

Uçak Bakım Eğitimlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Değerlendirilmesi

Mehmet Ali EGİNLİ ^{1*}, Yavuz NACAĞLI ²

^{1,2} Milli Savunma Üniversitesi, Hava Asb. MYO Mdürlüğü, Havacılık Bilimleri Bölümü, 35415, İzmir, TÜRKİYE

Özet

Günümüzde yeni teknolojilerle birlikte ortaya çıkan Endüstri 4.0 devrimi dijitalleşmeyi hızlandırmaktadır. Bununla birlikte doğuştan itibaren internet ile büyüyen ve “Z kuşağı” olarak tanımlanan dijital neslin eğitim talepleri de ortaya çıkan yeni fırsatlarla birlikte hızlı bir şekilde dönüşüme uğramaktadır. Z kuşağı, dijital öğeleri metinsel öğelere tercih etmekte, zamandan ve mekândan bağımsız olarak kişisel öğrenme istemektedir. Dijitalleşme ve Z kuşağının öğrenme tercihleri, her alanda olduğu gibi eğitimde de dönüşümü zorunlu hale getirmektedir. Özellikle son dönemlerde ortaya çıkan sanal gerçeklik (SG), artırılmış gerçeklik (AG) ve karma gerçeklik (KG) uygulamaları ile eğitimler daha etkin ve uygun maliyetle verilmektedir. Bu çalışmada, Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan teknolojilerden özellikle AG uygulamalarının eğitimde ve özellikle de uçak bakım sahasındaki uygulamaları incelenmiştir. Son bölümde ise Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tanınmış okul isterleri çerçevesinde uçak bakım eğitiminde AG uygulamalarının kullanılabilirliği değerlendirilmiş ve uçak bakım alanındaki AG uygulama eğitimlerinin standartlarının belirlenerek sertifikasyon çalışmalarının başlatılması konusunda çalıştay yapılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Uçak Bakım Eğitimleri, Endüstri 4.0, Eğitim 4.0

Evaluation of Augmented Reality Use in Aircraft Maintenance Training

Abstract

The Industry 4.0 revolution, which emerges with new technologies today, accelerates digitalization. In addition, the educational demands of the digital generation, which has been growing with the internet since birth and defined as the “Z generation”, are rapidly transforming with new opportunities. Z generation prefers digital items to textual items and wants personal learning independent of time and space. Digitalization and learning preferences of the Z generation make the transformation compulsory in education as in every field. Trainings are given more effectively and affordably with virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR) applications that have emerged recently. In this study, especially the applications of AR applications, which emerged with Industry 4.0 in education and especially in aircraft maintenance field were examined. In the last part, the availability of AR applications in aircraft maintenance education has been evaluated within the framework of Directorate General of Civil Aviation (DGCA) recognized school requirements, and a workshop on the initiation of certification studies has been proposed by determining the standards of AR applications in aircraft maintenance.

Keywords: Augmented Reality, Aircraft Maintenance Training, Industry 4.0, Education 4.0

Corresponding Author/Sorumlu Yazar: Mehmet Ali EGİNLİ, mehmetalieginli76@gmail.com

Citation/Alıntı: Eginli M.A., Nacaklı Y. (2020). Uçak Bakım Eğitimlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Değerlendirilmesi J. Aviat. 4 (1), 61-78.

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-3762-5202>; ² <https://orcid.org/0000-0002-0997-6769>

DOI: <https://doi.org/10.30518/jav.738367>

Gelis/Received: 21 Mayıs 2020 **Kabul/Accepted:** 21 Haziran 2020 **Yayınlanma/Published (Online):** 23 Haziran 2020

Copyright © 2020 Journal of Aviation <https://javsci.com> - <http://dergipark.gov.tr/jav>



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

1. Giriş

İşletmeler, dijital çağda maliyetleri azaltma, verimliliği ve kaliteyi artırma konusunda giderek daha fazla baskı yaşamaktadır. 21. yüzyılda yeni teknolojilerle ortaya çıkan Endüstri 4.0 beraberinde iş modellerinde, üretim paradigmasında ve lojistik operasyonlarda geleneksel sanayi anlayışının değişmesine neden olmuş, sonunda ise dördüncü sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0, işgücü dâhil üretime ilişkin tüm süreçleri tamamen etkilemiş ve organizasyonların, süreçlerin, müşteri-şirket ilişkilerinin, tedarik ve değer zincirlerinin doğrudan belirleyicisi haline gelmiştir [1]. Son zamanlarda ortaya çıkan yapay zekâ, robotik, nesnelerin interneti (IoT), 3D baskı, nanoteknoloji, biyoteknoloji, büyük veri, mobil internet, akıllı sensörler ve kablosuz sensör ağları bir taraftan endüstriyel dijitalleşmeyi kolaylaştırmakta [2], diğer taraftan fiziksel ve dijital olarak daha “uyumlu” çalışabilecek ortam oluşturmaktadır [1].

Endüstriyel dönüşümü ifade eden Endüstri 4.0’ın lokomotif teknolojileri; büyük veri ve analitik, otonom robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, nesnelerin endüstriyel interneti, siber güvenlik, bulut bilişim, katkı üretimi, AG olarak ifade edilmektedir [3]. Bu teknolojilere sahip olan Endüstri 4.0 uygulamaları, imalat ortamının zekileştirilmesi ve bilişim ağının esnekliği ile üretim maliyetlerini minimize etmesi, seri üretimi hızlandırması, üretimin tüm aşamalarının tüketicilerce görülmesine imkân sağlaması, çalışanlar için özellikle iş sağlığı ve güvenliği bakımından ciddi gelişmeler yaratması gibi avantajlara sahiptir. Bununla birlikte üretilen ürünlerin “zeki ürün” olma niteliklerini de artırmaktadır. Böylece kişiselleştirilmiş ürünler, pazarda kendisini göstermekte olup her ürün bir taraftan kişisel kimlik kazanırken diğer taraftan bir gözlemci olarak görev yapabilmektedir [4,5].

Endüstri 4.0’ın istihdam ve meslekler için risk ve olumsuzlukları fazla olacaktır. Özellikle üretimde akıllı makine ve robotlarla birlikte teknoloji yoğun üretimin hız kazanması, emek gücüne olan ihtiyacı azaltarak işsizliğe neden olmaktadır. Ancak yeni işler yaratılarak yeni kapasiteler uygulanarak devletler ve sektörlerin de etkisiyle istihdam için yatırım yapılması ve işgücünün farklı beceriler ile

donatılması ile bu sorunun aşılması mümkün olabilecektir [4,6]. Negatif etkilerin minimize edilmesinin en etkin yollarından birisi de eğitim sistemlerinin etkin bir şekilde planlanması ve yürütülmesidir. Eğitim 4.0 olarak isimlendirilen bu yeni yaklaşım, diğer alanlarda olduğu gibi eğitim alanında da dijital dönüşümün gerçekleştirilmesini içermektedir. Böylece Endüstri 4.0’ın gerektirdiklerini her alanda tasarlayacak, geliştirecek, üretecek ve üretilen teknolojiyi kullanabilecek insan gücünün eğitimi sağlanabilecektir. Eğitim 4.0 yaklaşımı ile dünya problemlerini doğru hissedecek ve tanımlayacak (eleştirel düşünme), çözümü için yenilikçi fikirler üretecek (yaratıcı düşünme), çözüm için doğru yöntem ve teknikleri kullanacak (bilimsel ve analitik düşünme) bireylerin her alanda yetiştirilmesi büyük önem taşımaktadır [5].

Bu çalışmada öncelikle gerçeklik kavramları üzerinde durularak, özellikle AG kullanım alanları incelenmiş, dijitalleşmenin merkezinde bulunan Z kuşağının eğitimlerde ve özellikle uçak bakım eğitimlerinde AG uygulamalarının kullanılması değerlendirilmiştir. Son bölümde ise SHGM tanınmış okul isterlerinin SHY 147 kriterlerine göre sertifikasyonunun sağlanması kapsamında yapılacak çalışmalar için öneride bulunulmuştur.

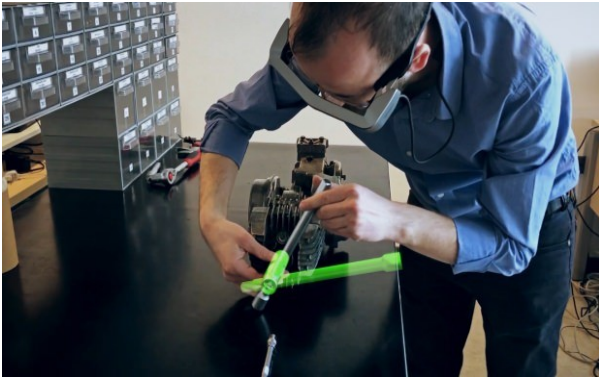
2. Gerçeklik Kavramları

Sanal Gerçeklik (SG), bilgisayar desteği ile bazı yazılım ve donanımlarla sanal ortamda üç boyutlu deneyim yaşanmasını sağlayan uygulamalar olarak ifade edilmektedir. Bu teknoloji eğitimden sağlığa, mimariden inşaat alanına, satış pazarlama ve organizasyondan eğlenceye kadar birçok alanda kendine yer bulmaktadır. Yapılan araştırmalarla da bu alanlarda yeni yaklaşımları beraberinde getirmektedir [7].



