

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**UÇAK BAKIM ve ONARIM ŞİRKETİNDE (MRO) RFID
TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN
UYGULAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Levent ÖZMEN

İstanbul, 2023

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**UÇAK BAKIM ve ONARIM ŞİRKETİNDE (MRO) RFID
TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN
UYGULAMASI**
Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Levent ÖZMEN
Öğrenci No: 2020006001
ORCID : 0000-0001-7180-3861
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ŞEN

İstanbul, 2023

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Uçak Bakım ve Onarım Şirketinde(MRO) RFID Tabanlı Süreç Yönetim Modelinin Uygulaması” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 09/05/2023

Levent ÖZMEN

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

18.05.2023

Enstitümüz *Endüstri Mühendisliği* Anabilim Dalı *Endüstri Mühendisliği* Programı Yüksek Lisans öğrencilerinden 2020006001 numaralı *Levent ÖZMEN*'in "Beykent Üniversitesi Eğitim-Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddesine göre hazırlayarak Enstitümüze teslim ettiği "*Uçak Bakım ve Onarım Şirketinde (MRO) RFID Tabanlı Süreç Yönetim Modelinin Uygulaması* " konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 18/04/2023 tarih ve 2023/16 sayılı toplantısında seçilen ve On-line toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 29. maddesinin 3. fıkrası gereğince 60 dakika süre ile Zoom programı aracılığıyla on-line olarak aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında "*OYBİRLİĞİ*" ile "*KABUL*" kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 2 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Se*** ŞE***
(İstanbul Beykent Üniversitesi)

ÜYE

Dr. Öğr. Üyesi Ve*** Ze*** Ye***
(İstanbul Beykent Üniversitesi)

ÜYE

Doç. Dr. Ce*** GÜ*** ŞE***
(Yıldız Teknik Üniversitesi)

Adı ve Soyadı : Levent ÖZMEN
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ŞEN
Türü ve Tarihi Alanı : Yüksek Lisans Tezi, 2023
Alanı : Endüstri Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : MRO, Havacılık, RFID, Bakım A-B-C Check, Uçak

ÖZ

UÇAK BAKIM ve ONARIM ŞİRKETİNDE (MRO) RFID TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN UYGULAMASI

Radyo frekansı tanımlaması (RFID) artık ulaşım ve lojistik dünyasında yaygın bir uygulamadır. Özellikle üretim ve lojistik hatlarında daha az duruş süresi, daha düşük stok maliyetleri ve maksimum karlılık için makine ve süreç optimizasyonu adına sıklıkla kullanılır hale geldi.

Envanteri belirleme, bulma ve kimlik doğrulama gibi görevleri sorunsuz bir şekilde otomatikleştirir. Araç ve ekipmanların takibi, elektronik geçiş ücreti tahsilatının iyileştirilmesi gibi birçok otomasyona bağlı uygulamada sıklıkla kullanılmaya başlandı.

Bu teknolojinin farklı alanlarda benimsenmesi, yaygın olarak, barkod kullananların ötesinde operasyonel verimlilikte önemli gelişmelerle sonuçlandı. Havacılık endüstrisinde, RFID teknolojisinin ilk kullanımı bagaj, kargo ve konteynırları izlemek ve bulmaktır. RFID havacılık sektöründe, uçak filolarında can yelekleri, oksijen tüpleri, yangın söndürücüler, uzatmalı emniyet kemerleri, kulaklıklar, el fenerleri, hayatta kalma kitleri ve oksijen jeneratörleri gibi diğer yerleşik acil durum ekipmanlarında ilk olarak kullanıldı. Son zamanlarda, uçak parçalarının doğru bir şekilde izlenmesi ve ilgili operasyonel bilgilerin korunması ihtiyacı, RFID için yeni uygulamalar açıldı ve Havacılığın iki önde ismi Airbus ve Boeing parça üretimlerinden etiketleri kullanmaya başladı ve havacılıkta önemli üreticiler RFID için ortak endüstri standardı çözümler geliştirmek için birlikte çalışmaya başladılar. Bizim çalışmamızda, Türkiye’de yerleşik bir hava araçları teknik bakım ve onarım şirketinin RFID kullanımıyla bakım süreçlerini yönetebilmesi için depo alanı, iş akış modelleri, standart prosedürleri ve uyulması gerekli resmi protokolleri çıkarılmıştır.

Name and Surname : Levent ÖZMEN
Supervisor^[1]_{SEP} : Dr. Lecturer Selçuk ŞEN
Degree and Date Major : Master's Thesis 2023
Major : Industrial Engineering
Key Words : MRO, Maintenance, RFID, Airlines, Aircraft

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF RFID BASED PROCESS MANAGEMENT MODEL IN AVIATION MAINTENANCE REPAIR and OVERHAUL COMPANY

Radio frequency identification (RFID) is now common practice in the world of transportation and logistics. It has become frequently used for machine and process optimization for less downtime, lower inventory costs and maximum profitability, especially in production and logistics lines.

It seamlessly automates tasks such as identifying, finding, and authenticating inventory. It has started to be used frequently in many automation-related applications such as tracking vehicles and equipment, improving electronic toll collection.

Widespread adoption of this technology has resulted in significant improvements in operational efficiency beyond those using barcodes. In the aviation industry, the first use of RFID technology was to track and locate luggage, cargo and containers. In the aviation industry, RFID was first used in aircraft fleets in other onboard emergency equipment such as life jackets, oxygen cylinders, fire extinguishers, extended seat belts, earplugs, flashlights, survival kits, and oxygen generators. Recently, the need for accurate tracking of aircraft parts and protection of relevant operational information has opened up new applications for RFID, and two leading names in aviation, Airbus and Boeing, have started to use tags from their parts production and major manufacturers in aviation. They began working together to develop common industry standard solutions for RFID.

In our study, warehouse area, work flow models, standard procedures and official protocols to be complied with have been drawn up for an aircraft technical maintenance and overhaul (MRO) company based in Turkey to manage their maintenance processes using RFID.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR	vi
SÖZLÜK.....	vii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

RFID’NİN TARİHSEL GELİŞİMİ ve ÖZELLİKLERİ

1. TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİ	3
2. RFID ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	5
3. RFID ETİKET ÇEŞİTLERİ ve ÖZELLİKLERİ.....	8
3.1.Düşük Frekans (LF) RFID	9
3.2.Yüksek Frekanslı (HF) RFID.....	10
3.3.Ultra Yüksek Frekanslı (UHF) RFID.....	10
4. RFID KULLANIMI AVANTAJLARI ve DEZAVANTAJLARI	11
5. KULLANIM ALANLARI.....	12
6. RFID LİTERATÜR İNCELEMESİ	14

İKİNCİ BÖLÜM

HAVA TAŞIMACILIĞI SEKTÖRÜNDE RFID TEKNOLOJİSİ

1. HAVACILIK SEKTÖRÜNDE RFID KULLANIMI	20
2. UÇAK BAKIM ve ONARIMDA (MRO) İÇİN RFID KULLANIMI.....	24
2.1.Literatür	24
2.2. Kullanım.....	26
3. TÜRK SİVİL HAVACILIĞINA GENEL BAKIŞ.....	31

4. TÜRKİYE’DE UÇAK BAKIM ve ONARIM HİZMETLERİ (MRO).....	33
5. UÇAK BAKIM ve ONARIMDA RFID KULLANIMI AVANTAJ ve KISITLARI	37
5.1. Uçak Bakım ve Onarımda RFID Uygulaması için Genel Değerlendirme	37
5.2. Uçak Bakım ve Onarımda İnsan Faktörüne Bağlı Durumlar	39

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UÇAK BAKIM ve ONARIM ŞİRKETİNDE RFID TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN UYGULAMASI

1. HAVACILIK ŞİRKETİ GENEL DURUMU	43
2. MRO’da RFID KULLANIM KISITLARI ve AVANTAJLARI	44
2.1. Kullanım Kısıtları.....	45
2.2. Kullanım Avantajları.....	45
3. RFID TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN UYGULAMASI	47
3.1. Durum Tespiti ve Devam Eden Süreç.....	48
3.2. Amaçlanan Yeni Süreç.....	55
3.3. Yeni Akış Şemasının Detaylı Açıklaması.....	56
3.4. Hedeflenen Süreç İşlemlerinin Farklı Kalemler İçin İş Akış Düzenleri	67
3.4.1. Depo Ürün Giriş Akış Planı	69
3.4.2. Planlama İş Emirleri Yazımı Akım Planı	69
3.4.3. Teknisyen Çalışması Akış Planı	70
SONUÇ	72
KAYNAKÇA	78

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1: RFID Gelişim Süreci Dönemleri	5
Tablo 2 : RFID Etiket Çeşitleri ve Özellikleri	9
Tablo 3 : Havacılık Sektöründe Türkiye’de Teknik Personel Sayıları	32
Tablo 4 : Türkiye’deki Sivil Havacılık Şirketlerinin Uçak Sayıları	33
Tablo 5 : Türkiye’deki “A1” ve ”C” Sınıfı Hava Bakım Şirketleri	36
Tablo 6 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Envanter Kayıt Sistemi Tablosu Ekran Görüntüsü	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1 : RFID Sistemi Çalışma Prensibi	6
Şekil 2 : RFID Kullanım Alanları	14
Şekil 3 : IATA 753 Nolu Yönergesi Bagaj Etiketleme Akış Şeması.....	23
Şekil 4 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Depo Akış Süreci	54
Şekil 5 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi RFID Tabanlı Akış Şeması	58
Şekil 6 : İş Bazlı RFID Sistem Görev Akış Planları	68
Şekil 7 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Yeni Depo Alanı Çizim Planı.....	71

