

## İnsan Kaynakları Yönetimi Bağlamında Dijital İkizler ve Sentetik Algılamanın Kapsamlı Bir İncelemesi

*A Comprehensive Review of Digital Twins and Synthetic Sensing in the Context of Human Resource Management*

### ÖZET

Bu araştırmanın amacı dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojisinin işletmenin stratejik fonksiyonu ve ortağı olan insan kaynakları yönetimine sunduğu dijital kabiliyetlerin dijital ikizler ve sentetik algılama çerçevesinde kapsamlı incelenmesidir. Araştırmanın problem cümlesi; "Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin insan kaynakları yönetimine entegrasyonunun avantajları ve zorlukları nelerdir ve bu teknolojiler insan kaynakları yönetiminin kurumsal stratejik ortaklık rolünü nasıl etkilemektedir?" şeklinde belirlenmiştir. Araştırmanın yöntemi sistematik derleme yöntemidir. Sistematik derleme; "aynı konuda yapılmış olan araştırma sonuçlarını sentezlemek ve özetlemek için geliştirilmiş bir araştırma yöntemidir" (Gökdemir ve Dolgun, 2020). Sistematik derleme yönteminde, ilgili konu ya da kavramla ilgili yayımlanmış araştırmalar kapsamlı şekilde tarandıktan sonra dâhil edilme ve hariç tutma ölçütleri belirlenerek, hangi araştırmaların derlemeye dahil edileceğine karar verilmektedir (Karaçam, 2013). Belirlenen araştırmalardan elde edilen kanıtlar sentezlenerek okuyucuya bir sonuç halinde sunulmaktadır (Çam ve Bilge, 2013). Araştırmada 2014-2024 yılları arasında insan kaynakları yönetimi bağlamında dijital ikizler teknolojisi ile ilgili gerçekleştirilmiş olan çalışmalar EBSCOhost, Scopus, WOS, ProQuest, Dergipark, YÖKTEZ aracılığıyla taranmıştır. Tarama sonuçları PRISMA adımları izlenerek değerlendirilmiş ve derlemeye dahil edilecek çalışmalar belirlenmiştir. İlgili alan yazından hareket ile öncelikle dijital ikizler teknolojisi ve sentetik algılamının tanımları yapılmış, ardından yönetim ve organizasyon kapsamında genel kullanım alanları incelenmiş, söz konusu teknolojilerin kullanım riskleri ve zorlukları ele alınarak insan kaynakları yönetimi süreçlerinde dijital ikiz geliştirme aşamaları ve sentetik algılamının stratejik kazanımları açıklanmıştır. Yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde dijital ikizler ve sentetik algılama yaklaşımının insan kaynakları yönetimi fonksiyonlarına entegre edilmesinin olumlu etkilerinin olacağı düşünülmektedir. Bulgular dijital ikiz ve sentetik algılama teknolojisinin insan kaynakları yönetimlerinin kurumsal stratejik ortak olma rolünü yeniden pekiştirdiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital İkizler, Sentetik Algılama, İnsan Kaynakları Yönetimi

### ABSTRACT

This study aims to investigate how digital twins and synthetic sensing technology can enhance human resources management, an essential strategic function within enterprises. The research question guiding this study is focused on exploring the benefits and obstacles associated with integrating digital twins and synthetic sensing technologies into human resource management, and their impact on the strategic partnership role of human resource management within corporations. The study will employ a systematic review approach, which involves synthesizing and summarizing existing research findings on the topic (Gökdemir ve Dolgun, 2020). This method entails comprehensive scanning of published research, setting inclusion and exclusion criteria, and synthesizing the evidence gathered from selected research to provide valuable insights to the readers (Çam ve Bilge, 2013). From this point of view, in this research, the studies carried out on digital twins technology in the context of human resources management between 2014-2024 were scanned through EBSCOhost, Scopus, Web of Science, ProQuest, Dergipark and YÖKTEZ. The results of the screening were evaluated by following the PRISMA steps and the studies to be included in the review were determined. Based on the literature of the field reached, first of all, the definitions of digital twins technology and synthetic sensing were made, then the general usage areas within the scope of management and organization were examined, the risks and difficulties of the use of these technologies were discussed, and the stages of digital twin development in human resources management processes and the strategic gains of synthetic sensing were explained. When the studies are examined, it is thought that integrating digital twins and synthetic sensing approach into human resources management functions will have positive effects. The findings show that digital twin and synthetic sensing technology reinforces the role of human resource management as a corporate strategic partner.

**Keywords:** Digital Twins, Synthetic Sensing, Human Resource Management.

## GİRİŞ

Dijital ikizler teknolojisi yönetim ve organizasyon alan yazındaki yerini işletmeleri geleceğe taşıyacak güçlü bir araç şeklinde almaktadır. Gerçek zamanlı veri analitiği ve organizasyonel simülasyon (Ahat, 2024) kavramları ile anılan bu teknoloji yönetime kritik değerinde bir içgörü kazandırmıştır. Rekabet avantajı sağlayan bu kritik içgörü kurumsal sentetik izleme ve algılama yeteneğinin alt yapısı niteliğindedir. Dijital ikizler teknolojisi gerçek zamanlı veriler ile beslenerek karar ve eylemler üretebilen sanal temsiller sunmaktadır (Salem ve Dragomir, 2022). Bir diğer ifade ile gerçek dünyadaki karmaşık koşulların ve sistemlerin karşılığı olan bu sanal temsiller yöneticiler açısından eşsiz değerinde stratejik karar destek anlamına gelirler (Hartmann, 2023). Dijital ikiz sistemleri ile entegre

**Kâmil Ahat**<sup>1</sup>

### How to Cite This Article

Ahat, K. (2024). "İnsan Kaynakları Yönetimi Bağlamında Dijital İkizler ve Sentetik Algılamanın Kapsamlı Bir İncelemesi" International Social Sciences Studies Journal, (e-ISSN:2587-1587) Vol:10, Issue:6; pp:968-979. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12592679>

Arrival: 27 April 2024  
Published: 29 June 2024

Social Sciences Studies Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

<sup>1</sup> Dr.Öğr.Üyesi, Selçuk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Ayakkabı Tasarımı ve Üretimi Bölümü, Konya, Türkiye ORCID: 0000-0003-4734-0929

edilmiş olan verilerin görselleştirilmesi bu karar desteği daha güçlü hale getirmektedir (Yan, vd., 2021). Dijital ikizler teknolojisi makine öğrenimi modellerinin eğitimini hızlandıran kritik bir teknolojidir (Alexopoulos, vd., 2020).

Dijital ikizler gerçek zamanlı veriler ile sürekli güncellenen gerçek yaşamda karşılıkları olan fiziksel nesne, sistem veyahut sürecin durumunu, performansını ve yaşam döngüsünü simüle etmek için kullanılmaktadır. Veri kalitesi dijital ikizlerin fiziksel dünyadaki değişikliklere anında tepki vermesini ve doğru tahminlerde bulunmasını mümkün kılmaktadır. Diğer taraftan dijital ikizler gibi organizasyonel simülasyon kavramı etrafında şekillenen diğer kavramlar sentetik veri, sentetik izleme ve algılama kavramlarıdır (Ahat, 2024).

Gerçek veriye erişimin zor veya imkânsız olduğu durumlarda gerçek veri setlerini taklit etmeleri için yapay olarak oluşturulan verilere sentetik veri denilmektedir. Sentetik veri gizlilik ve güvenlik endişelerini ortadan kaldırdığı için dijital ikizlerin ve yapay zekâ modellerinin eğitimi için oldukça kullanışlı bulunmaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmaları ile fiziksel dünyadan toplanan gerçek zamanlı ham verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi sonucu yeni bilgiler üretilmesi sentetik algılama olarak kabul edilmektedir. Böylelikle gerçek zamanlı verilerden hareket ile daha karmaşık, soyut ve daha önceden tanımlanmamış bilgilere ulaşmak mümkün olur. Örneğin performans ölçümleri kullanılarak çalışanların potansiyellerine yönelik eğilimlerini içeren yeni bilgilere ulaşılabilir. Sentetik algılama doğrudan ölçülemeyen ancak elde edilen verilerden hareket ile çıkarımda bulunabilecek daha geniş bir bilgi setine işaret eder. Sentetik algılama sensörlerin kullanışlı ve pratik olmadığı durumlarda iç görüye kavuşmayı mümkün hale getirmektedir.