Şekil 1. SG ve Eğitim (Kaynak: http-1)

Artırılmış Gerçeklik (AG) ise, gerçek dünya ile bilgisayar tarafından üretilen ses, video, grafik, GPS konum bilgisi gibi verilerin birleşimini kapsayan bir çalışma alanıdır. Normal koşullarda insanların duyuları ve bilişsel süreçleri tarafından saptanamayan bilgileri sağlayarak, gerçekliğin güçlendirilmesini ve desteklenmesini içermektedir. Özet olarak AG teknolojisi, gerçek dünyanın daha iyi algılanması için sezgisel bilgileri sağlamakta, sanal nesnelerin ya da bilgi ipuçlarının gerçek dünyaya yerleştirilmesi yoluyla kullanıcının algısını iyileştirmeyi mümkün hale getirmektedir [8].



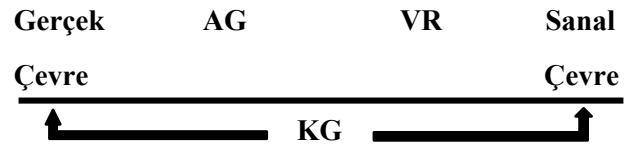
Şekil 2. TSK’da AG dönemi (Kaynak: <http-2>)

AG ve SG kavramları birbiriyle karıştırılabilmektedir. Sanal gerçekliğin amacı, gerçek dünyanın modellendiği üç boyutlu ve etkileşimli sanal ortamlar oluşturmaktır. AG ise gerçek zamanlı ve etkileşimli olarak gerçek dünyayı, bilgisayar ortamında geliştirilen sanal verilerle zenginleştirmeyi amaçlamaktadır [8]. Ayrıca SG ile kullanıcı gerçeklikten tamamen uzaklaşırken AG ise kullanıcının görmekte olduğu gerçek görüntünün üzerine sanal eklentiler ilave edilmektedir [9].

Askeri uygulama alanıyla başlayan AG teknolojisi günümüzde birçok alanda kendisini göstermektedir. Bu alanlar şu şekilde ifade edilebilir [10]:

- Eğitim ve insan bilimi,
- Doğal afet ve nükleer kazalardan korunma,
- Sanat, reklam ve pazarlama,
- Eğlence, sağlık ve müzecilik,
- GPS ve coğrafi etiketleme,
- Mühendislik, askeri ve güvenlik.

AG ve SG birlikte, **Karma Gerçeklik (KG)** adı verilen daha geniş bir teknoloji alanının parçasıdır. KG, fiziksel dünyayı dijital dünyayla harmanlayan farklı teknolojileri açıklar, tamamen gerçek ve sanal ortamların arasında bulunur ve hakkında çok az şey bilinen bir teknolojik gelişimdir. Bu gelişim aynı zamanda Endüstri 4.0 altında da çok önemli bir yer tutmaktadır.



Şekil 3. KG ortamı

Kaynak: H. Eschen, T. Kötter, R. Rodeck, M. Harnisch, T. Schüppstuhl, “Augmented and Virtual Reality for Inspection and Maintenance Processes in the Aviation Industry”, Procedia Manufacturing, Volume 19, s.157, 2018

Şekil 3’de belirtilen AG ve VR teknolojilerinin girift bir yapıda kullanılması yeni bir yaşam tarzının kapılarının açılmasına yol açabilir. Bu alandaki gelişimlerin eş orandaki ilerleyişi nörobilim alanındaki gelişimlere de bağlıdır. Teknolojinin uzmanlaştığı iki duyu alanı olan ses ve görüntünün her gün ilerlediği ve gerçeğe daha da yaklaştığı aşikârdır, ancak eksik kalan üç duyu alanına yönelik çalışmalar bu aşamanın tamamlanmasını sağlayacaktır [9].



Şekil 4. Case Western Reserve Üniversitesi’nin KG ile etkileyici HoloAnatomi uygulaması (Kaynak: <http-3>)

KG alanında AG tabletleri, Mağara Otomatik Sanal Ortamları (CAVE), başa takılan ekranlar (HMD) veya AG projektörleri gibi çeşitli cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazlar genellikle KG görüntüleme ve özellikle kullanıcı etkileşimi için diğer temel işlevleri sağlamaktadır. Ayrıca, sezgisel kullanılabilirliği desteklemek için izlenen kontrolörler, nesne tanıma ve izleme veya dokunsal geri bildirim gibi çeşitli işlevler entegre edilebilmektedir. Gelişmiş kontrol ve KG, görselleştirmeyi birleştirerek optimize edilmiş insan-bilgisayar etkileşimi sağlamaktadır [11].

3. Z (Dijital) Kuşak ve AG

Dijital çağda doğmuş ve büyümüş olan yeni nesil, dijital kuşak ya da Z kuşağı olarak adlandırılmaktadır [12]. Z kuşağı yaratıcı aktiviteler, değişim ve inovasyondan hoşlanmaktadır. Z kuşağı hızlı, sonuç odaklı ve pratiktir. Bununla birlikte aktif katılımcıdır, işbirliğini sever ve pasif olmayı reddeder. Sanal dünyada olmayı konuşmaya tercih eder ve mesaj göndermekten hoşlanır, ancak bu durum onları iletişimden uzaklaştırmaktadır. Bu durum da öğrenme problemlerini beraberinde getirmektedir. Aynı zamanda Z kuşağı kişisel ve bağımsız öğrenmeyi tercih etmekte ve motor becerilerini senkronize etmeyi tercih etmektedirler. Bu nedenle bu kuşakta yer alan bireyler öğrenirken okumak yerine izlemeyi tercih etmekte, bir ekran karşısında ve üç boyutlu öğrenme, sanal ortamda gerçek yaşamın yansımaları görmek istemektedirler [13].

Çağdaş eğitim yöntemleri ve ileri eğitim uygulamalarıyla doğuştan itibaren internetle büyümüş dijital yerli yeni neslin ilgisini çekmek, istenen yetkinliği aşımak, onları geleceğe hazırlamak ve etkili yöntemler geliştirmek için yenilikçi fikirlere ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte görselleştirme teknolojilerinde özellikle de SG, AG ve KG uygulamalarındaki heyecan verici gelişmeler, öğrencilere sürdürülebilir yenilikçi bir eğitim için fırsatlar sunmaktadır. Gelecek neslin tutkusunu korumak, onları gelişmiş sistemlerle eğitmek ve sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşmak için akılcı ve mantıksal yöntemler geliştirilmesi önem arz etmektedir [14].



Şekil 5: Facebook SG teknolojisi için büyük adımlar atıyor. (Kaynak: <http-4>)

Tam bu noktada bir eğitim aracı olarak AG, eğitimi kolaylaştırıcı ve aynı zamanda kuvvet çarpanı olarak öne çıkmaktadır. Oturum başına çok az veya hiç ek maliyet olmadan, kısa sürede birçok eğitim tekrarını gerçekleştirmek için idealdir [15].

AG teknolojisi, sanal öğrenme materyallerinin gelişmesinde, eğitime adapte edilmesinde çok büyük önem taşımakta ve yeni neslin öğrenmesine çok çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Bu teknoloji sayesinde, öğrenciler çevreyle etkileşim halinde ve zihinsel süreçlerini aktif bir biçimde kullanarak sürece dâhil olabilmekte, öğrenirken yeni keşifler yapabileceği deneyimi yaşayabilmektedir. Bununla birlikte yüz yüze iletişim yerine, bilgi ve deneyimlerin paylaşıldığı bir ortam yardımıyla doğrudan eğitim materyaliyle etkileşim kurabilmektedirler [16].

Bu bölümünde Z kuşağının özellikleri de göz önüne alınarak AG uygulamalarının avantajları ve dezavantajları incelenecektir.

3.1. AG Uygulamalarının Avantajları

Eğitime yeni bir yaklaşım getiren, eğitim etkinliği ile öğretmen ve öğrenciler üzerinde çok önemli etkilere sahip olan AG uygulamalarının eğitimde kullanılmasının birçok avantajı bulunmaktadır.