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Fotoğraf 1 : RFID Etiket Bileşenleri.....	7
Fotoğraf 2 : Fujitsu Entegre Etiket ve Havacılık Endüstrisini Destekleyen Çözümler	29
Fotoğraf 3 : Havacılıkta RFID Etiketleri ve Sandık Üzeri Etiket Uygulaması	30
Fotoğraf 4 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Eski Depo Görüntüleri	50
Fotoğraf 5 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Deposunda Çizgili Barkod Sistemi	51
Fotoğraf 6 : Teknisyen Hat Bakımı Esnasında Çalışırken.....	53
Fotoğraf 7 : S.US formları ve Örnek RFID Etiket.....	59
Fotoğraf 8 : Uçak Bakım ve Onarım Ürünü Stoktan Teslim Alma Makbuzu	61
Fotoğraf 9 : Bakım Çalışma ve Görev İşleme Evrakı (Maintenance Work Order	62
Fotoğraf 10 : Malzemenin Depo Çıkışında RFID Okuma Masası	63
Fotoğraf 11 : Depodan Bakım Lokasyonuna Çıkılan Ürünlerin Envanter Kayıtları Tablosu Ekran Görüntüsü	64

KISALTMALAR

ARL	: Hava Aracı Hazırlık Günlüğü
ATSEP	: Hava Trafik Emniyeti Elektronik Personeli
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
EASA	: European Union Aviation Safety Agency : Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı
FAA	: ABD Federal Aviation Administration
MRO	: Maintenance Repair Overhaul : Bakım Onarım ve Tadilat
RFID	: Radio Frequency Identification : Radyo Frekans Tanımlama Teknolojisi
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
THY	: Türk Hava Yolları

SÖZLÜK

ADAMS : The Aircraft Dispatch and Maintenance Safety System : Uçak Sevk ve Bakım Emniyet Sistemi.

Aircradft component repair (ACR) : EASA part 145 onaylı bir tamir atölyesinde bileşen onarım destek hizmetleri.

Aircraft Registration : Bir uçak tescili, uluslararası sözleşmenin her sivil uçağın dışına işaretlenmesi gereken, tek bir uçağa özgü bir koddur.

Customer References : Müşteri referansının tanımı, ürünlerinizden biri hakkında olumlu geri bildirimler veya hikayeler paylaşmak isteyen bir kişi veya şirkettir.

HFACS : The Human Factors Analysis and Classification System : İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi

Human Factors Analysis and Classification System(HFACS) : İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi

Part-145 Approved Maintenance Organisation : Uçak bakım onarım kuruluşlarının Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) standartlarında bakım yapabilme yetkisi veren belgeye Part-145 denir.

PART-M Continuing Airworthiness Management : Sivil hava taşımacılığı yapan işleticilerin, uçaklarının uçuşa elverişliliği ve bakımları ile ilgili sorumluluklarını açıklar ve sürekli uçuşa elverişlilik yönetimi ile ilgili kişi veya kuruluşların karşılamaları gereken koşulları tanımlar.

Real Time Locating System (RLTS) : Gerçek Zamanlı Konumlandırma Sistemleri

S.US Formu : Serviceable / Unserviceable formları

SAP : İşletmelerin iş fonksiyonlarının tek bir noktadan yönetmelerini sağlamak amaçlı özel bir yazılım. Genellikle muhasebe amaçlı kullanılır.

GİRİŞ

Tedarik zincirlerinde artan maliyetler, tedariklerin üretim alanlarının çeşitliliğinin ve farklı coğrafyalardan sağlanması sebebiyle, takip çeşitliliği, doğru zamanlama, ürünlerin depoda görüntülenmesi, talebe uygun zamanda ve sunuma hazır halde olması gibi çok fazla ve koordineli olması gereken bilgi içermektedir. Anlık düşünce ve planın otomatik olarak takibinin yapılmasını sağlayacak, güncel bilgiyi oluşturan personellerin diğer personellere takip edilebilir veri aktarmasının otomasyona bağlı süreçlerini ve bu süreçlere doğru karar alınabilmesi için süreç takip sistemlerini kaçınılmaz kılmaktadır.

Farklı ürünlerde bilgi eksikliğini ortadan kaldırmak adına ürünleri tanımlamak ve verilere dayalı olarak takip etmek amacıyla üzerlerinde yer alan tanımlayıcı bilgileri içeren kağıt, plastik, kumaş vb parçalara ‘etiket’ denir. Etiketlemenin basit veya karmaşık, elle veya bilgisayarla yazılan türleri olduğu gibi, üretildiği ilk alana girişten satışı yapılan son kullanıcıya kadar takibini sağlayan kimlik kartlarıdır.

Yoğunluklu ürün üretimi ve depolama sistemlerinde, etiketleme işlemi ürünün ihtiyaca göre istenen özellikleri hakkında bilgi vermekle birlikte ürünün satış, taşıma vb. gibi hareketlerinde tedarik zinciri yönetiminin ve muhasebeleştirilmenin önemli bir bileşenidir.

Ürün özelliklerini üzerinde taşıyan etiketlemeyle okuyucular yardımıyla bilgisayara aktararak satış ve depo takip işlemleri gerçekleştirilir. İki kodlu matriks kodlayıcı olan karekodlu veya dikey çizgilerden oluşan ASCII kodlu çizgili barkod gruplarına ek olarak günümüzde radyo frekanslı barkodlarda teknolojinin ilerlemesi ve yarı iletken teknolojilerde ve okuyucu sistemlerinde maliyet azalmasıyla birlikte RFID barkodlama sistemi de kullanım alanı bulmuş oldu.

RFID, İngilizce olarak “Radio Frequency Identification” kelimelerinin baş harflerinden oluşan kısaltmasıdır. Radyo frekans ile çalışan ve hareketlerinin mikro işlemciyle anlık olarak bilgi, konum içerecek şekilde takip edilebilmesini, cihaz yardımıyla iki yönlü iletişimle sağlayan bir tür otomatik tanımlama teknolojisine verilen

addır. Etiket ve okuyucu arasında herhangi bir temas olmaksızın veri iletilir. Okuyucu, mikroçipin devrelerine güç sağlamak için bir manyetik alan oluşturan elektromanyetik dalgalar gönderir. Çip radyo dalgalarını modüle eder ve okuyucuya geri dalga gönderir. Okuyucu yeni gelen dalgaları dijital verilere dönüştürerek, okuyucu ekranına ve bilgisayardaki programa aktarır.

Son dönemlerde malzeme çeşitliliği, miktarı ve alıcı çeşitliliğinin artmasıyla stok maliyetlerinin rekabette önemli hale gelmesiyle sıkça kullanılan bir teknolojiye dönüşmüştür. Depo ve stokta ürünlerin doğru kanalize edilmesi, doğru zamanda bulunması, tedarige yönlendirilmesi ve stoklar hakkında anlık bilginin önemli hale gelmesi RFID teknolojisini tercih edilir şekilde öne çıkarmaktadır.

Zamanlı malzemelerin varlığı, bakım için kullanılan kısıtlı araç gereçlerin verimli kullanımı ve ekonomik krizlerde stok maliyetlerinin önemi, hızlı sirkülasyonlarda satınalma planlarının doğru yapılması sistemdeki verilerin senkronize kullanımını zorunlu hale getirmesiyle önemi daha da artmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

RFID’NİN TARİHSEL GELİŞİMİ ve ÖZELLİKLERİ

1. TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİ

RFID, ivme kazanan ve bazıları tarafından tarihteki en yaygın bilgi işlem teknolojilerinden biri olarak ortaya çıktığı düşünülen bir otomatik tanımlama alanıdır. RFID'yi araştırmalarının en eski makalelerinden birisi, Harry Stockman'ın 1948'de yayınlanan “Communication by Means of Reflected Power” adlı çığır açan makalesidir. Uçaklar için IFF (Dost veya Düşman Tanımlama) sistemlerinin uzun menzilli transponder (hava araçlarında bulunan, radyo frekansı ile sorgulandığında bir yanıt üreten ve yayınlayan elektronik cihaz) sistemleri gibi öncü teknolojiler içeren RFID çalışmasıdır. Bu, İkinci Dünya Savaşı sırasında gerçekleştirilen radar ve radyo araştırmalarının hemen ardından gelen önemli bir makaledir. Dost ve düşman uçak tanımlaması sisteminde kullanılması amaçlanmıştır. Ancak maliyetlerinin yüksekliği ve kullanım zorluğu sebebiyle yaygınlaşması o dönem gerçekleşmemiş ve zaman almıştır. Bu teknolojiler, entegre devrenin, mikroişlemcinin gelişimi ve değişen iş uygulamaları gibi uygulamaların teknik teorilere üretim ve maliyet olarak yetişmesinden 30 yıl önceki dönemdeydi. (DHS 2006)

1950'lerde bir dizi öncü araştırma ve bilimsel makalenin yayınlanmasıyla RFID tekniklerinin teorik bir keşif süreci gelişmiş oldu. 1960'larda çeşitli mucitler ve araştırmacılar prototip sistemler geliştirdiler. Bazı ticari sistemler (örneğin, Sensormatic ve Checkpoint) hırsızlık önleme cihazı olarak kullanılan elektronik eşya gözetleme (EAS) ekipmanı ile piyasaya sürülerek ticari alan kazanma denemeleri yaşandı. Bu sistemlerde bir etiket varlığını veya yokluğunu algılayan yüksek değerli ürünlere ve giysilere 1 bitlik etiketler kullanıldı. Bu, hırsızlığa karşı etkili bir önlem olduğunu kanıtladı. Bu uygulama muhtemelen RFID'nin ilk ve en yaygın ticari kullanımı oldu.