Literatürde daha fazla yer aldığı anlaşılan sentetik izleme kavramı sentetik algılama ile benzer şekilde kullanılsa da uygulama ve yöntem açısından farklılıklar taşımaktadır. Sentetik izleme web hizmetleri, online on demand uygulamalar ve ağ altyapısı gibi dijital hizmetlerin performansını ve kullanılabilirliğini test etmek için kullanılan bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Burada kullanıcı etkileşimini taklit eden "otomatize edilmiş botlar" veya "simüle edilmiş kullanıcılar" kullanılmaktadır. Sentetik izleme ile örneğin bir web sitesinin erişilebilirliği, yanıt süresi, ağ performansı ölçülmektedir. Böylelikle potansiyel olası sorunlar daha gerçekleşmeden çözülebilmektedir. Sentetik algılama yapay zekâ algoritmaları kullanarak temel algılama yeteneklerinden türetilmiş olup, bir ortamı temsil etmek üzere kritik bilgiler sağlamaktadır (Minerva, vd. 2021). Sentetik algılamanın farkı fiziksel dünyadan gerçek zamanlı toplanan verilerden yapay zekâ ve makine öğrenme ile güçlendirilmiş algoritmalar vasıtası ile yeni bilgiler türetilmesidir. Sentetik algılama, mevcut verilerden maksimum fayda sağlarken çok daha derinlemesine iç görüleri hedefler. Dijital ikizler, gerçek zamanlı veri, sentetik veri, sentetik izleme ve sentetik algılama kavramları, dördüncü sanayi devriminin ve yapay zekanın sunduğu ileri analiz ve simülasyon kabiliyetinin bileşenleri olarak iç içe geçmiş ve birbirlerini tamamlayıcı niteliktedirler.

Günümüzde özellikle üretim işletmelerinde dijital ikizler teknolojisinin kullanımı, bakım onarım alanındaki arızaların öngörülmesinden üretim verimliliğinin artırılması, tedarik zinciri, envanter yönetimi, teslimat süreleri lojistik ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasına değin geniş bir operasyonel yelpazede kendisini göstermektedir (Ivanov vd., 2019). Dijital ikizler teknolojisi, sensörler aracılığı ile topladığı gerçek zamanlı verileri kullanarak fiziksel varlıkların sanal bir kopyasını yani sanal modelini oluşturmaktadır (Tao vd., 2018). Bu sayede fiziksel gerçek varlıkların davranışları, performansları ve potansiyelleri gerçek zamanlı olarak izlenerek analiz edilebilir ve geleceğe dönük güçlü tahminler yapılabilir (Rosen vd., 2015; Kritzing vd., 2018).

Geleceğe yönelik senaryoların simüle edilmesi işletmelere potansiyel riskleri ve fırsatları görme ve değerlendirme imkânı sunmaktadır (Tao vd., 2019). Dijital ikizler teknolojisi ile sentetik izleme ve algılama kullanımı dördüncü sanayi devrimi ile karakterize olan akıllı organizasyonların önemli bir bileşeni olmuştur (Qi vd., 2019). Sentetik izleme ve algılama kavramları dijital ikizler teknolojisinin yönetim ve organizasyon alanına sunduğu stratejik bir değer olarak görülmelidir.

### **Akademik Literatürde Dijital İkizler ve Sentetik Algılama**

Barricelli, vd., (2020), "Human Digital Twin for Fitness Management" adlı çalışmalarında dijital ikizlerini oluşturdukları gerçek sporcuların fiziksel aktivite, uyku düzeni ve beslenme ölçümlerini izlemişler ve sporculara durumlarını düzenleyecek şekilde geleceğe yönelik önerilerde bulunmuşlardır. Araştırmada tanıtılan ve SmartFit adı verilen bir yazılım aracılığı ile sporcu, antrenör ve takım arasında ortaya çıkan bilgi akışı gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve dijital karar destek ortamına entegre edilmektedir.

SmartFit giyilebilir cihazlardaki IoT sensörleri gibi teknolojilere sahip olduğundan sporcuların ruh hali, besin alımı dahil olmak üzere birçok bireysel veriyi toplayarak kayıt altına alabilir. Bu veriler dinamik veriler olarak geleceğe yönelik güçlü bir içgörü sunarlar. Araştırma sonuçları dijital ikiz teknolojisinin güvenilir tahminler yapabilen bir hesaplama kabiliyeti kazandırdığını ortaya koymaktadır. Araştırmacılar SmartFit uygulamasının kolaylıkla spor

dışındaki alanlara uyarlanabileceğine işaret etmektedir. Bu araştırmaya göre insan dijital ikizlerinin geliştirilmesini belirleyen ana faktörler aşağıdaki gibidir:

- ✓ IoT (Nesnelerin İnterneti): IoT, fiziksel varlıkların internet üzerinden birbirleriyle ve merkezi sistemlerle iletişim kurabilmesini sağlarken, sürekli olarak toplanabilen dinamik gerçek verilerin analizini mümkün hale getirir.
- ✓ Giyilebilir cihazlar ve sensörler: Kişiyeye özel çözümler geliştirmek üzere veri toplanması hedeflenen kullanıcıların fiziksel aktivitelerini, sağlık bilgilerini gerçek anlık takip ederek kayıt altına alınmasını sağlar.
- ✓ Yapay Zekâ (AI) ve Makine Öğrenimi (ML): AI ve ML algoritmaları, ulaşılan verilerden anlamlı bulgular ortaya koyulmasını mümkün kılar.
- ✓ Büyük Veri Analitiği: Büyük verinin işlenmesi ve anlamlı hale getirilmesidir.
- ✓ Bulut Bilişim: Büyük verinin depolandığı alt yapıyı sağlarken dijital ikizin güncellenmesini ve ölçeklendirilmesini mümkün kılar.

Kendilerine özgü girdiler ve çıktılar barındırdıklarından, ilgili araştırmada dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojisinin kullanıldığı smartFit gibi dijital sosyo teknik girişimlerde kullanıcıların gizliliği, veri güvenliği ve etik kullanım hususlarına dikkat edilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır. SmartFit uygulamasının girdileri sporcuların fiziksel durumlarına ilişkin kapsamlı verileri içerirken, çıktılar, bu verilerin analizi sonucunda elde edilen performans tahminleri, davranışsal öneriler ve kişiselleştirilmiş iyileştirme stratejileridir. Bu çıktılar sporcuların potansiyeline uygun olarak performansını artırmak ve genel sağlık ile birlikte iyi oluş durumlarını düzenlemek için kritik içgörüler ve rehberlik sağlamaktadır. Bu örneğin kurumsal hayata ve insan kaynakları yönetimlerinin kullanımına yönelik olarak tasarlanması mümkündür.

Torzoni, vd., (2024)'e ait olan "A Digital Twin Framework for Civil Engineering Structures" adlı makale, dijital ikiz teknolojisinin yoğun olarak kabul gördüğü inşaat alanına yönelik bir araştırmadır. Modern mühendislikte, bozulan yapısal sistemlerin optimizasyonu önemli bir çalışma alanıdır. Buradan hareket ile yapısal sağlık durumunu algılama ve bakım onarım gibi alanlarda dijital ikizlerin uygulanabilirliği ve bu potansiyel faydaları öne çıkmaktadır.