Öğretmenlerin derslerinde artırılmış gerçekliği eğitimle bütünleştirerek kullanması öğrencilerin dikkatinin çekilmesini ve sorunların karmaşık doğasının görselleştirilerek daha kolay anlaşılmasını sağlamaktadır. AG uygulamaları öğrencilerin dikkatlerinin çekilmesini, motivasyonlarının artırılmasını, derslere aktif katılmalarını, öğrenme sürecinin zevkli, eğlenceli ve çekici hale

getirilmesini, kendi öğrenme hızlarına ve öğrenme stillerine uygun bir öğrenme ortamı sağlaması, yeni fikirlerle heyecanlanmasını, hayal güçlerini ve yaratıcılıklarını kullanmalarını, mekânsal becerilerinin geliştirilmesini, tüm duyu organlarına hitap edilmesini, kavramları/süreçleri daha iyi anlamasını, kavram yanılgılarının düzeltilmesini, soyut kavramların somutlaştırılmasını, tehlikeli deneylerin güvenli bir şekilde uygulanmasını, gerçek hayatta gözlemlenmesi mümkün olmayan bir öğretim durumunun uygulanmasını, hata yapmaktan korkmalarını, gerçek dünya ile ilişkili görsel-uzamsal bilgilerin kazandırılmasını, kendi öğrenme ortamları üzerinde kontrole sahip olmalarına imkân vermesi nedeniyle öz yeterliliklerini artırılmasını, bilgi işleme süreçlerini desteklemesini, eleştirel düşünmesini, problem çözme becerilerinin gelişmesini sağlar. AG öğrenimin fiziksel, bilişsel ve kavramsal boyutunu anlamak için bir çerçeve sunma, eğitimin gerçekçiliğe dayalı olarak uygulamalarını ve eğitim etkinliğini artırmak için fırsatlar sunma, bir yandan eğitim maliyetlerini azaltırken diğer yandan eğitim süresini kısaltma, kullanılabilirlik, güvenilirlik, öğrenci güvenliği ve daha fazlasının karşılamaktadır. Ayrıca, eğitim başarısını büyük ölçüde iyileştirme, başarısızlığa dayanıklı bir ortam sağlama, eğitimi tekrarlama, güvenliğe zarar vermeme, kullanılabilirlik, işlerin hızlı ve verimli bir şekilde yapılmasını sağlama gibi birçok avantajı bulunmaktadır [13, 17, 18].

AG, gerçek dünyayı holografik nesnelere harmanlayan sürükleyici bir teknolojidir. SG'den daha az izole edicidir, bu nedenle uzaktan eğitim ve denetim için idealdir. AG üç temel alanda beceri geliştirmeye yardımcı olur [19]:

- **Ürün görselleştirme:** Yeni işe alınan kişilerin AG yardımı ile video izlemek veya diğer işçilere bakmak yerine, kullanacakları gerçek makinelerle doğrudan etkileşim kurarak eğitimleri sağlanabilmektedir.



Şekil 6. Yeni nesil SG ile sıfırdan tasarım yapma (Kaynak: <http-5>)

- **Uzaktan Yardım:** AG, uzman bilgisi gerektiren bir arızanın tamir edilmesinde veya teknisyene rehberlik edilmesi gereken durumlarda bir uzmana uzaktan canlı bağlantı sağlayarak ehil personel gözetiminde sorunun giderilmesi sağlanabilir.



Şekil 7. Microsoft'un AG destekli teknik yardım uygulaması (Kaynak: <http-6>)

- **Prosedürel Rehberlik:** AG katmanlarını kullanarak teknisyenler çalışma prosedürlerini, güvenlik önlemlerini ve diğer talimat türlerini öğrenebilirler. Bilgiler (metin, diyagram, video), işçinin bir şey yapması (ya da yapmaktan kaçınması) gerektiği anda fiziksel öğenin üzerinde görünür. Bu sayede AG yardımı ile teknisyen eğitimlerinde prosedürlerle ilgili yaşanabilecek olumlu ve olumsuz senaryolar önceden yaşatılarak bir taraftan teknisyenlerin eğitim etkinliği arttırırken diğer taraftan da çalışma prosedürlerinin çok kısa zamanda öğrenilerek sıfır hata ile çalışmasını sağlayabilirler.



Şekil 8. AR, dijital dünyanın bileşenlerini çalışan gerçek dünya algısına getirilmesi (Kaynak: <http-7>)

Özellikle iş sağlığı ve güvenliğinde; başta uzaktan eğitim, talimatların görselleştirilmesi, tasarım ve bakım güvenliği noktalarında önemli iyileştirmeler sağlayabilir. Bir yangın eğitimini kişilere ortamı yaşatarak, kişisel koruyucu giydirecek, söndürme cihazı kullanarak katılımcılara verebilir, tahliye tatbikatlarını ses, ışık, görüntü hatta duyuşsal uyarılar sayesinde neredeyse gerçeğe yakın yaşatabilir [20].



Şekil 9. Securitas SG yangın simülasyonu eğitimi (Kaynak: <http-8>)

Bununla birlikte AG uygulamaları ile [20]:

- Tasarımdaki güvenlik önlemlerinin kontrolünü basitleştirilebilir ve kolaylaştırılabilir, olası tasarım hataları ortadan kaldırılabilir,
- Çeşitli kaza senaryoları oluşturularak bunların olası etkileri simüle edilebilir ve mevcut güvenlik önlemlerinin etkinliği değerlendirilebilir,
- Uzaktan ve kişiyi iş ortamının içinde hissettiren daha etkin İSG eğitimleri sunulabilir, böylece zaman ve maliyet avantajı sağlanabilir.

3.2. AG Uygulamalarının Dezavantajları

AG uygulamalarının maliyetleri henüz istenen seviyelerde değildir. İhtiyaç duyulan altyapı ve donanım ihtiyaçları ile yetkin personel kıtlığı ekonomik sorununu ortaya çıkarmaktadır. Eğitmciler sınıfta AG kullanılması konusunda birtakım dezavantajları nedeni ile önyargılıdır ve eğitimcilerin bunu kabul etmeleri için zamana ihtiyaçları bulunmaktadır. AG uygulamalarının aşırı bilişsel yüke neden olacağı, içerik geliştirme zorluğu, 3D içerik ve uygulamaların geliştirilmesinde teknik bilgi yetersizliği, sınıfın fiziksel gereksinimleri, donanım gereksinimleri, AG ortamları arasında veri taşınabilirliği eksikliği, gizlilik eksikliği, geliştirme ve bakım masrafları şeklinde olumsuzluklar ifade edilebilir [13, 17, 18].

AG uygulamalarının önündeki dezavantajların teknolojinin ilerlemesi ve zaman içinde olumlu sonuçların alınması ile birlikte ortadan kalkacağı değerlendirilmektedir.

4. Havacılık Eğitimlerinde AG

Günümüzde havacılık alanında tasarım, bakım, uçak içi yapısal takip ve uçuş yönetimi gibi konularda Endüstri 4.0 uygulamaları ile havacılıkta da ortaya çıkan ağlar, büyük verilerin mevcudiyeti, yerleştirilmiş ve kişiselleştirilmiş üretim, her birine bağlı mikro sensör ağları, bilginin uzaktan operasyonlarla akıllı ve sezgisel olarak görselleştirilmesi, otomasyon gibi ortaya çıkan yıkıcı teknolojiler yardımıyla rekabet avantajı sağlanmaya çalışılmaktadır [21].

Endüstri 4.0, yenilikçi teknolojilerin çalışma sürecine entegrasyonu ile birlikte bakım faaliyetlerinin uzun vadeli gelişimini sağlamak için yeni fırsatlar sunmaktadır. Yeni teknolojiler beraberinde yeni yetenek ihtiyaçlarını ortaya çıkarmakta ve eğitimlerin gözden geçirilerek yeniden yapılandırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Söz konusu gelişmiş üretim teknolojilerinin sürdürülebilir çalışması için yüksek vasıflı operatörlere ve deneyimli mühendislere ihtiyaç duyulmaktadır [14].

AG, iş ile ilgili becerilerin edinilmesinde bir araç görevi görmekte, gerçeklik dünyası yaratarak havacılık ve havacılık eğitimlerini dönüştürme potansiyeline sahiptir [22]. AG tabanlı eğitim

sistemleriyle gerçek dünyadakine benzer çalışma ortamı oluşturularak başta pilotlar, uçak bakım personeli ve hava trafik kontrolörleri olmak üzere diğer tüm havacılık çalışanlarının birçok göreve ilişkin eğitimleri etkin bir şekilde yapılabilmektedir [23].