1970'lerde özellikle NASA'nın bilimsel araştırmalarını yapan Los Alamos Bilimsel Laboratuvarı ile İsveç Mikrodalga Enstitüsü Vakfı gibi kuruluşlar da dahil

olmak üzere araştırmacılar, geliştiriciler ve akademik kurumlardan RFID'ye büyük ilgi duydular. Bu dönemde çok fazla geliştirme çalışması yapıldı ve hayvan etiketleme gibi uygulamalar ticari olarak uygulanabilir hale geldi.

Bu geliştirmeyle 1970'lerden itibaren ticari olarak kullanılan bir teknoloji olan RFID, barkodlamaya benzer elektromanyetik yakınlık tanımlama ve veri işlem sistemi olarak mevcut teknolojilerin tamamlayıcısı oldu.

RFID Radyo Frekans Tanımlama (Radio Frequency Identification), sarmal antenli (etiket) bir mikroçip ve bir okuyucudan oluşan bir otomatik tanımlama sistemidir. Etiket ile okuyucu arasındaki bilgi iletimini radyo frekans yardımıyla yapan RFID teknolojisi, otomatik tanıma sistemlerinden birisidir. Nesneler veya varlıklar üzerinde “RFID etiketleri” ve etiket bilgilerini toplamak için “okuyucular” kullanan RFID, optik olmayan yakınlık iletişimi, bilgi yoğunluğu ve iki yönlü iletişim açasından barkodlara göre gelişen teknolojiyi temsil eder. Bu şekilde diğer barkodlama sistemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırması ve envanter takibinde anlık bilgilendirmesi özelliğiyle kendisine yer bulmaktadır.

1980'lerde RFID uygulamaları bir dizi alana yayıldı. Avrupa'da hayvan takip sistemleri yaygınlaştı ve İtalya, Fransa, İspanya, Portekiz ve Norveç'te paralı yollar RFID tanınan sistemlerle donatıldı.

1991'de Oklahoma'da araçların otoyol ilerleyişlerinde gişe olmadan geçiş ücret toplama noktalarından geçebileceği bir elektronik geçiş ücreti sistemi açıldı. 1990'lar Amerika Birleşik Devletleri'nde elektronik geçiş ücreti tahsilatının yaygın olarak benimsenmesi sağlayan bu teknoloji, böylece kitlesel olarak en yaygın kullanım alanını bulmuş oldu. Avrupa'da da ücret tahsilatları, demiryolu uygulamaları ve erişim kontrolü dahil olmak üzere RFID uygulamalarına geçiş yaşandı. Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Çin, Hong Kong, Japonya, Malezya, Meksika, Yeni Zelanda, Güney Kore, Güney Afrika, Singapur ve Tayland gibi birçok ülkede RFID geçiş ücretli karayolu ve demiryolu uygulamaları da aynı yıllarda ortaya çıktı.

Gelişmeler, 1990'ların sonunda entegre devrelerin ilerleyen teknolojileri sayesinde boyut küçültme ile mikrodalga RFID etiketleri tek bir entegre devreye indirgenene kadar devam etti. Halihazırda ülkeler arasında frekans spektrum tahsisinin rasyonelleştirilmesi, standartların geliştirilmesi ve birçok ticari uygulamanın tanıtılması konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Şu anda RFID ve uygulamalarıyla ilgili sadece ABD Patent Ofisi'ne kayıtlı 400'e yakın patent bulunmaktadır. Bunların yıl aralıklarına göre patent konularında 2000 yılına kadar gelişimleri Tablo 1'de gösterilmiştir. (C.M.Roberts 2006) (Alnıpak 2013)

Tablo 1: RFID Gelişim Süreci Dönemleri

YILLAR	GELİŞİM
1940 - 1960	RFID 1948'de icat edildi. İkinci Dünya Savaşı'nda radarlar için büyük geliştirme çabası gösterildi.
1950 - 1960	RFID teknolojisinin ilk gerçek keşifleri ve laboratuvar deneyleri yapıldı
1960 - 1970	RFID teorisinin geliştirilmesi ve uygulama alanı denemelerinin başlangıcı.
1970 - 1980	RFID geliştirme alanlarında ve denemeleriyle testlerinde artış
1980 - 1990	RFID'nin ticari uygulamaları ana akıma girdi.
1990-2000	Standartların ortaya çıkışı. RFID yaygın olarak sektörlerde uygulamasının başlangıcı. RFID günlük yaşamın bir parçası haline gelmesi.

Kaynak : C.M.Roberts. "Radio Frequency Identification (RFID)". *Computers & Security* 25 , 2006: 18-26, doi:10.1016/j.cose.2005.12.003 .

2. RFID ÇALIŞMA PRENSİBİ

Radyo frekansla çalışan etiket, okuyucu ve antenden oluşan bir sistemdir. Etiketler ilgili nesneye ait bilgiler saklayan, okuyucu bu etiketteki bilgileri radyo frekansla direk temas olmadan okuyabilen ve anten bu iletişimi sağlayarak sayısal kodların gönderilmesini sağlayan bileşenlerdir. Sistemin temel işlevi, etiket ile okuyucu tarafından yayılan uygun bir radyo frekansı (RF) sinyalinin varlığındadır. Sistem, bilgi ile yansıyan bir RF sinyaline bilgi içeren yanıtları verir.

RFID sistemlerinde bağlama elektromanyetik veya manyetik olmak üzere iki türlü gerçekleşmektedir. Etiket maliyeti, büyüklüğü, okuma hızı ve uzaklığı gibi uygulama gereksinimlerine bağlı olarak hangi bağlamanın kullanılacağı belirlenir. Manyetik bağlama, genellikle kısa mesafe okumalı RFID sistemlerinde yani giriş kontrol uygulamaları gibi uygulamalarda tercih edilir. Okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar antenle buluşturan ve etiket içindeki devreleri harekete geçiren elektromanyetik bağlama ise en yaygın kullanılan bağlama türüdür. Bu yöntemde, okuyucudan gelen dalgalardaki enerjiyi etiketin içinde yer alan kondansatör alır ve mikroçip bu enerjiyi kullanarak dalgaları okuyucuya geri gönderir. Okuyucu da yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürerek okuma işlemini gerçekleştirmiş olur. RFID çalışma prensibi Şekil 1’de gösterilmiştir. (Çıbuk ve Maraşlı 2015) (Bhuptani ve Moradpour 2005) (M.Keenan 2021)

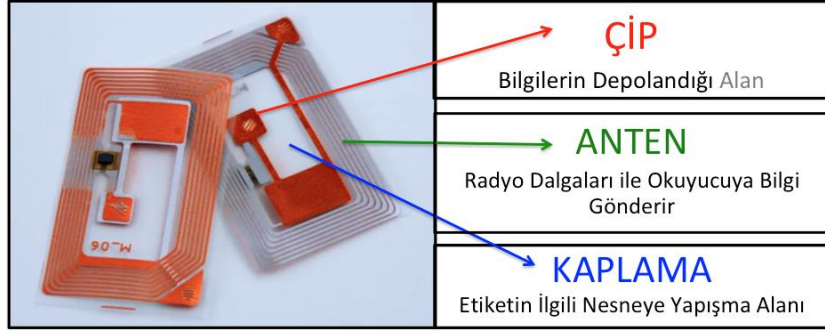


Şekil 1 : RFID Sistemi Çalışma Prensibi

*Kaynak : M.Keenan. What Is RFID Technology and How Can I Use It? 5 October 2021.
www.shopify.com/retail/rfid-technology (Erişildi: Eylül 9, 2022).*

RFID teknolojisinin etiketi ve okuyucusu en kritik bileşenlerdir. Çalışma sistemine, RFID yazıcısı, RFID anteni ve sistemin amacına uygun olarak kullanacağı yazılım da eklenmelidir.

RFID etiketleri, genel amaçlı bilgisayar içeren akıllı kart çiplerinin tüm yetenekleriyle geliştirilmiş işlemciler ve daha büyük kalıcı bellek alanlarıyla yalnızca kendileri için yapılmış okuyuculara yanıt verecek şekilde yapılabilir. Bu etiketler birkaç santimetre veya daha uzun mesafelerde çalışabilir.



Fotoğraf 1 : RFID Etiket Bileşenleri

Bir RFID etiketi çip, güç kaynağı ve antenden oluşmaktadır. Etiket, bu sayede RFID okuyucularıyla iletişim kurabilir ve veri aktarır alabilir.

Bu özelliği sebebiyle RFID teknolojisinin üç temel yeteneği vardır.

1-İnsanları ve nesneleri kablosuz olarak, insan manipülasyonu olmadan tanımlama imkânı verir. Hastanelerde RFID bileklikler, hastaya uygulanan tedavi ilaç vb. işlemlerin kimin tarafından ve ne zaman yapıldığını ve bunların zamana bağlı takiplerinin yapılmasını sağlayabilmektedir. Hasta rahatsız edilmediği gibi uzaktan da uyarı bazlı takip imkânı oluşturmaktadır. Nesnenin kim ve ne olduğu sorusuna detaylı cevap vermektedir.