Dijital ikiz kavramının öncülerinden birisi olarak kabul edilen Grieves (2015), "Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication" adlı makalesinde, dijital ikizlerin üretim mükemmelliğine nasıl katkıda bulunabileceğini ve sanal fabrikaların avantajlarını ele almaktadır. Grieves, dijital ikizlerin üretim süreçlerini mükemmelleştirecek bir dönüşüm aracı olarak kullanılabilmesini ifade etmektedir. Grieves'in dijital ikiz kavramsal modeli "gerçek olan, sanal olan ve bunları birbirine bağlayan veri" olmak üzere üç bölümden meydana gelmiştir. Dijital ikizlerin üretim mükemmelliğine katkıda bulunabilmesi gerçek fiziksel ürünlerin formunu temsil eden verilerin zenginliği ve kalitesi ile yakalanabilecektir.

Semeraro, vd., (2021)'ne ait olan "Digital Twin Paradigm: A Systematic Literature Review" adlı araştırmada dijital ikiz teknolojisinin ana bileşenleri, özellikleri ve yaşanan etkileşim problemleri ele alınmıştır. Makalede gerçek fiziksel olan ile sanal arasındaki entegrasyonun öneminin sanal ortamın ortaya çıkması bağlamında her geçen gün daha fazla öne çıktığına dikkat çekilmiştir. Dijital ikizler gerçek zamanlı veri akışı ve bu akış ile beslenen analizler ile güncellendiklerinden gerçek dünya varlıklarının performansını, durumunu ve yaşam döngüsünü dinamik biçimde simüle ederek izleyebilmektedirler. Bu olanak işletme maliyetlerini azaltmak, operasyonel tüm süreçlerin optimizasyonu ve yenilik yönetiminin teşvik edilmesi açısından çok değerlidir. Üretim, inşaat, sağlık, otomotiv, şehircilik gibi hemen hemen akla gelebilecek her alana ve fonksiyonuna uyarlanabilen bir yazılım programı olarak dijital ikizler, varlıkların yaşam döngüsü açısından vazgeçilmez hale gelmiştir.

Shahzad, vd., (2022)'ne ait olan araştırma dijital ikizlerin simülasyon ve veri odaklı karar verme yeteneği sağladığına dikkat çekerken, inşaat sektöründeki süreçleri dijitalleştirme çabalarının hızlandığına ve dijital ikizler teknolojisinin sektörü geliştirme potansiyeline vurgu yapmıştır.

Minerva, vd., (2022) tarafından kaleme alınan "Exploiting Digital Twins as Enablers for Synthetic Sensing" adlı makalede, dijital ikizlerin fiziksel nesnelerin gerçek ortamda ne şekilde etkileşime girdiğini temsil etmek ve simüle etmek için kullanıldığı ifade edilmekte ve yapay zekâ algoritmaları birer sentetik algılama aracı olarak karakterize edilmektedir. Araştırmada sentetik algılama ve dijital ikiz teknolojisi entegrasyonu ve uygulanabilirliği üzerinde durulmuş ve entegrasyonun başarısı için gerçek zamanlı etkileşime dikkat çekilmiştir.

Buna göre bir fiziksel nesne ile onun sanal ortamdaki yazılım temsili olan dijital ikizi arasında dinamik ve sürekli ilişki olmalıdır. Fiziksel nesneye ait olaylar, eylemler, özellikler, durum, veriler ve diğer tüm bilgiler, mantıksal

olan nesneye, yazılıma tam zamanında yansıtılmalıdır. Araştırmada yazarlar akıllı şehir örnekleri üzerinde dururlarken, dijital ikizlerin ve sentetik algılamanın entegrasyonunun IoT'de büyük bir trend olan AI kullanımında önemli bir potansiyel taşıdığını öne sürerler.

Yan, vd., (2022)'ne ait olan "Integrated Knowledge Visualization and the Enterprise Digital Twin System for Supporting Strategic Management Decision" adlı makale, stratejik yönetim kapsamında alınacak kararlarda dijital ikizler teknolojinin katkısı üzerinde durmaktadır. Araştırmacıların ele aldıkları stratejik mimari ve stratejik dijital ikiz yönetim kararı sistemi bu araştırma açısından teorik çerçeveyi pratiğe dönüştürerek somutlaştıracak niteliktedir. Araştırma bulguları veri analitiği ve görselleştirilmiş kurumsal dijital ikiz sisteminin, iş dünyasının dinamik ve sürekli değişen koşullarında stratejik yönetim kabiliyeti sunduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmada ortaya koyulan stratejik mimari işletmenin kurumsal hedeflerine yönelik olarak alacağı kararlarda veri odaklı bir yaklaşımın içselleştirilmesi üzerine inşa edilmiş olup, kurumsal mevcut durumu analiz etmeyi, gelecek senaryolarını simüle etmeyi ve bunlardan hareket ile stratejik kararlar almayı hedefleyen bir çerçeveye sahiptir. Bu sistem işletmenin gerçek zamanlı dijital bir kopyası aracılığı ile işletmenin operasyonel ve stratejik performansını simüle etmektedir. Böylelikle yöneticiler farklı karar senaryoları uygulayarak ve kararlarının sonuçlarını görselleştirerek değerlendirebilirler. Veri görselleştirme ve veri analitiği stratejik karar verme süreçlerini iyileştirmekte ve işletmenin dinamik yeteneklerini geliştirmektedir.

Salem and Mihai, (2022)'a ait olan "Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management" adlı araştırma, inşaat proje yönetiminde "Bina Bilgi Modellemesi" kullanımından hareket ile dijital ikizler teknolojisi üzerinde durmaktadır. Araştırmada dijital ikizler teknolojisi, izleme yapma, yapay zekâ ile güçlendirilmiş veri görselleştirme ve projenin akışına yönelik değişiklik içeren karar destek sunma özellikleri çerçevesinde kapsamlı bir dijital destek sistemi olarak açıklanmıştır.

Dirk Hartmann (2021)'a ait olan "Real-time Digital Twins: A TransContinuum Initiative Use Case" başlıklı çalışmada küresel ölçekte artan etkileşim ve karışıklığın yönetilmesinin zorluğuna dikkat çekilerek, dijital ikiz teknolojisinin faydalarından bahsedilmektedir. Hartmann çalışmada gerçek zamanlı dijital ikizlerin oluşturulması sürecine yönelik bir yönerge sunmaktadır. Buna göre belirli bir fiziksel varlığın veya sürecin sanal temsilinin gerçek zamanlı veri ile beslenmesi için aşağıdaki temel bileşenler ve teknolojiler kullanılmaktadır.

- ✓ Veri Toplama ve Entegrasyon: IoT cihazları ve diğer veri toplama araçları ile toplanan veriler dijital ikizin en doğru fiziksel karşılığını ortaya koymak için entegre edilir.
- ✓ Matematiksel Modelleme ve Simülasyon: Dijital ikizin fiziksel dünyadaki değişimlere karşı nasıl davranacağını belirler.
- ✓ Veri Analitiği ve Makine Öğrenimi: Ulaşılan veriler analiz edilerek yorumlanır ve geleceğe yönelik karar destek sağlanır.
- ✓ Edge ve Bulut Bilişim: Edge bilişim, gerçek zamanlı veri işleme sayesinde hızlı tepki, bulut bilişim ise daha kapsamlı analiz, depolama ve paylaşım imkânı sağlar.
- ✓ Siber Güvenlik: Dijital ikizin veri ihlalleri ve yetkisiz erişime karşı gizliliği ve güvenliği sağlanır.
- ✓ İnsan-Bilgisayar Etkileşimi: Ara yüzlerin kullanıcı dostu olması sağlanır.