Şekil 10. Ticari havacılıkta AG (Kaynak: <http-9>)



Şekil 11. CLAIRITY HoloTower (Kaynak: <http-10>)

Havacılık güvenliğini artırma çalışmaları kapsamında, insan hatalarının operasyonlar üzerindeki etkisini azaltma çalışmaları çok önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle havacılık sektöründeki bakım teknisyenleri katı zaman kısıtlamaları ve sıkı kurallara bağlı olarak yüksek stresli koşullar altında çalışmaktadır. Yapılan hataların çoğu bir kaza meydana gelene kadar belli olmamaktadır. Havacılık güvenliği için çok büyük bir tehdit olan bakım hataları bilinmesine rağmen, konuyla ilgili çok az simülasyon bulunmaktadır. Bilgisayar tabanlı eğitim sistemleri kullanılarak, bakım teknisyenlerinin eğitimlerinde yüksek standartlar yakalanabilir, yaşanan tecrübelerin

eğitilmeye dâhil edilmesiyle kurumsal hafıza oluşturulabilir ve konuların daha açık bir şekilde anlaşılabilir [24].



Şekil 12. Eurasia Airshow'da BİTES Savunma Havacılık ve Uzay Teknolojilerinin AG çalışmaları (Kaynak: <http-11>)

Ayrıca, bazı görevleri sık sık yerine getirme fırsatı bulamayan bakım teknisyenlerinin belirli detayları zaman içinde unutma ihtimali bulunduğundan daha önceden alınmış eğitimlerin periyodik olarak tekrarlanması çok önemlidir. Bu kapsamda, riskli ve karmaşık süreçleri içeren bakım uygulamalarının daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için eğitimlerde dijital teknolojilerden yararlanılması süreç yönetimini kolaylaştırmaktadır. Sanal ortamların [25]:

- Rahat ve doğal olması nedeniyle kullanıcının etkileşiminin artması,
- Bilgilerin saklanması kolaylaştırması,
- Çok kez tekrarlanabilir olması,
- Endüstriyel ve çevresel tehlikelerden izole edilmesi nedeniyle güvenli olması
- Gerçek bileşenleri içermediğinden uygulamada tasarruf sağlaması,
- Mekândan ve zamandan bağımsız eğitim sağlaması,
- Kullanıcılara iki boyuta kıyasla 3 boyutun sürükleyici bir deneyim sunması nedeniyle uzamsal ilişkileri daha iyi anlaması,
- Bireysel adımların tekrarlanabilir olması nedeniyle eğitilen personele farklı bakış açılarından ve görüşlerden süreci analiz etme fırsatı sağlaması en önemli özellikleridir.

Havacılık endüstrisi mevcut bakım problemlerini çözme potansiyeline sahip Dijital İkiz veri tabanı ve AG gözlükleri kullanarak teknisyene önceden sistem ile ilgili bilgisini deneyimleme fırsatı sunulabilmektedir. Örneğin hasar yerlerinin keşfi, hasar belgelerini inceleme, harici sensör ile verilerin incelenmesi (ultrasonik taramalar), ihtiyaç duyulan bilgilerin sağlanması, uçağın uçuşa elverişliliği gibi çeşitli alanlarda AG eğitim çalışmalarının yapılması mümkün olabilmektedir. Böylece bakım eğitimlerinin kalitesinin artırılarak uygulamalara yönelik ihlaller ve gerçeklerin yanlış yorumlanması engellenebilir [23].



Şekil 13. RE’FLEKT AG çalışmaları (Kaynak: <http-12>)

AG cihazları ile edilen/edilebilecek kazanımlardan [11, 21, 26-29] ortam Tablo 1’de, dokümantasyon Tablo 2’de, eğitim Tablo 3’de, veri ve altyapı Tablo 4’de, bakım teknisyenleri Tablo 5’de, bakım görevleri ise Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 1. AG’nin ortama etkileri

Ortam
<ul style="list-style-type: none"> Tehlikeli ve çoğu zaman zor ortamlarda, başarılı bakım görevleri yapılabilir. Çevresel ve sınır koşulları hakkında gerçek zamanlı bilgi akışı sağlanabilir. Uzaktan yedek parça temin edebilen çözümler üretilebilir.

Tablo 2. AG’nin dokümantasyona etkiler

Dokümantasyon
<ul style="list-style-type: none"> Uçak bakımında “yavaş, külfetli ve hataya yatkın” olarak tanımlanan kâğıt bazlı dokümantasyon kullanmadan teknik dokümanlara kolay erişim sağlanabilir. Belgeleri azaltma, güvenlik seviyesinin artırılması ve insan hata olasılığının azaltılmasını sağlayabilir. Envanterde uzun süre kalacak olan bir uçağın dokümantasyonun uzun süren güncellemelerinin daha kolay yapılmasını sağlayabilir.

Tablo 3. AG’nin eğitime etkileri

Eğitim
<ul style="list-style-type: none"> Yüksek düzeydeki bir eğitimin daha kısa bir zamanda ve maliyet etkin olarak verilmesi potansiyeline sahip olabilir. Eğitim etkinliğinin artışı sağlanabilir. Karmaşık görevlerin daha güvenli bir şekilde öğretimi sağlanabilir. İSG riskleri ve insan hataları açısından olası azalma sağlanabilir.

Tablo 4. AG uygulamalarının veri ve altyapıya etkileri

Altyapı ve Veri
<ul style="list-style-type: none"> Kompozit yapıların hasar tolerans analizini yapmak için Büyük Veri işleme stratejileri ile uçuşa gerçek zamanlı veri elde ederek aviyonik sistemlerin performansının artırılmasını, veri füzyonunu, uçak yapısal sağlığını izleyen sensörler yardımıyla veri almayı ve verilerin kaynaşmasını sağlayabilir. Gerçek ortamda oluşturulan 3D yardımıyla bilgilerin tablette görselleştirmesi sağlanabilir. Yazılım ve donanım mimarisi çok uzun ömürlü olup tekrar kullanılabilir.

Tablo 5. AG'nin bakım teknisyenleri için kazanımları

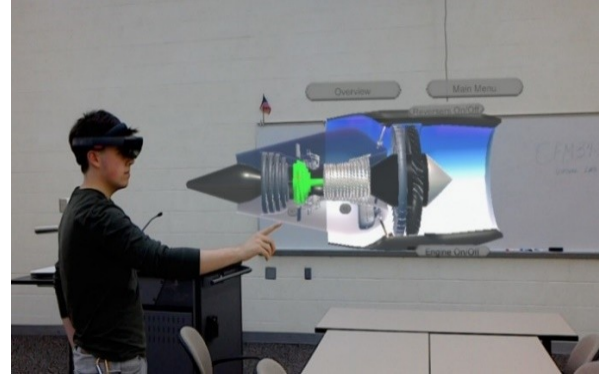
Bakım Teknisyenleri
<ul style="list-style-type: none"> • Yararlı ve iyi uyarlanmış bilgilerle bakım teknisyenlerinin vizyonlarını geliştirilerek çok daha karmaşık görevlerin daha kolay gerçekleştirilmesine yardımcı olabilir. • Acil bir sorun veya karmaşık bir sorun ortaya çıktığında, hızlı bir teşhis için dışarıdan uzmanlıkla kolayca bağlantı kurularak hızlı ve verimli müdahaleler yapılabilir. • Uzaktan etkili bir yardım sayesinde bakım teknisyenlerinin zihinsel iş yükünü ve müdahale zamanını azaltabilir. • Teknisyenlere dijital bilgi desteği sağlanarak gerçek dünya vizyonunu gerçek zamanlı olarak güçlendirebilir, çevre ile etkileşim sağlayabilir, doğru yerde doğru bilgiler görüntülenebilir. • Teknisyenlerin baş hareketini azaltabilir. • Teknisyenlerin işlem basamakları arasında daha hızlı bir şekilde hareket etmesine izin verilebilir, bir önceki adıma veya bir sonraki adıma geri dönme hızını artırarak enerjinin etkin kullanılmasını sağlayabilir.

Tablo 6. AG uygulamalarının bakım görevlerine etkileri

Bakım görevleri
<ul style="list-style-type: none"> • Bakım görevleri büyük ölçüde basitleştirilebilir. (Karmaşık boyutlu resimler ve şemalar, karmaşık bir bölgedeki bileşenleri tespit etme zorluğu, uzun ve yorucu montaj / demontaj işleri vb.) • Bakım görevlerinin daha kısa bir zamanda, daha emniyetli ve etkin olarak yerine getirilmesi sağlanabilir. • Yapılan işin kalitesinin ve verimliliğinin artması sağlanabilir. • Ticari bir uçağın tüm bakımlarının artırılmış gerçeklikle uygulanmasıyla görevlerin titizlikle ve oldukça kısa bir sürede yapılması sağlanabilir.

4.1. Uçak Bakım Temel Eğitimlerinde AG

Lori Brown'un HoloLens çalışmasıyla Western Michigan Üniversitesi, sınıfta AG kullanan ilk üniversite havacılık programı olmuştur [31].