2- RFID sistemi, etiketin (ve onunla öğenin) yerini belirlemek için kullanılabilecek etiketler ve okuyucular arasındaki doğrudan veya dolaylı kablosuz iletişime dayalı bilgi üretir. Etiketler “Neredesin?” sorusunun cevabı için öğeleri izlemek ve bulmak için kullanılabilecek verileri otomatik olarak oluşturur.

3- Etiketler “Nasılsın?” sorusuna cevap için ortam sıcaklığını takip etme yeteneği gibi çeşitli çevresel izleme yetenekleri de içerirler. Etiket, çevre şartları hakkında kablosuz olarak bilgi toplamak için bir mobil sensör gibi davranır. Standart işlemlerin insan eforuna gerek kalmadan otomatik takibine imkân verir.

RFID sistemleri, çeşitli özellikleri ile bu yeteneklerin çeşitliliğinin sağlanmasında büyük farklılıklar gösterir. RFID endüstrisi, kablosuz teknoloji kullanılarak

karşılanabilecek inanılmaz çeşitlilikteki pratik ihtiyaçlardan yararlanmak için geliştirilmiş amacına göre uzmanlaştırılabilen niş bir teknoloji oyuncusudur. (Ferrer G. 2010)

3. RFID ETİKET ÇEŞİTLERİ ve ÖZELLİKLERİ

Etiketler her biri kendi setine sahip pasif, aktif ve yarı aktif üç tiptedir.

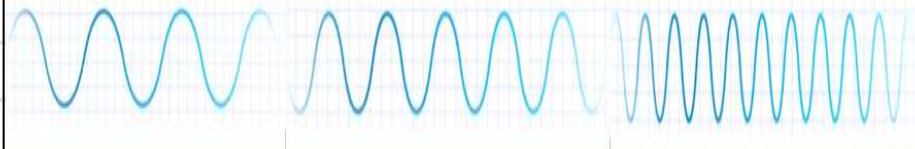
Düşük frekanslı olan ve pasif etiketli olarak adlandırılan etiketler bir okuyucudan bir radyo sinyali alana kadar uykuda kalır. Okuyucunun sinyalinden gelen enerji, etiketi açmak ve bilgi taşıyan bir sinyali okuyucuya geri yansıtmak için kullanılır. Pasif etiketlerin içinde pil yoktur ve bu nedenle, içlerinde indüklenen akıma bağlıdır.

Yüksek Frekanslı olan ve yarı aktif RFID etiketleri bir pil içerir. Ultra yüksek RFID etiketleri gibi periyodik bir sinyal iletmez. Bunun yerine pil, yalnızca bir sinyal alındığında etiketi açmak için kullanılır ve bu okuyucunun sinyalinden gelen tüm enerjinin geri yansıtılmasına izin verir. Yarı aktif etiketler, basitçe etiketlerin pillerini kullanan pasif etiketlerdir. Okuyucunun alanından çekilen güce bağlı olmak yerine elektronik devrelerine güç sağlarlar.

Ultra Yüksek Frekanslı Etiketler, aktif RFID etiketleri olarak da adlandırılır. Bir pile sahiptirler ve konum izleme uygulamalarında yararlı olan sinyalleri periyodik olarak iletir. Aktif etiketlerdeki pil, sinyal gücünü artırabildiğinden 100 metreye kadar okuma aralığına sahiptirler.

Aktif etiketlerin pasife göre avantajı, hesaplama yeteneği, bellek kapasitesi ve okunabilecekleri daha büyük olmalarıdır. Kısıtı ise pillerinin birkaç yıllık sınırlı bir ömrü olmasıdır. Birçok kaynaktan toparlanarak elde edilerek hazırlanan RFID çeşitleri ve özellikleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2 : RFID Etiket Çeşitleri ve Özellikleri

ÖZELLİKLER	DÜŞÜK FREKANS RFID	YÜKSEK FREKANS RFID	ULTRA YÜKSEK FREKANS RFID
FREKANS ARALIĞI	30 - 300 KHz (LF)	3- 30 MHz (HF)	300 MHz - 3 GHz (UHF)
YAYGIN KULLANIM ARALIĞI	125 - 134 KHz	13.56 MHz (NFC)	860 - 960 MHz (UHF Gen 2)
OKUMA MESAFESİ	10 m.den düşük	10 m-30 m.	30 m.-100 m.
ETİKET GÜÇ KAYNAĞI	Okuyucudan RF Aracılığıyla	Elektromanyetik İndüksiyon	Pil ve EMK İndüksiyon
DEPOLAMA KAPASİTESİ	2K Okuma	32K Okuma/Yazma	32K Fazla Okuma Yazma
FREKANS ÇATIŞMASI	Orta	Yüksek	Yüksek
FAYDA	Sıvılar ve metaller bu frekansa dayanıklı	Okuma aralığı ve hızı için ideal maliyete sahip	hızlı okuma yazma hızı özelliği
KULLANIM ALANLARI	Hayvan Takibi, Otomobil Envanterleri	Envanter Kontrolü, ürün zincirinin takibi	Temassız ödeme, kütüphane ve müzeler için
FREKANS GENLİĞİ (λ)			

3.1.Düşük Frekans (LF) RFID

Düşük Frekanslı RFID etiketleri 30 KHz - 300 KHz arasında çalışırlar. 134 KHz'de çalışan bazıları olmasına rağmen, tipik olarak LF RFID sistemleri 125 KHz'de çalışır. Düşük frekanslı RFID etiketleri, UHF veya yüksek frekanstan daha yavaş okuma oranlarına ve daha kısa okuma aralıklarına sahiptir. Daha uzun bir dalga boyuna sahip oldukları için sıvıların ve metallerin müdahalesine karşı daha az hassastırlar. Bu nedenle, genellikle yağ varilleri, bira fiçileri gibi ağır sıvılarda veya otomobil envanteri gibi metal bir alt tabakaya RFID etiketinin yapıştırıldığı uygulamalarda kullanılırlar.

Radyo dalgası girişimine karşı çok hassas değildir bu sebeple LF RFID uygulamaları, erişim kontrolü ve canlı hayvan takibini içerir.

LF spektrumu, dünya genelindeki frekans ve güç seviyelerindeki küçük farklılıklar nedeniyle gerçekten küresel bir uygulama olarak kabul edilmez. (IMPINJ Tec. 2021) (Resource Label Group 2018)

3.2.Yüksek Frekanslı (HF) RFID

Yüksek Frekanslı (UHF) RFID etiketleri HF bandı 3 GHz ila 30 MHz arasında çalışırlar ve "tedarik zinciri frekansı" olarak kabul edilirler çünkü genellikle diğer türlere göre daha düşük fiyatlarına rağmen iyi okuma aralıkları ve oranları sağlarlar. Ürün düzeyinde izleme, perakende envanter kontrolü ve tedarik zinciri verimliliklerini artırma yaygın uygulamaları arasında yer alır. HF RFID sistemi, 10 cm ile 1 m arasındaki okuma aralıklarıyla 13.56 MHz'de çalışır. HF sistemleri parazite karşı orta düzeyde hassasiyete sahiptir. Öğeleri izlemek için ISO 15693 standardı ve arasında veri alışverişi için yaygın olarak kullanılan kısa mesafeli bir teknoloji olan Yakın Alan İletişimi (NFC) için ECMA-340 ve ISO/IEC 18092 standartları yürürlükte dir. Akıllı kart, proximity kartlar ve elektronik para sistemlerinde kullanılır. Yakın alan iletişimi etiketleri olan NFC etiketleri de bu yüksek frekans (HF) RFID teknolojisinin bir alt kategorisidir. Tüm NFC etiketleri HF RFID etiketleridir ancak tüm HF RFID etiketleri NFC etiketleri değildir. NFC, yüksek frekans aralığının “13.56 MHz” gibi çok özel bir alt kümesinde çalışır ve diğer RFID kategorilerinden çok farklı kullanım durumları ve uygulama konularına sahiptir. Temel farklardan biri, NFC etiketlerinin çok daha küçük bir okuma aralığına sahip olmaları ve genellikle okuyucu ve etiketin birbirinden birkaç santimetreden fazla olmamasını gerektirmesidir. Diğer RFID türleri, tüm etiket paletlerinin bir kerede okunmasına izin verirken, NFC etiketlerinin birer birer okunması gerekir. Bununla birlikte, daha büyük bellek yetenekleri ve iki yönlü iletişim yetenekleri ile NFC etiketleri, büyük miktarda bilgiyi depolamak ve iletmek için çok daha kullanışlıdır. Bu durum, promosyon kampanyalarında inanılmaz derecede kullanışlı bir araç haline getirir. (IMPINJ Tec. 2021) (Resource Label Group 2018)

3.3.Ultra Yüksek Frekanslı (UHF) RFID

UHF frekans bandı, 300 MHz ila 3 GHz aralığını kapsar. UHF Gen2 standardına uygundur ve 860 ila 960 MHz bandını kullanır. Bölgeden bölgeye frekansta bazı farklılıklar olsa da, çoğu ülkede RFID sistemleri 900 ile 915 MHz arasında çalışır. Ve

ISO 18000-63 UHF standardı olarak adlandırılan tek bir küresel standart tarafından düzenlenir.