Khallaf, R., vd., (2022)'ne ait olan "Review of Digital Twins for Constructed Facilities" adlı araştırmada yazarlar inşaat sektörüne odaklanarak dijital ikizlerin kullanım alanlarını sistematik şekilde incelemişlerdir. Sonuçlara göre dijital ikizler teknolojisinin yaşam döngüsü analizi, tesis yönetimi, enerji, eğitim, afet, yapısal sağlık, akıllı şehir, altyapı yönetimi olmak üzere dokuz alanda sentetik algılama gerçekleştirmekte olduğu tespit edilmiştir. Yazarlara göre dijital ikizler teknolojisine geleceğine yönelik olarak dikkat edilmesi zorunlu görülen yönler "veri ediniminin standartlaştırılması, semantik uyumluluk ve veri heterojenliği" olarak açıklanmıştır.

- ✓ Veri ediniminin standartlaştırılması, toplanan verilerin tutarlı ve tekrarlanabilir olmasına yöneliktir ve bu sayede dijital ikizlerin doğru, güvenilir simülasyonlar ve analizler yapılabilmesi mümkün olur.
- ✓ Semantik uyumluluk, farklı sistemlerde ve uygulamalarda oluşturulan verilerin anlam ve bağlam uyumunun sağlanmasına yönelik bir kavramdır. Üretilen veya kullanılan verilerin anlam ve bağlam açısından birbiriyle uyumlu olmasını ifade eder. Dijital ikizlerin etkin bir şekilde yorum yapılabilmesi ancak bu uyumun sağlanması ile mümkün olacaktır.
- ✓ Veri heterojenliği ise sensörler, IoT cihazları gibi farklı kaynaklardan farklı formatlarda elde edilen verilerin işlenerek yönetilmesini ifade etmektedir.

Buraya kadar aktarılanlar doğrultusunda dijital ikizler teknolojisi aracılığı ile sentetik algılama stratejisi geliştirebilmek için atılması gereken başlıca adımlar aşağıdaki gibi olabilir;

- ✓ Hedeflerin belirlenmesi: Organizasyonel hedefler kurumsal stratejik amaçlara ulaşmayı sağlayacak şekilde uyumlu olmalıdır (Kritzinger vd., 2018). Örneğin amaç yalın üretimi gerçekleştirmek ise israf kaynaklarının ortadan kaldırılmasına yönelik hedefler belirlenmesi gereklidir.
- ✓ Veri toplama ve entegrasyon: Veriler sensörler, IoT cihazları gibi araçlar vasıtası ile anlık olarak gerçek zamanlı toplanmalı ve kaliteli sağlıklı verilerin bütünlüğü yakalanmalıdır (Qi vd., 2018).
- ✓ Dijital ikizlerin oluşturulması: Elde edilen veriler ile ortaya çıkartılacak olan fiziksel varlıkların dijital ikizleri, gerçek zamanlı olarak güncellenmeye devam edilmeli ve varlıkların mevcut durumunu sağlıklı şekilde yansıtılabilmelidir (Tao vd., 2018).
- ✓ Sentetik algılama senaryolarının geliştirilmesi: Mevcut durum ve varlıkların dijital ikizleri kullanılarak geleceğe yönelik sentetik izleme senaryoları geliştirilerek sistemin farklı koşullarda vereceği tepkiler, potansiyel riskler ve fırsatlar tespit edilir (Rosen vd., 2015).
- ✓ Karar verme: Organizasyonel simülasyondan elde edilen bulgulara dayanarak yakalanan içgörüler optimize edici kararlar alınmasını sağlamalıdır (Uhlemann vd., 2017).
- ✓ Sürekli İyileştirme: Dijital ikizlerin, verilen optimize edici kararlar ile yakalayacağı değişim gerçek zamanlı olarak algılanmalı ve yeni veri ve geri bildirimleri mümkün kılacak şekilde sentetik izleme senaryoları geliştirilerek sürekli iyileştirme döngüsü yakalanmalıdır (Tao vd., 2019).

Algoritmik model, kurumsal sentetik algılama stratejisinin üzerine inşa edileceğinden dolayı dijital ikizler teknolojisinin bazı belirleyicileri algoritmik modelin işlerliği açısından hayati değere sahiptir. Söz konusu belirleyiciler aşağıda maddeler halinde açıklanabilir;

- ✓ Veri kalitesi: Gerçek zamanlı, doğru, tutarlı, eksiksiz veriler sentetik izleme / algılama etkinliğinde belirleyicidir (Qi vd., 2018; Tao vd., 2018; Kritzinger vd., 2018).
- ✓ Analitik Yetkinlik: Senaryoların oluşturulması ve optimum kararların alınmasında analitik yetkinlikler belirleyicidir (Tao vd., 2019).
- ✓ Simülasyon Modeli: Geleceği başarılı biçimde simüle etme kalitesi ve niteliği taşıyan senaryolar, sentetik izleme / algılama aracılığı ile elde edilecek içgörü açısından belirleyicidir (Rosen vd., 2015).
- ✓ Ölçeklenebilirlik: Karmaşık ve büyük sistemlerin dijital ikizler teknolojisi sayesinde, simülasyonunda ölçeklendirilebilir olmaları belirleyicidir (Uhlemann vd., 2017).
- ✓ Güvenlik ve gizlilik: Dijital ikizin sahip olduğu bilgilerin hassasiyeti nedeni ile verilere erişimin yetkilendirilmiş olması ve depolanarak korunması sentetik izleme / algılama modelinin stratejisinde belirleyicidir (Tao vd., 2018).
- ✓ Yönetişim: Dijital ikizler teknolojisi organizasyona entegre edilerek uyum içerisinde yakalanacak sevk ve idare yapısı olarak yönetim olarak sentetik izleme / algılama da belirleyicidir (Kritzinger vd., 2018).
- ✓ Sürekli iyileştirme: Teknolojinin yakaladığı baş döndürücü hıza uygun olarak, modelin güncellemeler vasıtası ile sürekli güncel tutulması sağlanır (Tao vd., 2019).

## ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada kapsamlı bir incelemenin gerçekleştirilebilmesi amacı ile sistematik derleme desenine ait temel aşamalar benimsenmiştir (Burns ve Grove, 2007; Centre for Reviews and Dissemination [CRD], 2008; Grimshaw ve ark., 2003). Bu aşamalardan ilki tanımlamadır. Burada PICOS adı ile tanımlanmış olan bileşenlerinin belirlenmesi yolu ile problem cümlesi tasarlanmıştır (Gerrish ve Lacey, 2010). PICOS'un baş harfleri problemin bileşenlerine işaret etmektedir. Population kelimesi katılımcıları, Interventions kelimesi müdahaleleri, Comparators kelimesi karşılaştırma gruplarını, Outcomes kelimesi sonuçları ve Study designs kelimesi araştırma desenlerini açıkça tanımlamalıdır. PICOS yöntemi gerçekleştirilecek kapsamlı inceleme öncesinde aşağıda olduğu gibi uygulanmış ve ortaya çıkan araştırma sorusunun bileşenleri dikkate alınarak dahil etme ve hariç tutma kriterleri tanımlanmıştır (Çınar, 2021).

Başlık: İnsan Kaynakları Yönetimi Bağlamında Dijital İkizler ve Sentetik Algılamanın Kapsamlı Bir İncelemesi

Araştırma sorusu: "Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin insan kaynakları yönetimine entegrasyonunun avantajları ve zorlukları nelerdir ve bu teknolojiler insan kaynakları yönetiminin kurumsal stratejik ortaklık rolünü nasıl etkilemektedir?"

P (Population/Poülasyon): Stratejik insan kaynakları yönetimi uygulayan işletmeler.

I (Intervention/Müdahale): Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin stratejik insan kaynakları yönetimine entegrasyonu.

C (Comparison/Karşılaştırma): Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojileri kullanılmadan önceki geleneksel uygulamalar.

O (Outcome/Sonuç): İnsan kaynakları yönetimine sağlanan stratejik avantajlar ve zorluklar ile insan kaynakları yönetiminin kurumsal stratejik ortaklık rolünde meydana gelen değişiklikler.

S (Study Design/Çalışma Dizaynı): Kapsamlı literatür incelemesi, durum çalışmaları yolu ile elde edilen niteliksel veriler.