**Şekil 14.** Western Michigan Üniversitesi HoloLens çalışması (Kaynak: <http://13>)

Vuforia Model uçak bakımında uygulamalarına AVATAR, burun iniş takımı montajıyla büyük ölçekli (6:1) F/A-18 F model uçaklarda başladı. Normal şartlarda burun iniş takımında kablolama ve hidrolik sistemlerde meydana gelen arızaları giderirken, uçak başına gitmek, o bölgede bulunan bazı parçaları sökmek, yeniden takmak, test etmek ve tüm bunları bir uzmanın nezaretinde yapmak gerekmektedir. Bu işlemler sonucunda uçağın faaliyetinde gecikmeler, ekipmanlarında aşınma ve yıpranmalar oluşmaktadır. AVATAR ise tüm bu işlemlerin uçuş hattına gitmeden emniyetli ve etkin bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır.

**Şekil 15.** ARMA (AVATAR) bileşen tanımlaması (Kaynak: <http://14>)

AVATAR AG'de bakım kılavuzlarında bulunan prosedürdeki her bir ardışık adım için açılması gereken tüm panelleri, hangi konektör ve pimlerin

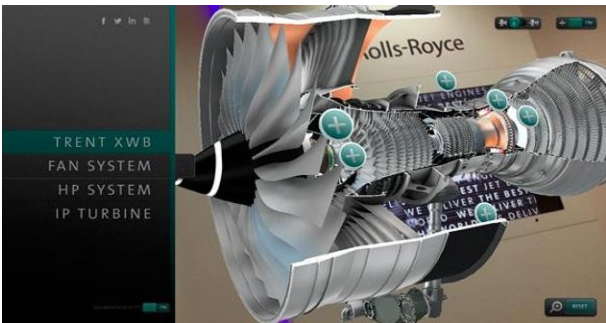
kullanılacağı, demontaj ve montajları gösterir. Bunun sonucunda, uzman personeli uçak başına çağırma ve gerçek uçak ihtiyacını ortadan kaldıracak, parçaların aşınmasını ve yıpranmasını ortadan kaldırılabilecektir [32].

United Technologies Araştırma Merkezi ile Pratt & Whitney bakım eğitimlerinde kullanılmak üzere SG motoru geliştirme konusunda işbirliği başlattığını açıklamıştır [33].



Şekil 16. Pratt & Whitney AR çalışmaları (Kaynak: <http-15>)

AFI KLM E&M tarafından Boeing 787 Trent 1000 motorunun karmaşık mekanik sistemleri ve bileşenleri, hologram olarak doğru bir şekilde yeniden yaratılmıştır. Bu teknoloji yardımıyla kursiyerlerin daha kısa bir eğitim süresinde becerilerini dinamik ve verimli bir şekilde geliştirebilmesine, işbirliği halinde bir takım olarak eğitilmesine ve tam bir hareket özgürlüğüne sahip olmaktadır. Nuveon yetkilisi tarafından Gulf Air ile gerçekleştirilen ve onaylanan modülün, *EASA ve Bahreyn CAA tarafından Bölüm 147 sertifikalı olduğu* belirtilmiştir [34].



Şekil 17: Rolls-Royce Trent XWB motoru AG çalışması (Kaynak: <http-16>)

Hollanda Havacılık Araştırma Merkezi (NLR) ile AFI KLM E&M işbirliği yaparak stajyerlerin sistemlerinde ve eğitmenlerinde hareket etmelerine ve etkileşimde bulunmalarına olanak tanıyan sanal bir uçak modeli geliştirmiştir. Araştırmalar, bu fütüristik çözümün geleneksel kalem ve kâğıt yöntemlerinden ve hatta bilgisayar destekli öğrenmeden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu durumun teknisyenler için mevcut en ileri eğitim olduğu düşünülmektedir [34].



Şekil 18. NLR ve AFI KLM E&M uçak bakım SG ile eğitim uygulaması (Kaynak: <http-17>)

Japan Airlines ve JAL Engineering ile birlikte Airbus, A350 XWB için Microsoft HoloLens sürükleyici karma gerçeklik kulaklıklarından yararlanan bir prototip eğitim uygulaması geliştirmiştir. Airbus'ın geliştirdiği eğitim, uzaktan işbirliği ve bakım çözümleri de dâhil olmak üzere birçok hazır uygulamayı içermektedir. Bakım teknisyenlerine ve kabin ekibine, isteyken görüş alanlarında görüntülenen 3D içerik ve iş akışı talimatları ile yardımcı olan bir eğitim programı sunulması amaçlanmaktadır [35].



Şekil 19. Airbus A350 XWB için kullanılan KG uygulaması (Kaynak: <http-18>)

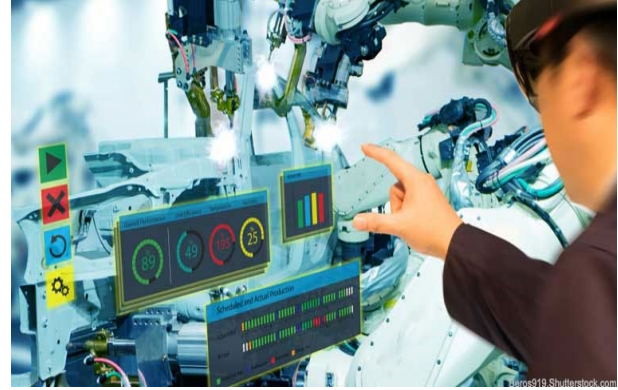
Bir uçak bakım ve onarım hizmetleri şirketi olan FL Technics, bakım ekipleri için standartlaştırılmış eğitim sürecini sanal bir öğrenme ortamı geliştirerek havacılık mekaniği eğitimlerini 3 aydan 3 haftaya indirmeyi hedeflemektedir [36].

ABD Hava Eğitim ve Öğretim Komutanlığı (AETC), uçak bakımı ve hava aracı teknisyeni için yetkinlik tabanlı bir SG ve AG eğitim yeteneği geliştirmek için çalışmaktadır. Bu kapsamda AETC envanterindeki her uçak için 3D Uçak Görev Tasarım Serisi ortamları ile sınıf ve uçuş hattı için sanal eğitim hangarları, güçlü AG özellikleri ve kapsamlı eğitmen araçları ile her yerde ve her zaman eğitim yapmayı amaçlamaktadır. AETC endüstriyel çağın zamana ve göreve dayalı bir modelinden;

- Gelecek için yetkinliğe dayalı bir modele götürecek uygun bir mesleki yeterlilik modelinin geliştirilmesini,
- Bu mesleki yeterlilikleri öğretmek için yeni teknolojileri tanımlamak ve kullanmak için çalışılmasını,
- Aynı zamanda öğrenci merkezli eğitim için yeni methodolar uygulanmasını,
- Uzmanlık ve deneyimlerinden maksimum seviyede faydalanabilmek için programı

basitleştirilmiş bir süreçle kolaylaştıracak bir modele geçişi planlamaktadır [37].

San Antonio-Lackland'daki Kariyer Destekli Havacı Mükemmellik Merkezi'ndeki öğrenciler için oluşturulan C-5M Galaxy ve C-130J Super Hercules için ilk sanal modellerle tamamlanmıştır. AG eğitimleri öğrenci merkezli, görev odaklı ve yetkinlik temelli bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 20. Hava Kuvvetleri (AF) AG yardımıyla uçak bakımını gerçekleştiriyor. (Kaynak: <http-19>)

Havacılık eğitimlerindeki AG uygulamalarından bazıları Tablo 7'de gösterilmiştir ve bu doğrultuda uygulama sayısının her geçen gün hızla arttığı görülmektedir.

Tablo 7. Havacılık eğitimlerindeki AG uygulama örnekleri

Çalışma	Açıklama	Sonuçlar
Cessna 337'de 5-41 prosedürünün bulunması	Havacılıkta yetenekli 10 kişilik bir gruba toplam 800 sayfalık bakım bilgileri içeren Hololens gözlüğün çalışma prosedürleri anlatıldıktan sonra 5-41 prosedürünün bulunması ile ilgili ölçümler yapılmıştır.	• Manuel yolla 26,5 saniye olan ortalama süre daha başlangıçta % 27 oranında bir azalmayla 19,4 saniyeye düşürülmüştür [21].
Cessna 172 Kontrol görevleri	AG deneyimi olmayan 10 personel ile 30 dakikadan az süren eğitim sonrası yağ kontrolü yapılmıştır.	• Ortalama görev zamanı 20 dakika, görüntü ile ilgili kesintileri çözmek için maksimum harcanan süre 8 dakika olmuştur [24].
AFI KLM NLR	Hollanda Havacılık Araştırma Merkezi (NLR) ile işbirliği yapılarak sanal bir uçak modeli geliştirilmiştir.	• Daha etkileşimli bir eğitim ortamı oluşturulmuştur. • Daha fazla bilgi aktarımı sağlanmıştır [34].

