Business Innovation Perspectives", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 1313-1337.
- Liu, X., Zhou, D., Zhou, P. ve Wang, Q. (2017). "What Drives CO₂ Emissions from China's Civil Aviation? An Exploration Using a New Generalized PDA Method", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 99, 30-45.
- Maurya, C.M., Karmakar, S. ve Das, A.K. (2019). "Digital Human Modeling (DHM) for Improving Work Environment for Specially-Abled and Elderly", *SN Applied Sciences*, 1(11), 1-9.
- Nicchiotti, G. (2014). "Health Monitoring Requirements Elicitation Via House Of Quality", *2014 IEEE Aerospace Conference*, 1-15, DOI: 10.1109/AERO.2014.6836401.
- Pan, W.M., Li, G.H. ve Li, M.H. (2016). "Research on Computer Integrated Manufacturing of Sheet Metal Parts for Lithium Battery", *ITM Web of Conferences*, 7, 09009.
- Panzone, C., Philippe, R., Chappaz, A., Fongarland, P. ve Bengaouer, A. (2020). "Power-to-Liquid Catalytic CO₂ Valorization into Fuels and Chemicals: Focus on the Fischer-Tropsch Route", *Journal of CO₂ Utilization*, 38, 314-347.
- Parmar, R., Leiponen, A. ve Thomas, L.D. (2020). "Building an Organizational Digital Twin", *Business Horizons*, 63(6), 725-736.
- Perz, R. ve Wronowski, K. (2019). "UAV Application for Precision Agriculture", *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 91(2), 257-263.
- Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A.P. ve Leitão, P. (2019). "Digital Twin in Industry 4.0: Technologies, Applications and Challenges", *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 1, 721-726.
- Sciortino, G.P. ve Bergamini, E. (2015). "Measuring the Socioeconomic Impacts of Italy's Space Sector Activities: ASI's Web Panel and Its Yearly Indexes for Monitoring the Drive toward the Market and the Ground Users-the Cases of Aeronautics and Software Production", *New Space*, 3(3), 191-203.
- Shunmugasundaram, M., Baig Maughal, A.A. ve Kumar, M.A. (2020). "A Review of Bio-Degradable Materials for Fused Deposition Modeling Machine", *Materials Today: Proceedings*, 27, 1596-1600.
- Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B. ve Nee, A.Y. (2019). "Digital Twin-Driven Product Design Framework", *International Journal of Production Research*, 57(12), 3935-3953.
- Türkay, U. İ. ve Artar, O. (2021). "Havacılık Sektöründe Havalimanlarının Dijital Dönüşümü", *Working Paper Series*, 2 (1), 86-97.
- Ubudu (2020). "Leveraging the Digital Twin to Reduce Flight Delays by Optimising Airside Operations", <https://www.ubudu.com/leveraging-the-digital-twin-to-reduce-flight-delays-by-optimising-airside-operations/>, (Erişim Tarihi: 23.07.2021).
- Van Seeters, P., Crossley, W. ve Ko, A. (2011). "Revisiting the Boeing B-47 and AVRO Vulcan Configuration Comparison with Observations Relevant to New Aircraft Concepts-Part 2", *11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, Including the AIAA Balloon Systems Conference and 19th AIAA Lighter-Than*, 6934.
- Vijayakumar, D.S. (2020). "Digital Twin in Consumer Choice Modeling", *Advances in Computers*, 117(1), 265-284.
- Wong, E.Y., Mo, D.Y. ve So, S. (2020). "Closed-Loop Digital Twin System for Air Cargo Load Planning Operations", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(7-8), 801-813.

- Xu, L.D. ve Duan, L. (2019). "Big Data for Cyber Physical Systems In Industry 4.0: A Survey", *Enterprise Information Systems*, 13(2), 148-169.
- Yıldırım, Y. (2019). "Endüstri 4.0'a Kapsamlı Bir Bakış: 2011'den Bugüne", *Bilgi Dünyası*, 20(2), 217-249.
- Yılmaz, Y. (2021). "Dijital Ekonomiye Geçiş Süreci, Ölçümü ve Dijitalleşme Verimlilik İlişkisi", *İstanbul İktisat Dergisi*, 71(1), 283-316.
- Yükçü, S. ve Atağan, G. (2009). "Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 1-13.