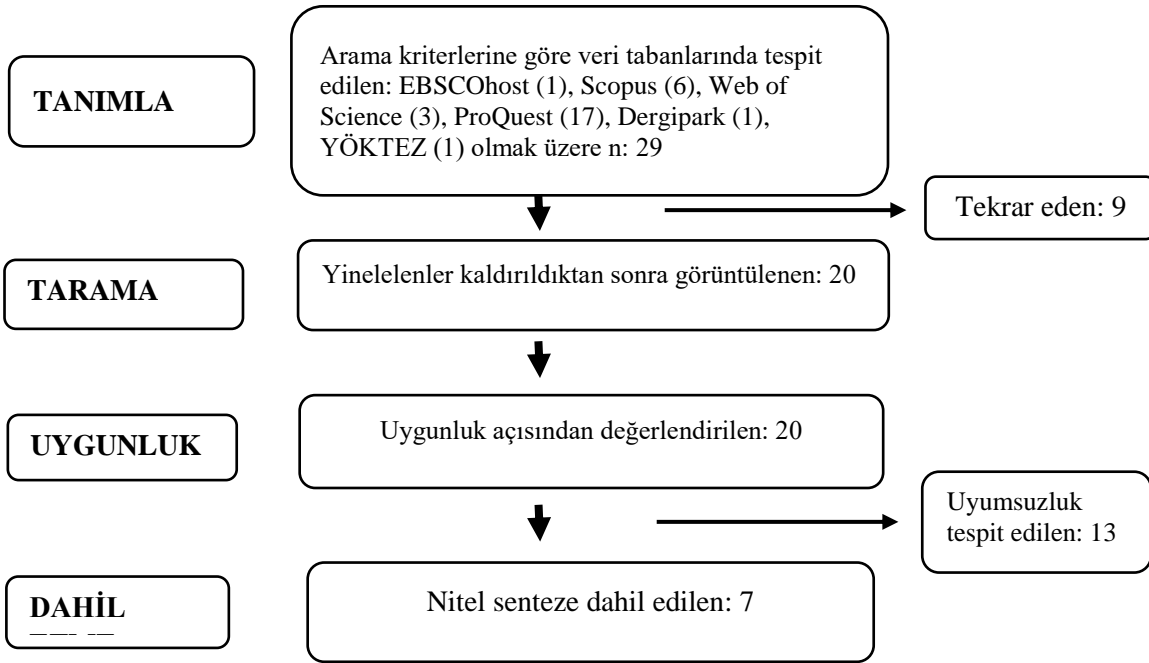
Buna göre uyarlanmış araştırma sorusu: "İnsan kaynakları yönetimi uygulamalarını yürüten kurumlar veya organizasyonlarda, dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin entegrasyonunun (I), bu teknolojiler kullanılmadan önceki insan kaynakları yönetimi uygulamalarıyla (C) karşılaştırıldığında, insan kaynakları yönetimindeki avantajları ve zorlukları (O) nasıl etkilemektedir ve bu teknolojiler insan kaynakları yönetiminin kurumsal stratejik ortaklık rolünü nasıl etkilemektedir (O)?" şeklinde bileşenlerine göre yeniden ifade edilebilir. Sistematik derleme sorusu bu şekilde tanımlandıktan sonra araştırmanın amacı ve kapsamı netleştirilmiş, metodoloji ve analizler buna göre planlanmış ve odaklanılmıştır.

Çalışmanın kalitesinin değerlendirilmesi için Karaçam (2021)'de The PRISMA Statement ([www.prisma-statement.org](http://www.prisma-statement.org)) kaynağından aktarılmış olan değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Bu sayede sistematik derlemede ortaya koyulan kanıtların niteliği desteklenmiştir. Araştırma boyunca ve inceleme aşamasında verilere ulaşılması ve ulaşılan verilerin uygunluğunun kontrol edilmesi aşamalarında hassasiyet gösterilmiştir. Tüm veriler birkaç kere gözden geçirilmiş ve yapay zekâ uzmanının görüşü alınmıştır.

Kapsamlı incelemenin ikinci aşaması sistematik derlemenin tarama aşamasıdır. Burada probleme yönelik özel anahtar kelimeler aşağıda olduğu gibi belirlenmiş ve elektronik tarama stratejisi benimsenmiştir. Buna göre anahtar kelimeler "Dijital İkizler", "Sentetik Algılama", "İnsan Kaynakları Yönetimi" olarak kararlaştırılmış olduğundan tarama kombinasyonu "Dijital İkizler" AND "İnsan Kaynakları Yönetimi" OR ("Sentetik Algılama" AND "İnsan Kaynakları Yönetimi") şeklinde kabul edilmiştir. Bu kombinasyon, "Dijital İkizler" ve "İnsan Kaynakları Yönetimi" terimlerinin her ikisini de içeren veya aynı zamanda "Sentetik Algılama" ve "İnsan Kaynakları Yönetimi" terimlerinin her ikisini de içeren çalışmaları aramayı sağlamıştır. Tırnak işaretleri kesin ifade aramaları için kullanılmıştır. "AND" iki terimin de arama sonuçlarında bulunmasını mümkün kılmaktadır. "OR" iki terimden en az birinin arama sonuçlarında bulunmasını sağlar. Parantezler ise arama sorgularını gruplandırmak için kullanılmıştır. Bu sayede tüm arama sorguları doğru sırayla işlenebilmişlerdir.

Literatür taraması için, EBSCOhost, Scopus, Web of Science, ProQuest, Dergipark ve YÖKTEZ veri tabanlarından yararlanılmıştır. Taramada insan kaynakları yönetimi alanına adaptasyonu mümkün olabilecek yaklaşım içeren çalışmalar derlemeye dahil edilirlerken, insan kaynakları yönetimine uyarlanamayacak olanlar dışlanmıştır. İlgilenilen yönetsel durum insan kaynakları yönetimidir. Değerlendirilen etkinlik sentetik algılama ve dijital ikiz modeli geliştirilmesidir. Bu sebeple dahil edilecek olan araştırma türleri yönetim bilimleri geneline insan kaynakları yönetimi özeline yönelik araştırmalardır. Ulaşılan araştırmalar Mendeley programı kullanılarak depolanmış ve kayıt altına alınmıştır. Ardından seçme kriterlerine uygun tüm araştırmaların özetleri incelenmiş, araştırmanın problem cümlesine yönelik olanların tam metnine ulaşılmış, kanıt olarak sentezleme aşamasına dahil edilecek olan araştırmalar bu şekilde belirlenmiştir. Son olarak ise bu çalışmalardan elde edilen bulgular sentez edilmişlerdir. Bu araştırmada nitel kanıt türleri üzerinde durulmuştur. Üçüncü aşamada kanıt kalitesinden emin olduktan sonra kanıtların sunumu mahiyetinde olan sentez edilebilecek bulgular ortaya çıkartılmıştır. Dördüncü aşama aşağıda aktarılmış olan PRISMA akış şemasının tasarlanmasıdır. Bu şemada taranan araştırmalar, uygun olanlar, derlemeye dâhil edilenler ve hariç tutulanların sayıları verilmiştir (Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions, 2011; Higgins ve Green, 2011; Moher ve ark., 2009). Beşinci aşama olan tartışma aşamasında kanıtlardan hareket ile kapsamlı incelemenin ana bulguları, derlemenin güçlü ve zayıf yönleri, kanıtın güçlü ve zayıf yönleri tartışılarak, bulguların uygulanabilirliği ve daha sonraki araştırmalar için öneriler sunulmuştur.

PRISMA akış şeması buraya kadar aktarılanlara yönelik olarak aşağıdaki gibi görselleştirilmiştir.