5. Sonuç ve Tartışmalar

2019 yılındaki havacılıkta AG ve SG pazarının 78 milyon ABD dolarından, 2025 yılına kadar yaklaşık 17,5 kat artarak 1.372 milyon ABD dolarına çıkacağı tahmin edilmektedir. Artan verimlilik ve maliyetlerdeki tasarrufların havacılık sektörünün büyümesinde AG ve SG pazarını yönlendirmesi beklenmektedir. Havacılıkta AG ve SG imalat, bakım, havaalanı operasyonları, havayolu operasyonları, havacılık eğitimi gibi havacılık fonksiyonlarında maliyet tasarrufuna yol açan daha pürüzsüz ve verimli operasyonlar sağlamaktadır [29].

Havacılık endüstrisi özellikle AG'nin yükselişinden yararlanmaya hazırdır ve bu kapsamda birçok şirket uçak bakımını kolaylaştırmak için AG seçenekleri geliştirmektedir. AG uygulamalarının uzmanlar tarafından havayolları ve uçak üreticileri için oldukça çarpıcı bir yatırım getirisi sağlayacağı düşünülmektedir [30].

Havacılıktaki risklerin çok yüksek oluşu güvenlik kavramını uçak bakımın vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Mevzuat gereği denetim seviyesi çok sıkıdır ve güvenlik, bir uçak üreticinin veya hava yolu işletmecisinin işlerini desteklemek için yaptığı her faaliyetin zorunlu bir bileşeni haline gelmiştir. İçerisinde insanın olduğu herhangi sisteminde hata potansiyeli vardır. AG ve SG uygulamalarını benimseyen kuruluşlarda güvenlik konularında % 50'ye yaklaşan bir iyileşme ile birlikte daha düşük hata oranları bildirilmektedir [8].



Şekil 21. Airbus ve Microsoft HoloLens 2 yazılımı geliştirme çalışmaları (**Kaynak:** <http://20>)

Index AR Solutions tarafından AG'nin % 2-5 oranında maliyeti azaltan bir teknoloji olmadığı,

sanılanın aksine % 25'ten % 90'a varan ölçülebilir tasarruflu uygulama olduğu ve bu alanda oyunu değiştirdiği vurgulanmıştır [11].

Bakım görevleri karmaşık işlemler olup, her makine ve ekipman için ayrı ayrı prosedürler ve teknikler içermektedir. Bu nedenle personel sürekli olarak eğitime ihtiyaç duymakta, bakım müdahaleleri sırasında zaman zaman bilgi desteği istemektedir. Çok pahalı ve karmaşık olan eğitim süreçlerinde teknisyenlerin daha verimli bir şekilde eğitilmesi önem arz etmektedir.

Bir konuda bilgi edinmek, davranış değişikliği kazandırmaya yetmeyebilir. Özellikle de acil durumlarda davranışa dönüşmesi istenen bilginin, öğrenen tarafından algılanması, deneyimle pekiştirilmesi ve uzun süreli belleğe kaydedilmesi gerekir. AG uygulamaları bilginin kalıcılığıyla ilgili eğitim ve öğrenimde devrim niteliğinde yeni fırsatlar sunmaktadır. Bu sayede eğitilenin tecrübe kazanmasında sanal deneyimler büyük rol oynamaktadır. AG ile verilen eğitimler önceden hazırlanmış ve planlı biçimde verilmektedir. Böylece uyarıcıların eğitime kademeli olarak verilebilmesi, gerçek olayların rastsallığı yerine bilinçli olarak alternatif durumların her birinin ele alınabilmesi, tekrarlı maruz bırakma sayesinde bilginin işlenip kalıcı bir anı niteliği kazanması, kişinin beklenen davranışı tekrar tekrar uygulama yaparak pekiştirmesi gibi özellikler ile etkili bir öğrenme sağlanabilmektedir. Bu nedenlerle AG uygulamaları ile verilen eğitim sayesinde [38];

- Eğitim süresi kısaltılabilir,
- Bilgi ve becerilerin uzun süreli bellekte tutulması sağlanabilir,
- Eğitilenlere ürün veya sistemlerin işlevlerini ve özelliklerini 3 boyutlu gerçekçi görüntüler ile çeşitli açılardan ve mesafelerden inceleme fırsatı sunulabilir,
- Eğitilenlere, eşzamanlı olarak sunulan uyarılar sayesinde öğrenme nesnelerinin kavranmasını kolaylaştıran güçlü bir "oradaymış gibi" hissi yaşatılabilir.

AG gibi yeni teknolojiler, geleneksel bir yaklaşıma göre havacılıkta bakım operasyonlarını yürütmek için daha iyi bir yol sağlayabilir ve hava aracı bakım faaliyetlerini çeşitli şekillerde desteklemek için kullanılabilir. AG tabanlı Resimli

Parça Katalogları, Bakım El Kitapları, uzaktan bakım yazılım araçları, AG destekli montaj/demontaj işlemleri, AG'ten yararlanılarak gerçekleştirilebilecek işlemlerin bazılarını örnek olarak verilebilir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgu ve değerlendirmeler şu şekilde özetlenebilir:

- **Herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerde eğitim;** AG uygulamaları ile öğrenciler zamandan ve mekândan bağımsız olarak laboratuvar dışında çalışma fırsatı bulabilirler. Eğitimler, kursiyerlerin bekleme sürelerini ve durumsal farkındalık kaybını azaltmak için eğitim ekranındaki teknik kılavuzları, kontrol listelerini ve adım adım talimatları görmelerine izin verebilir. Eğitim ortamında bulunmayan bir eğitmen belirli bir görevi nerede ve nasıl yapmaları gerektiğine dair sanal göstergeler vererek öğrenciye sanal geri bildirim sağlayabilir.
- **Eğitim süresinin kısaltılması ve oyun tabanlı etkin eğitim;** Hava Aracı Teknisyeni aday öğrencilerin dijital yerli nesil olmaları nedeniyle oyun tabanlı öğretim tekniklerini benimsedikleri, eğitimlerden beklentilerinin yüksek olduğu bilinmektedir. AG uygulamaları ile uçak bakım eğitimleri dijital kuşak öğrencilerin etkileşimde bulunabileceği, ilgi çekici deneyimler yaratmasını sağlayarak bir taraftan eğitim süresini kısaltacak, diğer taraftan eğitim etkinliğinin artırılmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.
- **Derin öğrenme;** Sanal ortamlar ile öğrencilerin etkileşimde bulunduğu eğitim ortamının oluşturulmasıyla konuların daha detaylı öğrenilmesi sağlanarak aradan geçen zamana rağmen konuların hatırlanma oranı yükselecektir.
- **Ekonomik;** Havayolu işleticileri ile havacılık eğitimi veren okullar uygulamalı bir eğitim ve pratik deneyime izin vermek için uçaklara erişim sağlamada zorluklarla karşılaşmaktadır. AG eğitimleri ile 3B modelleme kullanılarak, laboratuvarların geleneksel kullanımının azaltılması ve bu sayede malzeme sarflarının önlenmesi sağlanabilir. Örneğin KG uygulamalarıyla, gerçek uçak motoruna ihtiyaç duymadan öğrencinin gözlük yardımıyla motor bileşenin içine girmesine fırsat verilerek bir taraftan eğitim ekonomik hale gelirken, diğer taraftan eğitim etkinliği artmaktadır.

• **Kaza ve olayları emniyetli deneyimleme imkânı;** Sanal ortamlar, öğrencilerin etkileşimde bulunabileceği yeni donanımlar ile güvenli ortamlar oluşturularak (gerçek hayatta denenmesi imkânsız olaylar da dâhil olmak üzere) deneyim kazandırılmasını sağlayabilir. Örneğin, daha önceden yaşanan kaza ve olaylar belirli senaryolar dâhilinde sanal ortamlarda işlenerek geçmiş tecrübelerin aktarımına, uçuş emniyetinin artırılmasına katkı sağlayabilmektedir.

• **Objektif ölçme ve değerlendirme;** Bir SG eğitim aracı tarafından öğrenciye eğitim verilerek eğitim sonunda öğrencinin sınavları yapılabilir. Değerlendirme kıstasları eğitmenler tarafından iyi tanımlandığı takdirde öğrencilerin ölçme ve değerlendirme faaliyetleri verimli bir şekilde yapılabilmektedir.

• **İş sağlığı ve güvenliği açısından;** Çalışan sağlığını, güvenliğini ve geleceğini gözeten AG uygulamaları çalışanların işe bağlılığını güçlendirirken, çalışan değişim oranını ve maliyetini düşürür.