Pasif UHF sistemlerinin okuma aralığı 12 m'ye kadar çıkabilir ve UHF RFID, LF veya HF'den daha hızlı veri aktarım hızına sahiptir. UHF RFID, parazite karşı en hassas olanıdır. Birçok UHF ürün üreticisi, zorlu ortamlarda bile performansı yüksek tutmak için etiketler, antenler ve okuyucular tasarlamının yollarını bulmuşlardır. Üretim açısından, pasif UHF etiketleri, LF ve HF etiketlerine göre daha kolay ve ucuzdur. (IMPINJ Tec. 2021) (Resource Label Group 2018)

4. RFID KULLANIMI AVANTAJLARI ve DEZAVANTAJLARI

RFID teknolojisi gelişerek barkod sisteminin yerine geçmesi beklenen bir etiketleme sistemi tekniğidir. Barkod çok ucuz bir teknolojidir ve bu tercihte belirleyici bir unsurdur. Ancak okuyucunun mutlaka ürünü görmesi ile okunabilmektedir.

RFID etiket maliyetleri azaldıkça, ürünün kritik değeri ve fiyat düzeyi arttıkça veya sürecin hızlı yürümesi ve düzen talebi artışı müddetçe daha fazla tercih edilmektedir. RFID etiketlerinin, aktif veya pasif olmaları veya kullandığı frekans aralığına göre fiyatları değişmekte ancak etiketi tam olarak görmeden belirli mesafeden okuma yapabilmekte ve kapı gibi taşıma noktalarında geçiş esnasında otomatik okuma da yapabilmektedir. RFID avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- RFID sistemi, okuyucu ile etiket arasında fiziksel temas olmadan bilgileri okuyabilir.
- RFID etiket üzerine yeni veri girmek yani veri değişikliğini yapmak mümkündür.
- RFID elektronik etiketi, belirli görüş mesafesi dışında da okuma yapabilir. Yani alansal veya sınır geçişi okumaya imkân verir. Nesneleri tanımlamak ve izlemek için farklı uzaklıklardan okuma imkânı anlamına gelmektedir.

- RFID etiketler, byte'tan kilo byte'a kadar değişik uzunlukta veri bulundurabilir.
- RFID okuyucular, okuma alanı içinde yaralan birden fazla etiketi hedefli ve amaca uygun şekilde okuyabilir ve veri değerlendirmesi yapabilir.
- RFID etiketler, veri bulundurmalarının yanında içinde bulundukları ortama ait bazı değerleri ölçme yetenekleri de olabilmektedir.
- Yazılıma uygun şekilde, eksiksiz okuma doğruluğu verir. Radyo frekans kullanmaları sebebiyle anlık hesaplama yeteneklerine de sahip olabilirler.
- Okuyucular, birden fazla veri okuduğu için envanter sistemlerinde maliyet, sevkiyat tedarik işlemleri için otomasyon oluşturmak gibi entegre çalışmaların oluşturulmasına imkân verir.

RFID Etiketlerinin dezavantajları ise;

- Maliyet sorunları,
- Çoklu malzemelerin paketli etiketlenmesi problemi,
- Sistemin hali hazırda çalışan envanter programlarıyla arasında uyum ve entegrasyon problemleri,
- Sistemin akış düzeninin en baştan doğru kurulması ve eksiksiz yürütülmesi gerekliliği,
- Ürün depo girişlerinde hız ve yoğunluktan oluşacak aksama sistemin kullanıcılar tarafından manuele dönüşmesi gibi riskler taşımaktadır.

5. KULLANIM ALANLARI

RFID, yetkiye göre bina erişim kontrolü, demiryolu vagonları, konteynerler, kutulu yükler gibi tedarik zinciri yer ve hareket takibine, otoyol geçiş ücreti toplamaya, araç park erişim kontrolüne, perakende stok yönetimine, telesiyej erişimine, izleme amaçlı ve kütüphane kitaplarına ve her türlü malzemenin hırsızlık önleme, araç immobilize sistemlerine kadar uzaktan ve gizli tanımlama, kimliklenme amaçlı çok

çeşitli uygulamalar için kullanılır. RFID sistemleri büyük üretkenlik kazanımları sağlarken, bireylerin ve kuruluşların güvenliğine ve gizliliğine yönelik yeni tehditleri de ortaya çıkarır.

Ticaret hacminin ve çeşitliliğinin artması, yeni yönetim sistemleri sebebiyle üretkenlik ve esneklik için acil gereksinimler karmaşıklıkları istikrarlı şekilde artırmaktadır. Bu karmaşıklık, hareketin birleştiği büyük tesisler, havaalanları veya lojistik merkezlerinde özellikle keskinleşerek, olağan kontrolün katı yönetilmesi, bilgi güncellemesinin zor olduğu durumlar oluşturur. Bakım, gecikmeler, bilgi karmaşıklığı arasında ilişki olduğu da ortaya çıkmıştır. Bilgi akışlarının hızının karar vermede geri dönüş süreçlerini etkilediğini, bakım süreçleri sonrasında bilgi akışının tepkisellik sürelerini kısalttığı ortaya konulmuştur. Kabin hizmetleri ve yer ekibi görüşmeleri, biniş süreci, uçak içi temizlik ve güvenlik kontrolleri ve yardımcı hizmetlerde hızı artırdığını da tespit ettiler. (Thorne A. 2007)

Kartlı otomatik insan ve araç geçişlerinde, toplu taşıma kartlarında, büyük alışveriş merkezlerinde, zincir marketlerde, ürün takiplerinde, evcil hayvan ve hayvanların büyük coğrafyalarda göç yollarını izlemekte de kullanılan radyo frekans etiketleme ve takip sistemleri karmaşıklığın zamanında çözümünde yararlı sonuçlar sağlamaktadır. Havayolları bagaj taşıma, teknik bakım ile uçak içi sistemlerin takibinde, kargo şirketlerinin kargoların anlık takibinde hatasızlık, güvenlik, hız ve yoğunluk sebebiyle oluşmuştur. Montaj hatları parça takip etme, ömrü sınırlı parça izleme, hat bakımı, filoları yönetme, trafik izleme, karayollarının güvenliğini sağlamak, trafik akışını yönetme, işyeri güvenliği ve daha fazla zamana bağlı otomasyona bağlı anlık izleme, güvenlik ve bilgi alma işlemleri de RFID sisteminin kullanım faydası sunduğu alanlarıdır. (Ruddersoft Solution P.Inc. 2016)

Bu teknoloji ile şirketlerin kazandığı önemli avantajlar, zamanla azalan insan gücü maliyeti, otomatikleştirilmiş stok kontrolü, ürün takibi, anında ulaşılabilen ve doğruluğu ölçülebilen envanter bilgisidir.

İnsanların üzerinde çip takılması ve böylelikle birçok özelliklerinin takibi ve kimlik tanımlamada kullanılması ile robotik teknolojilerde kullanılması üzerinde yarı

biyolojik yapılar için yoğun çalışmalar ve örnek uygulamalar için projeler devam etmektedir.

Tedarik zinciri/lojistik ve gıda güvenliği, ilaç takibi gibi mevcut uygulamalarda faydalıdır ve mahremiyet korunumunda da yazılımları ölçüsünde etkindir. Şifreleme anahtarları aç/kapa sistemler gibi yapılarda hatasız çalışmaktadırlar.



Şekil 2 : RFID Kullanım Alanları

Kaynak : Ruddersoft Solution P.Inc. Ruddersof. 20 Jan 2016. <https://www.ruddersoft.com/blog/rfid-applications-and-uses-in-real-business-world/6> (Erişildi: Mayıs 19, 2022).

6. RFID LİTERATÜR İNCELEMESİ

Bu konudaki ilk çalışma 1967 yılında Schrady'ın ABD Deniz Komutanlığında, tedarik sistemleri açısından arıza, onarım, bakım prosedürlerini stok maliyetleri ve tedarik zinciri açısından RFI sistemlerinin değerlendirdiği çalışmadır. Burada (R, I) politikası olarak adlandırılan bir envanter modeli geliştirerek, tek bir üretimin ardından çok sayıda onarım için parti onarımlarının mümkün olabileceği tamir sistemli bir envanter modeli geliştirmiştir. Çalışma, optimum tedarik miktarlarına odaklanmıştır. (Schrady 1967)

Daha sonra, Nahmiasj & Rivera'nın 1979 yılındaki çalışması, sınırlı depolama ve onarım oranını dikkate aldı. Bu çalışmayla Schrady'nin 1967'deki çalışmasında yeralan

onarım oranının sonsuz olması yerine sonlu onarım oranlarını ele alarak genişlettiğini ifade etti. Optimal tedarik miktarları ile birlikte optimal onarım parti büyüklüğünü belirlemek amacıyla model kurulur. Bu çalışma, onarım ve tedarik depolarında sınırlı depolama alanları için kapasite üzerinde bir onarım için çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. (Nahmiasj 1979)