Şekil 1: Prisma Akış Şeması

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Tanımlama (Identification) aşamasında, farklı veri tabanlarından elde edilen çalışmaların sayısı belirtilmiştir (Liberati, vd., 2009). Tarama (Screening) aşamasında önceden belirlenmiş dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre taranmış olmasına rağmen tekrar eden kayıtlar çıkarılmıştır (Moher vd., 2009). Uygunluk (Eligibility) aşamasında ulaşılan tam metinler değerlendirilerek uygun olmayan çalışmalar, hariç tutma ve uyumsuzluk gerekçelerine göre kategorize edilerek elenmişlerdir. Son aşama olan dahil etme aşamasında ise sistematik derleme deseni gözetilerek kapsamlı incelemeye dahil edilen çalışmaların sayısı belirtilmiştir. Bu adımlar tamamlandıktan sonra yukarıdaki PRISMA akış şeması ortaya çıkmıştır. Bu şekilde, sistematik derleme sürecinin şeffaflığı ve tekrarlanabilirliği sağlanmıştır (Liberati vd., 2009; Moher, vd., 2009).

Tablo 1: Bulgular

Yayın	Bulgular
Pivnička, vd., (2022).	Araştırmacılar esnek olmayan, katı insan kaynakları planlamasının lojistik süreçlerde yarattığı sorunlara odaklanır ve gerçek zamanlı verilerle güncellenen dijital ikizler aracılığıyla üretim planlarını ve personel ihtiyaçlarını daha doğru şekilde tahmin etmeyi mümkün kılacak bir uygulama geliştirirler. Dijital ikizler ve insan kaynakları planlaması bağlamında yapılan bu çalışma, esnek çalışma programları ile dijital ikiz teknolojisinin entegrasyonunun, üretim ve lojistik süreçlerinde yaşanan kapasite planlama zorluklarının üstesinden gelmede etkili bir çözüm olabileceğini ortaya koymuştur.
Ali, vd., (2023).	İnsan kaynakları bilgi sistemleri, işletmelerin takip, belgeleme ve kayıt işlevlerini geliştirerek rutin süreçlerin hızlı bir şekilde tamamlanmasını sağlamaktadır. İleri teknolojilerin insan kaynakları fonksiyonlarında kullanımı özellikle işe alım, seçme, eğitim ve geliştirme gibi çoklu işlevlerde etkisini göstermektedir.
Zhou, (2022).	Tüm işletmenin genel temel stratejik rekabet gücünü etkin bir şekilde iyileştirme ancak tüm işletmenin genel insan kaynakları yönetimi seviyesini iyileştirmek ile mümkün olacaktır. Büyük veri madenciliği ve analiz teknolojisi kullanımı küçük ve orta ölçekli işletmelerde insan kaynakları kalite yönetimi sorunlarını çözmektedir. Kurum içi yetenek kaybının önlenmesi ve işletme performansında %25 iyileşme sağlamakta olduğu tespit edilmiştir.
Aslam, vd., (2023).	Yenilikçi İKY uygulamaları bir ülkedeki küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) performansı üzerinde etkilidir. Yenilikçi İKY uygulamaları işgücü verimliliği, ürün, süreç ve pazarlama yenilikleri açısından firma performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir.
Borchardt, vd., (2022).	Endüstri 4.0 (I4.0) ile karşılaştırıldığında Endüstri 5.0 (I5.0), sürdürülebilir, insan odaklı ve dayanıklı bir endüstriye geçiş işaret etmektedir. I5.0, sürdürülebilir kalkınmaya doğru ilerlerken iş modellerinin, ekosistemlerin, yönetim uygulamalarının vb. yeniden düşünülmesini ifade eder. Bu noktada dört ana tema: (i) teknolojik uygulama, (ii) İnsan kaynakları ve çalışanlar, (iii) eğitim, (iv) iş ve operasyon yönetimidir.
Mihai, vd., 2023	İnsan kaynakları yönetimi fonksiyonlarından özellikle işe alım süreçleri IoT ve bulut bilişim dijital teknolojilerinin yanı sıra makine öğrenimi ve yapay zeka tabanlı robotik süreç otomasyonu (RPA) yazılımına dayalı yapay zeka teknolojilerinin kullanımından olumlu etkilenmektedir.
Treviño-Elizondo, (2023).	Endüstri 4.0'ı etkinleştiren teknolojilerin benimsenmesi için gerekli beceri ve yeterliliklerin geliştirilmesine yönelik eylemlerin tanımlanmasında yetenek, organizasyon kültürü ve iletişim planlarının temel unsurlar olduğu kabul edilmektedir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bulgular insan kaynakları yönetiminde bilgi iletişim teknolojilerinin ve endüstri 4.0 ile birlikte gelen dijital dönüşümün yoğun biçimde kabul edilmiş olmasına rağmen, dijital ikizler ve sentetik algılama kavramlarına henüz

yer verilmediğini göstermektedir. Arama kriterlerine uygun bulunan sınırlı sayıda yayına ulaşılabilmektedir. Pivnička, vd., (2022)'ne ait olan "Introduction of a New Flexible Human Resources Planning System Based on Digital Twin Approach: a Case Study" adlı yayın, kapsamlı inceleme kriterlerine en yakın yayın durumundadır. Nitel senteze dahil edilen yayınlar araştırma problemine yönelik olarak çıkarımlar yapılabilmesi açısından değerlendirilmişler ve sonuç kısmında tartışmaya sunulmuştur.

## SONUÇ

İnsan kaynakları yönetimi (İKY) kurumsal yapı içerisinde kritik stratejik partner olarak kabul edilegelmiştir. Özellikle dördüncü sanayi devrimi gibi kökten bir dönüşümün yaşandığı koşullar insan kaynakları yönetiminin önemini belirgin şekilde yeniden ön plana çıkartmaktadır. Çünkü dijital dönüşüm köklü bir kültürel değişimdir ve bu değişimi yönetmek ancak insan kaynakları yetkinliklerinin teknoloji yönünde geliştirilmesi ile sağlanabilir. Dijital ikizler teknolojisi, kurum içerisinde oluşan büyük miktardaki verinin üretilmesini teşvik edeceğinden, İKY bu verilerin doğru, tutarlı veriler olarak kurumsal stratejilere fayda sağlayacak nitelik ve nicelikte oluşmasından hem genel yönetim fonksiyonları hem kendi insan kaynakları yönetimi fonksiyonları hem de işletmenin tüm diğer fonksiyonları çerçevesinde sorumlu olacaktır. İşe alım, eğitim, performans, potansiyel, yetenek, atama terfi, kariyer planlama gibi İKY fonksiyonları, veri odaklı fonksiyonlar olup kurumsal stratejinin başarılı bir şekilde uygulanmasında büyük rol sahibidir. Tüm bunlardan anlaşılmaktadır ki İKY yönetiminin öncelikle kendi fonksiyonlarını dijital veri odaklı olarak tasarlayabilmesi, kurumsal dijital ikizini geliştirebilmesi ve kurumsal sentetik algılamayı başarılı şekilde uygulayabilmesi anlamına gelmektedir. Bunun için İKY'nin öncelikle dijital veri odaklı etkinliğini arttıracak aşağıdaki gibi birtakım faaliyetleri gerçekleştirmesi beklenmelidir. Bunlar;

- ✓ Verilerin toplanması ve entegre edilmesi
- ✓ Veri kalitesinin ve yönetişimin sağlanması
- ✓ Veri analitiği geliştirilmesi
- ✓ Veri odaklı İK kültürünün oluşturulması olarak sıralanabilir.

Kurumsal dijital ikizler teknolojisi ile yapay zekâ destekli sentetik algılama kabiliyetinin geliştirilmesi için insan kaynakları yönetiminin teknik ve yönetsel sorumlulukları bulunmaktadır. Bunlar;

- ✓ Kurumsal dijital ikizlerin geliştirilmesi; kurumsal insan kaynakları politikasına uygun olarak çalışanların bilgi, beceri, tutum, davranış ve yetkinliklerini temsil eden dijital ikizlerin oluşturulması.
- ✓ Sentetik algılama alt yapısının kurulması: İş görenlerin gerçek zamanlı aktivitelerini takip edecek IoT cihazları, sensörler ve diğer veri toplama araçlarının sağlanması ve elde edilen verilerin yapay zekâ algoritmaları kullanılarak analiz edilmesi.
- ✓ Sürekli iyileştirme: Gerekliğinde yapay zekâ algoritmaları kullanılarak, stratejiler çalışanların değişen ihtiyaçlarına uyarlanır.