• **Dezavantajlar;** Tüm bu olumlu yönlerinin yanı sıra AG önünde teknolojik engellerin (altyapı, çözünürlük, fiziksel etkileşim zorlukları vb.) bulunması, aşırı bilişsel yüke neden olması, donanım ile yazılımların yüksek maliyetli olması, içerik geliştirme zorluğu, teknik bilgi yetersizlikleri, geliştirme ve bakım masrafları gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu alanda karşılaşılan en büyük zorluk ise uygun içeriğin ve uygun görüntüleme teknolojisinin geliştirilmesidir. AG uygulamaları kapsamındaki dezavantajların teknolojinin ilerlemesi ve zaman içinde olumlu sonuçların alınması ile birlikte ortadan kalkacağı değerlendirilmektedir.

Hava Aracı Bakım Eğitim Kuruluşları Yönetmeliği (SHY-147) kapsamında Tanınan Okul yetkisi almak için gereklilikler ile ilgili ölçütler ihtisaslar bazında Tablo 8'de verilmiştir. Söz konusu ölçütler incelendiğinde, 11 başlık altındaki mekanik ihtisası için 180, aviyonik ihtisası için 100 ve her iki ihtisas için 90 adet ölçütün ortak olduğu görülmektedir. Hem mekanik hem aviyonik ihtisaslarında teknisyen yetiştirecek bir okulun toplam 190 adet işlem maddesini karşılama zorunluluğu bulunmaktadır.

Söz konusu ölçütleri sağlayabilmek amacıyla her konu başlığındaki uçak bakım eğitimlerinin bilgi kısımları SG, beceri ve uygulama kısımları ise AG kullanılarak verilebilecektir. Ancak, hâlihazırda teknoloji ve alt yapı yetersizlikleri, AG konularında az sayıda uzman personelin olması, eğitimcilerin

AG uygulamalarına yönelik senaryo oluşturmadaki yetersizlikleri ve yeniliğe karşı gösterdikleri direnç ile birlikte sertifikasyon konusundaki belirsizlikler AG uygulamalarının uçak bakım eğitimlerinde yaygın olarak kullanılmasını zorlaştırmaktadır.

Tablo 8. Tanınan okul kıstasları

Konu Başlıkları	Mekanik	Aviyonik	Mekanik/Aviyonik (Ortak)	Mekanik (Farklı)	Aviyonik (Farklı)
Emniyet Tedbirleri	2	2	2	-	-
Mekanik	19	9	9	10	-
Elektrik	23	23	23	-	-
Elektronik	3	12	2	1	10
Tesviye	15	3	3	12	-
Kompozit	4	1	1	3	-
Ahşap	5	3	3	2	-
Kumaş Kaplama	4	2	2	2	-
Bakım Pratikleri	39	16	16	23	-
Gaz Türbinli Motorlar	26	13	13	13	-
Turboprop/Turboşaft/Pistonlu Motorlar	40	16	16	24	-
Toplam	180	100	90	90	10

Uçak bakım teknisyenlerinin mezuniyet sonrası çok kısa bir süre içerisinde operasyonel mükemmelliği yakalamaları ve meslek hayatları boyunca bunu sürdürmeleri için bilgilerini güncel tutma zorunluluğu bulunmaktadır. AG uygulaması ile verilen uçak bakım eğitimlerinin sağladığı deneyimler ve derin öğrenme sayesinde, zor ve sıkı koşullar altında görev yapan uçak bakım teknisyenlerinin başarılı görevler icra etmesi sağlanacaktır. Bunun için gerekli altyapının oluşturulması ile uçuş emniyetine doğrudan katkı sağlanabilecektir.

Ancak, eğitimciler sınıfta AG kullanılması konusunda önyargılıdır ve eğitimcilerin bunu kabul etmeleri için zamana ihtiyaçları bulunmaktadır. Tam daldırma hissi veren bir ortam ortaya konulana kadar SG ve AG uygulamalarının benimsenmesi zor olacaktır. İlerleyen zamanlarda hızla gelişmekte olan AG uygulamalarının önünde bulunan teknolojik ve diğer tüm engellere çözüm bulunacağı, maliyetlerin düşürüleceği, içerik geliştirme zorluklarının ortadan kaldırılacağı ve sayıca yetersiz teknik personel sorunlarının aşılacağı düşünülmektedir.

Bu süreç içerisinde gelecekte yapılacak

çalışmalar kapsamında uçak bakım gerçeklik uygulamalarının SHGM liderliğinde gerçeklik konularında uzman özel sektör temsilcileri, hava liseleri ile üniversitelerin havacılık MYO ve dört yıllık eğitim veren yüksekokulların öğretim kadrolarının katılımı ile geniş çaplı bir çalıştay yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Yapılacak çalıştay sonucunda;

- Personelin sanal gerçeklik konusunda eğitimler alarak farkındalıklarının artırılması,
- Altyapı ve ders eğitim yardımcılarının (gerçek uçak, model, maket vb.) belirlenerek ortaya çıkacak olan ihtiyaçların giderilmesi,
- Her seviyede uygulanacak sanal gerçeklik eğitimlerini müfredatlarının standartlarının belirlenmesi,
- Özel sektör ile birlikte derslere yönelik gerçeklik senaryolarının oluşturulması,
- Oluşturulan sanal gerçeklik senaryolarının denenerek başarısının test edilmesi,
- Ölçme ve değerlendirme kriterlerinin belirlenerek sınavların sanal ortamda yapılması ve yapay zekâ kullanılarak objektif değerlendirmelerin geliştirilmesi,
- Yapılan tüm eğitimlerin sertifikasyonlarının

sağlanması,

- Diğer hususlarla ilgili yapılacak çalışmaların belirlenerek hayata geçirilmesi ile uçak bakım eğitimlerinde sanal gerçekliğin kullanılması mümkün olabilir.

Tüm bu aşamalar tamamlandığı takdirde; Dijital neslin eğitim ihtiyaçlarının tam olarak karşılanabileceği, teknisyen/tekniker adaylarına

yüksek standartlarda iş deneyimi kazandırılabilmesi, tüm eğitimlerin zaman ve mekândan bağımsız, etkin ve ekonomik olarak gerçekleştirilebileceği, kurumlar arası bilgi paylaşımının sağlanabileceği, havacılık standartlarının geliştirilerek hava aracı teknisyen/tekniker eğitimlerinde kurumsallaşmaya büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Etik Kurul Onayı

Gerekli değil

Kaynaklar

- [1] L. Damiani, M. Demartini, G. Guizzi, R. Guido, R.F. Tonelli, "Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era," IFAC PapersOnLine, 51-11, 2018
- [2] A.A. Zamkovi, N.V. Komarova, S.V. Novikov, "Rethinking the Education of Aviation Specialists for a New Era," Russian Engineering Research, Volume 39, Issue 3, 268-271, March 2019
- [3] I. Guyon, R. Amine, S. Tamayo, F. Fontane, "Analysis of the opportunities of industry 4.0 in the aeronautical sector," 10th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC, 2019
- [4] M. Dikkaya, Ü. Gençer, İ. Aytekin, "ENDÜSTRİ 4.0 Devriminin Ekonomik Etkileri Üzerine," 12. Uluslararası Kamu Yönetim Sempozyumu, Türkiye'de Toplum, Yerleşim ve Yönetim Tartışmaları, Kırıkkale, Ekim 2018
- [5] E. Öztemel, "Eğitimde Yeni Yönelimlerin Değerlendirilmesi ve Eğitim 4.0," Üniversite Araştırmaları Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, 25-30, Nisan 2018
- [6] R. Efeoğlu, E. Bozkurt, "SANAYİ 4.0 ve İşgücü Piyasasına Etkisi," IV. International Caucasus- Central Asia Foreign Trade And Logistics Congress, Didim/AYDIN, September 2018
- [7] C. Şekerci, "Sanal Gerçeklik Kavramının Tarihçesi," Journal of International Social Research, Volume 10, Issue 54, 1126-1133, 2017
- [8] S. Somyürek, "Öğrenme Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik," Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama, Cilt 4, Sayı 1, 2014
- [9] Ö. Anar, "Fütürist Açısından Karma Gerçeklik Üzerine Bir İnceleme," Üsküdar Üniversitesi İletişim Fakültesi 6. Uluslararası İletişim Günleri Dijital Dönüşüm Sempozyumu, 47-56, 2019
- [10] T. İçten, G. Bal, "Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi," Gazi Üniversitesi J Sci, Part C, 5(2): 111-136, 2017
- [11] H. Eschen, T. Kötter, R. Rodeck, M. Harnisch, T. Schüppstuhl, "Augmented and Virtual Reality for Inspection and Maintenance Processes in the Aviation Industry", Procedia Manufacturing, Volume 19, 156-163, 2018
- [12] M. Prensky, "Digital natives, digital immigrants," Part 1, On the Horizon, 9 (5), 1-6., 2001
- [13] A. Erdem, "Educational Importance of Augmented Reality Application," Educational Research and Practice, St. Kliment Ohridski University Press, ISBN 978-954-07-4271-7, 448- 458, 2017
- [14] B. Salah, M.H. Abidi, S.H. Mian, M. Krid, H. Alkhalefah, A. Abdo, "Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance

- Manufacturing Sustainability in Industry 4.0”, *Sustainability*, 11, 1477, doi:10.3390/su11051477, 2019
- [15] “Augmented Reality In Aviation A Long-Awaited Technology Comes of Age”, https://www.flatironssolutions.com/wp-content/uploads/2018/05/FJ_en_brochure_AR_in_Aviation_WP.pdf [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [16] M. Dunleavy, C. Dede, “Augmented reality teaching and learning,” *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 735-745, 2014
- [17] B.G. Emiroğlu, A.A. Kurt, “Use of Augmented Reality in Mobile Devices for Educational Purposes,” *Information Resources Management Association (IRMA) (Eds.), Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools and Applications (3 Volumes)*, USA: IGI Global, 254- 276, 2018
- [18] S. Somyürek, “Öğrenme Sürecinde Kuşağının Dikkatini Çekme: Arttırılmış Gerçeklik,” *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, Cilt:4, Sayı:1, 63-80, 2014
- [19] “Augmented Reality Can Reduce the Skill Gap in Several Industrial Sectors,” <https://arpost.co/2019/04/12/augmented-reality-reduce-skill-gap-industrial-sectors/> [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020].
- [20] “Arttırılmış Gerçeklik” <http://www.isteguvencilik.tc/makaleler/133-artt%C4%B1r%C4%B1lm%C4%B1%C5%9Fer%C3%A7eklik.html> [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020].
- [21] A. Ceruti, P. Marzocca, A. Liverani, B. Cees, “Maintenance in aeronautics in an Industry 4.0 context: The role of Augmented Reality and Additive Manufacturing”, *Journal of Computational Design and Engineering*, Volume 6, Issue 4, 516- 526, 2019
- [22] N.D. Macchiarella, D. Liu, S.N. Gangadharan, “Augmented Reality as a Training Medium for Aviation/Aerospace Application,” *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2005
- [23] J.A. Erkoyuncu, M. Alrashed, M.M. Dalle, R. Michela, D.G. Rajkumar, “Real life augmented reality for maintenance,” *Int'l Conf. Modeling, Sim. and Vis. Methods (MSV'16)*, 64-69, 2016
- [24] F. De Crescenzo, M. Fantini, F. Persiani, L.D. Stefano, P. Azzari, S. Salti, “Augmented Reality for Aircraft Maintenance Training and Operations Support,” *IEEE Computer Society*, 96-101, 2011
- [25] S.K. Gupta, D.K. Anand, J.E. Brough, R.A. Kavetsky, M. Schwartz, A. Thakur, “A Survey of the Virtual Environments-based Assembly Training Applications”, *Virtual Manufacturing Workshop*, Turin, Italy, 2008
- [26] A. Fischini, G. Ababsa, M. Grasser, “Usability of Augmented Reality in Aeronautic Maintenance, Repair and Overhaul”, *Science Arts & Métiers (SAM)*, ICAT-EGVE 2018 International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments, 2018
- [27] S. Utzig, R. Kaps, S.M. Azeem, A. Gerndt, “Augmented Reality for Remote Collaboration in Aircraft Maintenance Tasks,” *IEEE Aerospace Conference* 2019
- [28] I.F. Amo, J.A. Erkoyuncu, R. Roy, S. Wilding, “Augmented Reality in Maintenance: An information-centered design framework,” *Procedia Manufacturing*, Volume 19, 148-155, 2018
- [29] Intrado Research And Markets, “Global AR and VR Market in Aviation (2019-2025): Set to Register a CAGR of 61.2%, with Massive Opportunities in AI and ML Integration,” <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/12/17/1961393/0/en/Global-AR-and-VR-Market-in-Aviation-2019->

- [2025-Set-to-Register-a-CAGR-of-61-2-with-Massive-Opportunities-in-AI-and-ML-Integration.html](#) [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [30] Panasonic Avionics, “How Augmented Reality Can Change Airplane Maintenance and Piloting Forever,” <https://www.panasonic.aero/blog-post/how-augmented-reality-can-change-airplane-maintenance-and-piloting-forever/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [31] Uniting Aviation, “The future of MRO: emerging technologies in aircraft maintenance,” <https://www.unitingaviation.com/strategic-objective/capacity-efficiency/the-future-of-mro-emerging-technologies-in-aircraft-maintenance/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [32] Vuforia Engine, “Vuforia Model Targets Application in Aircraft Maintenance,” <https://engine.vuforia.com/case-studies/avatar-partners.html> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [33] Avionics International, “9 Companies Using Augmented and Virtual Reality in Aviation,” <https://www.aviationtoday.com/2017/08/24/9-companies-using-augmented-virtual-reality-aviation/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [34] AirFrance Endüstri, “An “augmented” training experience at AFI KLM E&M,” <https://www.afiklmem.com/en/press-release/2111-2019-training-experience> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020] [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020].
- [35] “Evolution Not Revolution,” The Journal of Civil Aviation Training, Volume, 31-34, 2019 <https://www.civilaviation.training/article/evolution-not-revolution-maintenance/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020]
- [36] “Virtual Reality Training Being Used to Cut Maintenance Time by 75%,” <https://vrvisiongroup.com/virtual-reality-training-being-used-to-cut-maintenance-time-by-75/> [Erişim Tarihi: 10-Şubat-2020]
- [37] “AETC Partners for Virtual Aircraft Maintenance Hangars,” <https://militarysimulation.training/air/aetc-partners-virtual-aircraft-maintenance-hangars/> [Erişim Tarihi: 10-Haziran-2020]
- [38] G. Telli Yamamoto, N. Zümrüt, D. Altun, “İş Kazalarının Önlenmesinde Sanal Gerçeklik Teknolojisi İle Deneysel Öğrenme,” Maltepe Üniversitesi Uluslararası İşletme ve Pazarlama Kongresi, İstanbul 2018

Şekillerin Kaynakları

[Erişim Tarihleri: 10-Haziran-2020]

http-1:

<https://www.bilimseldunya.com/sanalgerceklik/>

http-2:

<https://ekonomi.haber7.com/ekonomi/haber/2840758-tskda-artirilmis-gerceklik-donemi>

http-3:

<https://arvrjourney.com/how-holomeeting-can-be-used-in-education-da2e17b88059>

http-4:

<https://www.teknoxo.com/mark-zuckerberg-facebookda-sanal-gerceklik-teknolojisi-icin-buyuk-adimlar-atiyor-2855>

http-5:

<https://www.autodesk.com.tr/redshift/yaratici-sanal-gerceklik/>

http-6:

• <https://www.webtekno.com/microsoft-un-artirilmis-gerceklik-destekli-teknik-yardim-uygulamasi-android-e-geldi-h66007.html>

http-7:

<https://www.assemblymag.com/articles/94979-the-reality-of-augmented-reality>

http-8:

<https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/hizmet/securitastan-sanal-gerceklik-teknolojisiyle-yanginsimulasyonu-egitimi/654300>

http-9:

<https://jasoren.com/augmented-reality-in-commercial-aviation/>

http-10:

<https://ssvar.ch/360worlds-windows-mixed-reality-tools-will-help-air-traffic-controllers-see-in-new-ways/>

http-11:

<https://www.defenceturk.net/bites-arttirilmis-gerceklik-ile-egitim-cozumlerini-defence-turke-anlati>

http-12:

<https://www.laserfocusworld.com/optics/article/16571512/basf-invests-44m-in-augmented-reality-startup-reflekt>

http-13:

<https://wmich.edu/extended/news>

http-14:

<https://engine.vuforia.com/case-studies/avatar-partners.html>

http-15:

<https://www.aviationtoday.com/2017/08/24/9-companies-using-augmented-virtual-reality-aviation/>

http-16:

<https://apkpure.com/rolls-royce-trent-xwb/com.rollsroyce.cle.apps.trentxwbar#com.rollsroyce.cle.apps.trentxwbar-1>

http-17:

<https://www.afiklmem.com/en/digitalization/virtual-reality-for-training>

http-18:

https://enduvo.com/wp-content/uploads/2019/08/CivilianAviationTraining_2019.pdf

http-19:

<https://defensesystems.com/articles/2018/06/21/af-augmented-reality-aircraftmaintenance.as>

http-20:

<https://defensesystems.com/articles/2018/06/21/af-augmented-realityaircraftmaintenance.aspx>

http-21:

<https://medium.com/holoworld/airbus-hololens-2-yaz%C4%B1%C4%B1m%C4%B1-satmak-i%C3%A7in-microsoftla-i%C5%9Fbirli%C4%9Ffine-gidiyor97de30e76be7>