Yeniden üretime giren tamir ürünleri için literatürünü yeni bir boyuta taşıyan Richter 1996 yılındaki çalışmasında hammaddeden yeni ürünler üreterek ve son müşteriden kullanılmış ürünlerin onarılarak dönüş yapılan bir model sistemle talebin karşılanabileceğini öngörüyordu. Yeniden üretim sürecinin farklı parametreler sebebiyle farklı sonuçlar doğurabileceği kanaatine ulaştı. Bu çalışmasında da belirttiği gibi Richter 1997 yılında kendi çalışmasını genişleterek, üretim ve stok maliyetlerini düşürecek bir model daha önerirken bu çalışma da Richter ve Dobos tarafından 1999 yılında daha da genişletilmiştir. (Richter, 1996) (Richter, 1997) (Richter ve Dobos 1999)

Dobos ve Richter 2006 yılında, kullanılmış ürün kalitesini incelemiş ve iade edilen tüm ürünlerin yeniden üretim için uygun olmadığı tespiti ile bir çözüme gitmiştir. Entegre bir üretim-geri dönüşüm sistemi araştırmışlardır. İki tür model analiz etmişlerdir. İlk model, EOQ ile ilgili maliyeti inceler ve en aza indirir. İkinci model ise ek olarak doğrusal atık bertarafı, geri dönüşüm, üretim ve geri satın alma maliyetleri getirerek birincisini genelleştirmektedir. Bu gibi durumlarda, karma bir stratejinin ekonomik olarak saf stratejilerden daha iyi performans gösterdiği sonucuna varırlar. Üretim ve geri dönüşümle sürekli bir talep karşılanabilir olduğu görüşüyle, kullanılmış ürünler geri satın alınabilir ve daha sonra geri dönüştürülebilenlerin de tekrar kullanabilir görüşüyle çalışma yaptılar. (Dobos ve Richter 2006)

Aras vd. hibrit bir sistem üzerinde çalışmış ve kullanılmış ürüne bağlı yeniden üretim maliyeti ve teslim süresi varsayarak bir çalışma yapmışlardır. Yeniden üretim maliyetleri ve teslim süreleri üzerinde doğrudan etkisi olan iadelerin durumundaki ve miktarındaki doğal değişkenliklerin müşteri talebini karşılamayı, imalat veya yeniden imalatı kullanan iki alternatif stratejiyi bir model incelenmesiyle karşılaştırma şeklinde sunmuşlardır. Çalışma, talep oranı ve geri dönüş oranı aşırı derecede düşük olmadıkça,

müşteri talebini karşılamada yeniden üretilmiş ürünlere öncelik vermenin mümkün olduğunu göstermiştir. (Aras vd. 2006)

Fry ve Lenert herhangi bir felaket durumunda tıbbi bir tesiste toplu yaralanma ve acil durumlarda hasta ve ekipmanların takibini amaçlayan bir çalışma yapmıştır. (Fry ve Lenert, 2005) Lee vd. hizmet sunumunu iyileştirme çalışmalarına odaklanmıştır. Lee vd. müşteriye yönelik süreçler için RFID'yi benimseyen kütüphane, sağlık ve yarış organizasyonu yapan üç hizmet operasyonunu gözlemleyerek, bunların tedarikçilerle olan ilişkisinin verimliliğini artırmak için geliştirilen tipik RFID uygulamalarını karşılaştırırlar. Bir firmanın, rekabetinin temelini verimlilik odaklı bir stratejiden müşterilerin değer algılarını geliştirmek, müşteri sadakatini artırmak için yeni ürün veya hizmetleri temel alan bir stratejiye dönüştürmek amacıyla RFID teknolojisi kullanabileceği sonucuna varmışlardır. (Lee vd. 2008)

Hwang vd. kullanılmış ürünler için minimum kalite seviyesi varsaymakta ve sadece bu seviyenin üzerinde kaliteye sahip ürünler tüketicilerden geri alınmaktadır. Ayrıca kullanılmış ürünlerin kalitesinin rastgele bir değişken olduğunu ve tahsilat oranının minimum kalite düzeyine ve tüketiciye ödenen teşviklere bağlı olduğunu düşünmüşlerdir. (Hwang vd.2009)

Kalite bağımlı ürünlerde getiri oranını inceleyen ve karma bir politikanın verimli olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar, üretim veya yeniden kullanım için kalite kriterini karşılayan kullanılmış ürünlerin yüzdesini ve bunların tamirat sonrasında yeniden kullanılmasının, satışının verimliliğini incelemişlerdir. (El Saadany ve Jaber 2010) (Korugan vd. 2013)(Guo ve Ya 2015) (Giri ve Sharma 2016) (Moshtagh ve Taleizadeh 2017) (Tian ve Zhang 2018) (Heydari vd. 2018) (Ulah ve Sarkar 2020)

Doer vd. nitel faydaların değerlendirilmesi için RFID tabanlı askeri mühimmat envanter yönetiminin uygulanmasıyla ilişkili beklenen finansal faydaların Monte-Carlo simülasyonu ile birleştirerek incelemişler. Maliyet dışı faydaların ve uygulama avantajlarının da dikkate alınmasının önemli olduğunu sunmaya gayret etmişlerdir. (Doerr vd. 2006).

Niederman vd. RFID teknolojisinin tedarik zincirine uyarlanması için gereken teknoloji altyapısı, iş süreci ve yönetimsel konuları tartışmışlar. Szmerekovsky ve Zhang ise tedarik zinciri ve envanter operasyonlarını iyileştirmek için RFID kullanımını incelemişler. Ürün düzeyinde RFID etiketleri eklemenin üreticiler ve perakendeciler üzerindeki etkisini incelemek için teorik bir oyun modeli sunmuşlardır. Bu modelde, bir satıcı tarafından yönetilen envanter (VMI) sisteminde öge düzeyinde radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri eklemenin üreticiler ve perakendeciler üzerindeki etkisini, etiket maliyeti, gelir paylaşım oranı ve talep değişkenliği gibi çeşitli parametrelerin tedarik zinciri koordinasyonu için duyarlılık analizi yapmışlardır. Üreticinin RFID kullanmasının zamanla tedarikçiyi de etkileyeceği sonucuna varmışlardır. RFID kullanan şirketlerin yönetiminde de yenilenmeyi gerektirecek yapılanmalar kurmaya doğru gelişim göstereceğini ve rekabet avantajı kazanacağını ifade etmektedirler. (Niederman vd. 2007) (Szmerekovsky 2008). Kim vd. ise akıllı algoritmalar tarafından yönlendirilen RFID tabanlı bilgi sistemlerinin, tedarik zinciri operasyonlarını gerekli olduğunda zamanında müdahale için bilgi ve proaktif olarak daha iyi karar desteği verdiğini ortaya çıkaran çalışma yapmışlardır. (Kim vd. 2008)

Veeramani vd. ABD'nin büyük market zincirinden olan Wall Mart'ta üretim ve dağıtım operasyonlarında birinci kademe 100 tedarikçisi için RFID uygulamasının faydalarını değerlendirmek için bir çerçeve önermişlerdir. Sabit ve genel masrafları azaltmak için, kusurlu kalemleri belirleme ve bulma konusunda artan doğrulukla bu yapının envantere bağlanabileceğini ve böylece maliyetleri düşürmek için büyük bir fırsat alanı haline getirebileceği sonucunu çıkarmışlardır. Bu maliyet avantajını sağlayacak ürün kalemlerini listelemişlerdir. (Veeramani vd. 2008)

Rekik vd. tedarikçiden alınan ürünlerin rafta mevcut olmaması, yanlış rafta olması veya benzeri nedenlerle meydana gelen yanlış yerleştirme hatalarından kaynaklanan envanter yanlışlıklarını içeren perakende senaryoları incelemiştir. Senaryolarda, perakendeci hatalardan habersizdir, perakendeci hataların farkındadır ve bunları envanter politikasına dahil eder veya perakendeci, hataları ortadan kaldırmak için bir RFID izleme teknolojisi kullanır gibi alternatif senaryo modellerindeki üç

yaklaşımı “Newsvendor” modelini kullanarak incelemişler Operasyonlarda optimal envanter seviyesini belirlemek için matematiksel bir model olarak kullanılan bu metotla hatasızlık adına çözüm önerileri ve satış planı hazırlamışlardır. (Rekik 2008)

De Kok vd ise hırsızlıktan kaynaklanan küçülmeyi kontrol etmek için hem küçülme oranını hem de RFID teknolojisinin etkisini dahil ederek bir envanter modelini uyarlayıp, RFID ve RFID olmadan envanter yönetimi maliyetini karşılaştırarak, bir RFID etiketinin başa baş fiyatları için analitik bir ifade elde ederler. Bu başa baş fiyatlarla, RFID uygulandıktan sonra kaybolan ürünlerin değeri ile küçülme oranı arasında anlamlı bir ilişki kurmuşlardır. Çalışma sonucunda, başa baş fiyatlarının ortaya çıkmasında bu teknolojinin etkin şekilde faydası olduğunu, hırsızlıkların önlenmesinde etkin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. (De Kok 2008)

Ngai vd. daha iyi envanter kontrolü, hızlı ikmal, gıda güvenliği kontrolü ve daha iyi hizmet kalitesi elde etmek için konveyör bantlı bir suşi restoranında RFID tabanlı bir suşi yönetim sisteminin tasarımını ve geliştirilmesini tanımlamaktadırlar. Hizmet kalitesi, operasyonel verimlilik sağladığı kanaatine varmışlardır. (Ngai vd. 2008).