Dijital ikizler teknolojisi ile kazanılacak yapay zekâ destekli sentetik algılama kabiliyetinin insan kaynakları yönetimlerine sunacağı aşağıdaki kazanımların aynı zamanda çalışan deneyimi ve aidiyet duygusunu da olumlu yönde geliştireceği düşünülebilir. Bunlar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır;

- ✓ Yetenek Yönetimi: Yapay zekâ destekli dijital ikiz teknolojisi, çalışanların becerilerini ve yetkinliklerini keşfetmek, değerlendirmek ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak için kullanılabilir. Bu teknolojiler ile çalışanların performansı gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve metrikler de aynı şekilde ve objektivite içerisinde geliştirilerek değerlendirme sistemi güçlendirilir. Bu sayede iş görenlerin potansiyellerinin de değerlendirilmesi daha şeffaf ve sağlıklı bir zeminde yürütülecektir.
- ✓ Eğitim ve gelişim: Dijital ikiz teknolojisi sayesinde yetkinlik geliştirecek eğitim ve gelişim programları, yetenek havuzunun matrisine uygun şekilde alınacak önlemler ile ve kişiye özel bir yaklaşım içerisinde tasarlanabilir.
- ✓ Eğitim ihtiyaç analizi: Dijital ikizler teknolojisi ile çalışanların eğitim süreçleri simüle edilerek, eğitim organizasyonlarının verimliliği değerlendirilebilir. Sentetik algılama sayesinde gelecekteki eğitim ihtiyaçları öngörülebileceğinden eğitim ve geliştirme stratejileri hazırlanabilir.
- ✓ İş sağlığı ve güvenliği: Dijital ikiz ve sentetik algılama çalışanın sağlık ve güvenlik koşullarının takibi, risklerin belirlenmesi, zihinsel ve fiziksel durumun takibi için kullanılabilir ve bu sayede ileriye dönük proaktif önlemler alınabilir.
- ✓ İşe alım ve seçme: Dijital ikiz ve sentetik algılama / izleme teknolojisi iş adaylarının bilgi, beceri, tutum, davranış ve yetkinliklerinin değerlendirilmesi ve en uygun adayın tespit edilmesi amacı ile kullanılabilir.



- ✓ Kariyer planlama ve yedekleme: Gerçek zamanlı analizler ve elde edilen güvenilir bulgular, gelecekteki kariyer fırsatları ve yedekleme ihtiyaçlarının belirlenmesini sağlayacağından kurumsal iş gücü planlaması en doğru şekilde yapılacaktır.

Tüm bunların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için insan kaynakları yönetiminin kurum içerisinde stratejik planlama, değişim yönetimi, veri yönetimi ve gizlilik, kurum içi iletişim gibi kritik yönetsel rolleri bulunmaktadır.

Buraya kadar sentezlenerek aktarılmış olan bulgulardan hareket ile araştırmamızın sorusu olan "Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin insan kaynakları yönetimine entegrasyonunun avantajları ve zorlukları nelerdir ve bu teknolojiler insan kaynakları yönetiminin kurumsal stratejik ortaklık rolünü nasıl etkilemektedir?" sorusuna yönelik cevaplar aşağıda olduğu gibi maddeler halinde aktarılmıştır. Buna göre;

Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin insan kaynakları yönetimine entegrasyonu aşamaları;

- ✓ Veri Toplama ve Analiz: Sensörler ve IoT cihazlarından gelen verilerin toplanması.
- ✓ Modelleme: Fiziksel varlığın veya sürecin detaylı bir sanal modelinin oluşturulması.
- ✓ Senkronizasyon: Sanal modelin, toplanan verilerle sürekli olarak güncellenmesi.
- ✓ Simülasyon ve Analiz: Model üzerinde simülasyonların yapılması ve performans analizleri.
- ✓ Entegrasyon: Dijital ikizin, mevcut işletme sistemleri ve iş akışlarıyla entegrasyonu olarak sıralanmıştır.

Dijital ikizler ve sentetik algılama teknolojilerinin insan kaynakları yönetimine entegrasyonu aşamalarında ortaya çıkan uygulama zorlukları ise aşağıda olduğu gibidir:

- ✓ Veri Güvenliği ve Gizliliği: Toplanan verilerin güvenliğinin sağlanması ve gizlilik ihlallerinin önlenmesi.
- ✓ Büyük Veri Yönetimi: Büyük miktarda verinin toplanması, depolanması ve işlenmesiyle ilgili zorluklar.
- ✓ Teknolojik Uyum: Farklı teknolojilerin ve sistemlerin dijital ikizle uyumlu hale getirilmesi.
- ✓ Maliyet: Dijital ikiz teknolojisinin geliştirilmesi ve sürdürülmesiyle ilgili yüksek maliyetler.
- ✓ Yetenek ve Uzmanlık: Dijital ikiz projelerini yönetecek ve geliştirecek nitelikli personelin bulunması.

Buraya kadar aktarılanlardan hareketle kurumsal dijital ikizinin modellenmesi ve entegrasyonu için atılması gerekli olan bazı adımlar söz konusudur. Bu adımlar kapsamında aşağıda ifade edilmiş soruların insan kaynakları yönetimlerinde cevaplandırılması, onların kurum içerisindeki güçlü stratejik rolünün önemini de açıkça ortaya koyacaktır.

- ✓ Proje Kapsamını ve Hedeflerini Belirleme: Hangi alanlar dijital ikize dahil edilecek?
- ✓ Projenin hedeflerini netleştirme: Amaç, hedef, faaliyetler nelerdir?
- ✓ Veri Toplama ve Altyapı Kurulumu: Gerçek zamanlı veri toplama alt yapısı hangi araçları içerecek?
- ✓ Dijital İkiz Modelinin Oluşturulması: Sanal model detayları neler olacak? hangi operasyonel davranış simüle edilecek?
- ✓ Veri Entegrasyonu ve Analizi: Gerçek zamanlı verilerin dijital ikiz ile entegre edilmesine yönelik güncelleme ne şekilde yapılacak? Performans ve potansiyel izleme kriterleri ve alt yapısı bağlamında süreçler neler olacak?
- ✓ Simülasyon ve Senaryo Analizi: Dijital ikiz üzerinde hangi senaryolar simüle edilecek ve karar destek için ne tür etkilerin gözlemi hedeflenecek? İyileştirme vb. ihtiyaçları neler olacak?
- ✓ Geri Bildirim Döngüsü ve Sürekli İyileştirme: İçgörüler ile sürekli iyileştirme ve veya diğer ihtiyaçlara yönelik güncelleme ve geliştirme prosedürü nasıl olacak?

Geleneksel endüstri dördüncü sanayi devrimin getirdiği dijital dönüşüm ve teknolojileri ile sınırlarını aşmakta ve geleceğin fabrikalarına dönüşmektedir. Bu dönüşümün gerektirdiği entegrasyon organizasyonel, insani ve teknolojik boyutta ele alınabilir. Teknolojik entegrasyon verilerden anlamlı içgörülere ulaşabilmeyi mümkün kılan büyük veri analitiği ve yapay zekâ teknolojilerini, kesintisiz ve gerçek zamanlı veri akışını sağlayan IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazlarını, sensörler ve akıllı makineleri, dijitalleşen alt yapıda veri koruma ve gizlilik sağlayacak amacı ile siber güvenlik önlemlerini gerektirmektedir. Organizasyonel açıdan ise sürekli öğrenme ve adaptasyonun, esnek ve dinamik şekilde iş birliğinin öne çıktığı söylenebilir. Tüm bunlar insan kaynakları boyutunda bilgi, beceri ve yetkinliklerin yeşil ve dijital dönüşüm ihtiyaçlarına uygun olarak geliştirilmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Geleceğin fabrikaları bu boyutlarda gerçekleştirilecek başarılı entegrasyon ile inşa

edilebilirler. İKY yalnızca teknolojik yatırımların değil, aynı zamanda yetenek havuzunun da geleceğine yönelik faaliyetlerden sorumludur. Bu sorumluluk sürdürülebilir ve rekabetçi operasyonların temelini oluşturmaktadır.