Tzeng vd. ise RFID teknolojisinin iş değerini artırması için bir çerçeve önermektedirler. Tayvan sağlık endüstrisinden vaka çalışması olarak, SARS virüsü sebebiyle oluşan salgında tedbire faydası olabileceğinin araştırılması amacıyla RFID kullanımı benimseyen beş kişinin vücut sıcaklığı dahil verilerini izleme amaçlı deneyimlerine dayanarak bir araştırma yapmışlardır. Daha geniş kapsamlı çalışmalar için yararlı bir ön çalışma olduğu kanaatine varmışlardır. (Tzeng vd. 2008).

Otomotiv montaj fabrikasında dağıtım ve sevkiyat sırasında araçların hareketini izlemek için RFID teknolojisi ile elde edilen gerçek zamanlı bilgilerin kullanılmasından elde edilen faydaları Kang vd. tarafından değerlendirilmiştir. Otomotiv üretiminde yaklaşık 25 bin parça kullanılmakta ve farklı yerlerden tedarik edilmekte olduğu gerçeği üzerine lojistik sürecinin tam sıralı çalışmasını geliştirmek amacıyla Kore’de bir fabrikada, montaj hattına parça tedariklerinin gerçek zamanlı kontrolü için RFID teknolojisini vaka çalışması olarak uygulamışlar. Bu düzende, hatalı parça dizilimi nedeniyle hattın kazara durmasını önlemek için RFID tabanlı bir dizi hata önleme

sistemi de geliştirmişler. Teknolojinin, bekleme süresi değışkenliğini azaltarak ve işçilik maliyetini düşürdüğü, böylece kâr artışına yol açarak müşteri memnuniyetini önemli ölçüde artırabildiğini bulmuşlardır. Ek olarak, akıllı algoritmalar tarafından yönlendirilen RFID tabanlı sistemlerin, tedarik zinciri bilgilerinin güncelliğinin, zamanında bilgi paylaşımlarının karar verme sürecinin kalitesini yükseltebileceğini bulmuşlardır. Faydanın artırılabilmesi için sistemin yazılım algoritmalarının elde edilen bilgileri lojistik süreçlerde kullanılabilir kılmasından geçtiğı kanaatine varmışlardır (Kang Y.S. 2018).

Chen'in 2020 yılındaki çalışmasında, üretim ve lojistikte kullanılan araçların, ürünlerin gerekli olduğunda aranması sorununu çözmek için arama sürelerini en aza indirmek ve bakım geri dönüş sürelerini iyileştirmek için RFID ile süreç etkinleştiricileri bir operasyon izleme sistemini incelemişlerdir. (W. Chen 2020)

Gerçek Zamanlı Konumlandırma Sistemleri (RTLS), büyük üretim ve bakım tesislerinde kritik araç ve malzemelerin verimli bir şekilde etiketlenmesine ve izlenmesine olanak tanıyan potansiyel avantajlar sunar. Operasyon yönetimi perspektifinden ve üretkenliği artırmak için, bakım stratejilerini daha iyi formüle etmek için araç gereç arama ve araç seyahat sürelerinin katkısını ölçmek yönetsel olarak önemli bilgiler verir. Otonom Kılavuzlu Araçlar (seyahat sürelerini azaltmak için) dahil olmak üzere akıllı malzeme taşıma sistemlerinin entegrasyonu sayesinde, birbiriyle koordineli bilgilerle çok sayıda fayda elde etmek mümkündür. Çok az makale bu katkıyı, özellikle de araç aramanın verimliliğini artırmak için RTLS entegrasyonunun katma değerini incelemiştir. Çok sayıda araç gereç ve taşıyıcı araçların yer aldığı lojistik şirketlerinde alan hakimiyeti ve araç sirkülasyonu açısından anlık bilgiye dayalı takip operasyon verimliliğı, iş verimliliğı çok önemlidir. Tezimizin konusuna da yakın bir çerçevede Chemweno vd. havacılık bakım hangarında araç gereç edevat ve tamir için gerekli merdiven, taşıyıcı hareket araçları açısından bakım verimliliğini incelediğı ve bu alanda az sayıda bulunur makalesiyle bu durumun büyük konfigürasyonlardaki faydalarını çeşitli senaryolarda ortaya koymuşlardır. (Chemweno vd. 2022).

İKİNCİ BÖLÜM

HAVA TAŞIMACILIĞI SEKTÖRÜNDE RFID TEKNOLOJİSİ

1. HAVACILIK SEKTÖRÜNDE RFID KULLANIMI

Şehirler arasında uzun mesafeler kat etmek için en hızlı ve en güvenli yol hava taşımacılığıdır. Küresel ekonomik gelişme ve stok tutmama ve buna bağlı olarak ürünlerde hızlı tedarik talebi de yolcu trafiğinde olduğu gibi hava kargo trafiğini 2000 yılından bu yana iki katına çıkarmıştır. Muhtemelen önümüzdeki 15 yıl içinde yolcu ve kargo grubunda bu rakamın iki katından fazla artması beklenmektedir.

Türkiye, Avrupa ile Asya arasında yer almaktadır. Yüksek nüfus artış hızı ve para birimleri karşısındaki kur dikkate alındığında Avrupa'ya göre düşük seyahat maliyeti ile öne çıkmaktadır. Bu gelişmeler çerçevesinde Türkiye'nin yolcu ve kargo hava trafiği artacağı öngörülerek, İstanbul'da 150 milyon yolcu kapasiteli havalimanı, karayolu bağlantıları, diğer illerde de pist ve terminallerin yapımı entegre ve zamanlı planlar tam olmamasına rağmen gerçekleştirilmiştir. Ticaret hattındaki doğuya merkez kayması, Türkiye'nin hava trafiğinin normalden fazla artacağını öngörülmesine yol açmış ve yakın zamanda yıllık havayolu yolcu sayısının 220 milyonu aşması beklenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için daha fazla uçak filosuna ihtiyaç duyulacağı öngörüsüyle Türk Hava Yolları kiralık ve satın alma şeklinde filosunu artırma yoluna girmiştir.

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO)'nın yayınladığı 2021 yılı ön verilerine göre dünya yolcu trafiği, pandemi ile birlikte 2020 yılında %60 oranındaki büyük düşüşten sonra yeniden yükselişe geçerek 2,3 milyar yolcu olarak gerçekleşmiştir. Ancak, yine de COVID-19 öncesi (2019 yılı) döneme göre %49 oranında (yaklaşık 2,2 milyar yolcu) düşük kalmıştır. (William 2022)

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO)'nın verilerine göre 2021 yılında, uluslararası yolcu trafiği 2,3 milyar olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında ise pandemi öncesi son yıl olan 2019'a kıyasla yolcu trafiğinde %60 düşüş, 2021 yılında ise %49 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

COVID-19 etkileri nedeniyle havayolları 2020 yılında 372 milyar dolar mali kaybın ardından, 2021 yılında pandemi seviyesinden önceki cirolarının yarısı kadar olan 324 milyar dolar mali kayıp yaşamıştır. Kargo ton-kilometresi (CTK) cinsinden ölçülen küresel talep ise Temmuz 2021'de Temmuz 2019'a kıyasla -%3,5 seviyesinde gerçekleşti. (Airline Economics MRO Global 2022)

Havacılık sektörü standartlara, katı kalite ve uygulama prosedürlerine bağlı bir alandır. Her ürünün üretimi de sürece girişi de kullanımı da sistemden çıkışı da kontrol altında ve kullanım prosedürleri kaydı altındadır.

Havacılık operasyonları ve uçak bakım sektöründeki iş süreçleri, ekipman, parça ve işgücünün etkileşimli ve sirkülasyonlarının operasyonel şekilde iç içe işlendiği karmaşık süreç ve sistemlerden oluşmaktadır. Bu iş süreçlerinde gerçekleştirilecek her türlü iyileştirme çalışma verimliliğine, uçuş güvenliğine ve müşteri memnuniyetine büyük katkı sağlamaktadır. Ancak bu iyileştirmelerin tamamı, havacılık otoriteleri tarafından kontrol edilerek onaylanması ve sürece dahil edilmesi çok uzun süreçleri gerektirmektedir.

Radio Frekanslı Tanımlama (RFID), erişim kontrolü, sahtekarlığı önleme ve envanter yönetimi gibi amaçlarla çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojinin farklı alanlarda benimsenmesi, yaygın olarak, barkod kullananların ötesinde operasyonel verimlilikte önemli gelişmelerle sonuçlandı. RFID, havacılık endüstrisinde bir süredir ticari uçaklarda acil durum ekipmanı ve diğer kabin içi varlıkları izlemek ve tanımlamak için kullanılmaktadır. Son zamanlarda endüstri, uçak kabininin hem içinde hem de dışında daha zorlu parça ve yüzeylerde RFID kullanımını genişletmek istiyor. Havacılık endüstrisinde, RFID teknolojisinin ilk kullanımı bagaj, kargo ve konteynırları izlemek ve bulmak şeklinde olmuştur. Son zamanlarda, uçak parçalarının doğru şekilde izlenmesi ve ilgili operasyonel bilgilerin korunması ihtiyacı, RFID için yeni uygulama noktaları açtı. Havacılıkta önemli üreticiler endüstrisi, ticari uçak parçalarında RFID için ortak endüstri standartlarında çözümler geliştirmek için birlikte çalışmaya başladılar. RFID sistemleri, inceleme ve bakım süresinde önemli azalmalara izin vermiş olsa da bugüne kadar ağırlıklı olarak

kabin içi varlıklara, uçağın i kısım kullarımlarına odaklanmış, etiketler doğrudan isim levhalarının yerine kullanılan etiketler olarak amaçlanmıştır. Etiketlerin okunması da el terminalleriyle yapılmıştır. Havacılık endüstrisinde kullanılan en yaygın RFID türü pasif olandır. Bu RFID türü, yalnızca bir okuyucunun menzilinde olduğunda bilgi gönderir ve çok düşük bir enerji sinyali yayar. Bir okuyucunun menzilinde olmadığında etiket kesinlikle pasiftir ve hiçbir bilgi göndermez. Bu da içerdeki herhangi bir sinyal veya ağ ile arasında sorun çıkarmaz. Bunun önemi, havacılık sinyalizasyonu ve elektronik ekipmanı için problem çıkarmamasıdır.