## KAYNAKÇA

Alexopoulos, K., Nikolakis, N., & Chryssolouris, G. (2020). Digital twin-driven supervised machine learning for the development of artificial intelligence applications in manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33, 429 - 439. doi: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1747642>.

Ali, O., Krsteska, K., Said, D., & Momin, M. (2023). Advanced technologies enabled human resources functions: Benefits, challenges, and functionalities: A systematic review. *Cogent Business ve Management*, 10(2), doi: <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2216430>.

Angrave, D., Charlwood, A., Kirkpatrick, I., Lawrence, M., & Stuart, M. (2016). HR and analytics: Why HR is set to fail the big data challenge. *Human Resource Management Journal*, 26(1), 1–11. doi: <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12090>.

Aslam, M., Shafi, I., Jamil, A., Mirtha Silvana Garat, d. M., Emmanuel, S. F., Rojo Gutiérrez, M. A., & Ashraf, I. (2023). Impact of innovation-oriented human resource on small and medium enterprises' performance. *Sustainability*, 15(7), 6273. Doi: <https://doi.org/10.3390/su15076273>.

Barricelli, B., Casiraghi, E., Gliozzo, J., Petrini, A., & Valtolina, S. (2020). Human Digital Twin for Fitness Management. *IEEE Access*, 8, 26637-26664. Doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2971576>.

Bersin, J. (2017). The disruption of digital learning: Ten things we have learned.

Borchardt, M., Pereira, G. M., Milan, G. S., Scavarda, A. R., Nogueira, E. O., & Poltosi, L. C. (2022). Industry 5.0 beyond technology: An analysis through the lens of business and operations management literature. *Organizacija*, 55(4), 305-321. Doi: <https://doi.org/10.2478/orga-2022-0020>

Burns, N., & Grove, S. K. (2007). *Understanding nursing research: Building an evidence-based practice*. (4th ed.). China: Saunders.

Centre for Reviews and Dissemination. (2008). *Systematic reviews: CRD's guidance for undertaking reviews in health care*. University of York, 2008 Published by CRD, University of York: York Publishing Services Ltd, ISBN 978-1-900640-47-3.

Çınar N. (2021). İyi Bir Sistematik Derleme Nasıl Yazılmalı? *OTSBD*. 6(2):310-314. Doi: <https://doi:10.26453/otjhs.888569>.

Fenech, R., Baguant, P., & Ivanov, D. (2019). The changing role of human resource management in an era of digital transformation. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 22(2), 166-175.

Grieves, Michael. (2015). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*.

Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary perspectives on complex systems* (pp. 85-113). Springer, Cham.

Grimshaw J, McAuley LM, Bero LA, Grilli R, Oxman AD, Ramsay C, Vale L, Zwarenstein M. (2003). Systematic reviews of the effectiveness of quality improvement strategies and programmes. *Qual Saf Health Care*. 12(4):298-303. doi: <http://doi.org/10.1136/qhc.12.4.29>

Hartmann, D. (2023). Real-time Digital Twins. *ArXiv*, abs/2311.14691. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5470479>.

Dmitry I, Alexandre D., Boris S. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*. 57 (3), pp.829-846. doi: <http://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>

Karaçam, Z. (2013). *Sistematik Derleme Metodolojisi: Sistematik Derleme Hazırlamak İçin Bir Rehber*. Dokuz Eylül Üniversitesi Hemsirelik Fakültesi Elektronik Dergisi, 6(1), 26-33.

Khallaf, R., Khallaf, L., Anumba, C., & Madubuike, O. (2022). Review of Digital Twins for Constructed Facilities. *Buildings*. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings12112029>.

Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016-1022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>.

Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.* 21;6(7):e1000100. doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>.

Mihai, F., Ofelia, E. A., & Gheorghe, M. (2023). Digital transformation based on AI technologies in european union organizations. *Electronics*, 12(11), 2386. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics12112386>. Doi

Minbaeva, D. B. (2018). Building credible human capital analytics for organizational competitive advantage. *Human Resource Management*, 57(3), 701-713. doi: <https://doi.org/10.1002/hrm.21848>.

Minerva, R., Awan, F., & Crespi, N. (2022). Exploiting Digital Twins as Enablers for Synthetic Sensing. *IEEE Internet Computing*, 26, 61-67. doi: <https://doi.org/10.1109/MIC.2021.3051674>.

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009 Jul 21;6(7):e1000097. doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.

Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y., & Zhao, D. (2018). Digital twin service towards smart manufacturing. *Procedia CIRP*, 72, 237-242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.103>

Pivnička, M., Hruševská, D., & Hrbáčková, L., (2022). Introduction of a new flexible human resources planning system based on digital twin approach: A case study. *Serbian Journal of Management*. 17. 361-373. doi: <http://doi.org/10.5937/sjm17-37281>.

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*, 48(3), 567-572. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>.

Salem, T., ve Dragomir, M. (2022). Options for and Challenges of Employing Digital Twins in Construction Management. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app12062928>.

Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., & Dassisti, M. (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review. *Comput. Ind.*, 130, 103469. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>.

Shahzad, M., Shafiq, M., Douglas, D., & Kassem, M. (2022). Digital Twins in Built Environments: An Investigation of the Characteristics, Applications, and Challenges. *Buildings*. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings12020120>.

Sivathanu, B. ve Pillai, R. (2018), Smart HR 4.0 – how industry 4.0 is disrupting HR, *Human Resource Management International Digest*, Vol. 26 No. 4, pp. 7-11. doi: <https://doi.org/10.1108/HRMID-04-2018-0059>.

Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9), 3563-3576. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>.

Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Nee, A. Y. (2019). Digital twin-driven prognostics and health management for complex equipment. *CIRP Annals*, 68(1), 169-172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.04.055>.

Torzoni, M., Tezzele, M., Mariani, S., Manzoni, A., & Willcox, K. (2023). A digital twin framework for civil engineering structures. *ArXiv*, abs/2308.01445. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.01445>.

Treviño-Elizondo, B. L., & García-Reyes, H. (2023). An employee competency development maturity model for industry 4.0 adoption. *Sustainability*, 15(14), 11371. doi: <https://doi.org/10.3390/su151411371>.

Uhlemann, T. H., Schock, C., Lehmann, C., Freiberger, S., & Steinhilper, R. (2017). The digital twin: Demonstrating the potential of real time data acquisition in production systems. *Procedia Manufacturing*, 9, 113-120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.043>

Vargas, R., Yurova, Y. V., Ruppel, C. P., Tworoger, L. C., & Greenwood, R. (2018). Individual adoption of HR analytics: a fine grained view of the early stages leading to adoption. *The International Journal of Human Resource Management*, 29(22), 3046–3067. doi: <https://doi.org/10.1080/09585192.2018.1446181>.

Whysall, Z., Owtram, M. & Brittain, S. (2019), "The new talent management challenges of Industry 4.0", *Journal of Management Development*, Vol. 38 No. 2, pp. 118-129. doi: <https://doi.org/10.1108/JMD-06-2018-0181>.

Yan, M., Hong, L., & Warren, K. (2021). Integrated knowledge visualization and the enterprise digital twin system for supporting strategic management decisions. *Management Decision*. <https://doi.org/10.1108/md-02-2021-0182>.

Zhou, D. (2022). Application of data mining technology in enterprise digital human resource management. *Security and Communication Networks*. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/7611623>.