Uçaklarda uçuş öncesi güvenlik prosedürlerindeki kalite standartlarına ve iş modellerindeki katılık uçak kazalarında azalmaya yol açmıştır. Sağlık ve güvenliğe yönelik hassas çalışma alanı, hava yolculuğunun bu zaman alıcı unsurunda yeni prosedürler için manevra yapmak adına çok az alan bıraktı. Havacılık sektöründe yapılan RFID çalışmaları öncelikle zaman kazandırıcı prosedürlerde kullanılmasıyla başladı. Bu sebeple, kabin içi ve acil durum ekipmanlarının sayım, bakım süreçlerinin takibi, yönetilmesini sağlayarak, kabin içi iş süreçlerinin iş/zaman verimliliğinin artırılması amaçlanarak yapılmıştır.

Haziran 2013'te Air Pacific'ten yeniden markalaşan Fiji Airways, yakın zamanda acil durum ekipmanının kabin içi denetimlerine radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisini dahil etti. O zamandan beri, A330, B737, ATR ve Twin Otter filolarında can yelekleri, oksijen tüpleri, yangın söndürücüler, uzatmalı emniyet kemerleri, kulaklıklar, el fenerleri, hayatta kalma kitleri ve oksijen jeneratörleri gibi diğer yerleşik acil durum ekipmanlarına RFID eklenerek alanda kullanılmaya başlanmıştır. RFID entegre çözümleri, uçak içi ekipmanların sayımı ve kullanılıp/kullanılmadığının kontrolünde muazzam zaman tasarrufu sağlar. Can yeleğinin aktivite inceleme süresini yüzde 85'e kadar ve oksijen jeneratörü inceleme süresini yüzde 99'a kadar azaltabileceği görüldü. (SpotSee 2020)

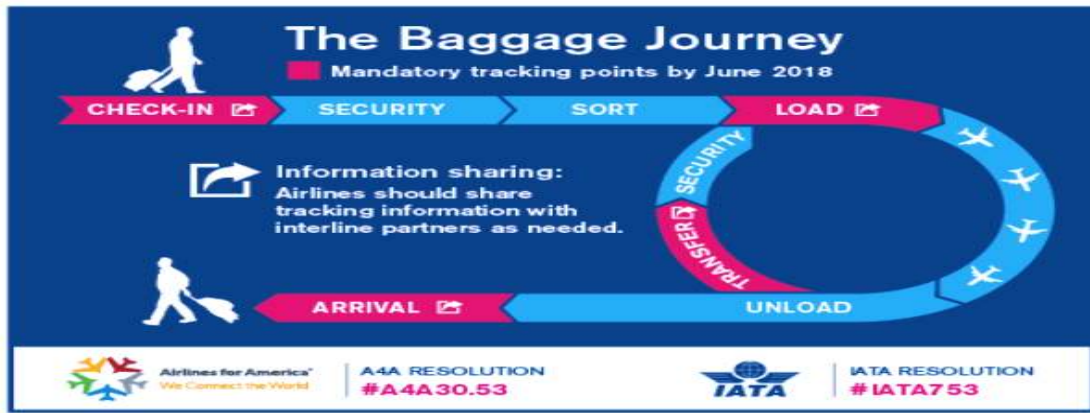
Havayolu operasyon alanındaki diğer bazı RFID fırsatları, bagaj taşıma için bagaj etiketleri, yemek servisi, kargo elleçleme, yer hizmet ekipmanları, yolcu bileti otomatik geçişleri, çalışanların alan yetki rozetleri, güvenli bölge geçiş süreçleridir.

Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği'nin (IATA) 1 Haziran 2018'den itibaren geçerli olmak üzere bagaj takibine ilişkin 753 (R753) sayılı uygulama prosedürü kararıyla, IATA üyesi havayollarının bagaj alımını ve teslimatını izleyerek doğru bir yolcu bagajı envanteri tutmasını gerektiğini belirtmektedir. IATA, R753 kararıyla mecburi değil ancak barkod teknolojisinden daha etkili olduğu için üyelerinin RFID kullanımını önermektedir.

Bagaj takibine ilişkin 753 sayılı Karar, bireysel taşıyıcılar için ve bir bütün olarak endüstrinin bagaj operasyonları içinde iyileştirme sağlamanın bir yolunu sunmaktadır. Hatasız bagaj takibinin, yanlış kullanımın azalması, verimliliğin artması, daha iyi yolcu deneyimi ve hatalardan oluşan risklerin bertaraf edilmesi için çözüm sunmaktadır.

RFID taraması, IATA web sitesinde bulunan 30.53 Uygulama Kılavuzu'nda buna ait detaylı uygulama bilgileri ve kabul edilebilir yöntemlerden biri olarak listelenmiştir.

IATA'ya göre R753'ün amacı, her bagajın transferinde sektörler arası izlemeyi uygulayarak havayollarını yanlış kullanımı daha da azaltmaya teşvik etmektir. R753'ün uygulanması, IATA, Airlines For America (A4A) ve Airports Council International (ACI) tarafından yürütülmektedir. (IATA 2018)



Şekil 3 : IATA 753 Nolu Yönergesi Bagaj Etiketleme Akış Şeması

Kaynak : International Air Transport Assoc. IATA. June 2018. <https://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/baggage/Pages/index.aspx> (Erişildi: Temmuz 2021).

Kılavuza göre bagaj takibi için kabul edilebilir diğer teknolojiler arasında lazer tarama, manuel kayıt, optik karakter tanıma (OCR) ve Bluetooth, Wi-Fi veya GPS gibi diğer teknolojiler yer alıyor. (IATA 2020) (IATA 2018)

Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) 2019 yılında Seul'daki 75. Yıllık Genel Toplantısında (AGM), bagaj takibi için Radyo Frekansı tanımlamanın (RFID) küresel dağıtımını havalimanlarında desteklenmesine, iyileştirilmiş güvenli veri içeriği, azaltılmış karmaşıklık, gelişmiş güvenlik, azaltılmış manuel taşıma maliyeti, azaltılmış mesajlaşma maliyetlerine katkı yapması sebebiyle oybirliğiyle karar verdi.

2018'de havayolları tarafından taşınan tahmini 4,3 milyar çantanın %0,6'sından fazlası yanlış merkeze teslimat yapıldı. RFID teknolojisinin benimsenmesi, üç ana paydaş olan havayolları, havaalanları ve yolcular için tüm tarafların kazanacağı bir ortam sağlar. IATA tarafından yapılan ankete göre RFID projesinin bagaj konusunda kullanımının işgücü maliyetleri ve kayıplardan dolayı oluşan mali kayıplarda %10 civarında tasarruf fırsatı sunmaktadır. Barkod okuma sorunları, havayoluna yapılan toplam bagaj yanlış kullanımlarının %9,7'sini oluştururken, havalimanları bu problemde çok daha büyük bagaj hacmiyle uğraşmak zorunda kalıyorlar. (IATA 2019)

2. UÇAK BAKIM ve ONARIMDA (MRO) İÇİN RFID KULLANIMI

2.1.Literatür

MRO sektöründe RFID teknolojisinin kullanımı ile ilgili temel işlemler kısaca, uçak parçalarının sayım ve bakım geçmişlerinin RFID etiketler üzerinde tutulması, bu parçaların uçağa yerleşimleri ve süreçlerin iyileştirilmesi şeklinde özetlenebilir.

Bakım ve Mühendislik işlevleri, yalnızca bir parça numarasıyla değil, hangi uçağa hangi konumda hangi parçanın kurulduğunu tam olarak bilmeye dayanır. RFID, verileri geçersiz kılmak için insan hatası olmadan etiketli bir parçadan bu seri numarasını hızlı, kolay ve doğru bir şekilde tanımlayabilir. Bu tür veriler şu anda havayolunun resmi kayıt sisteminde saklanmaktadır ancak endüstri standartlarının ve

yüksek belleğin ortaya çıkmasıyla, RFID bu verileri etiketler ve parça üzerinde taşınabilir bir izlenebilirlik kaydı olarak da saklanabilir.

Bu alandaki RFID çalışmaları sınırlıdır. Bunun en önemli sebebi çalışmanın yapılacağı alanın kendine has standart ve çalışma ortamlarının güvenlik mecburiyeti gerekçeleri sebebiyle deneme yapma imkânının olmaması ve bu alandaki şirketlerin büyüklüğü, alanın spesifik nitelikleri sebebiyle dışardan projelendirmenin mümkün olmamasından kaynaklanmaktadır.

Yedek parça yönetimi, havacılık bakım, onarım ve revizyonda (MRO) hayati bir destekleyici işlevdir. Yedek parça yönetiminin operasyonel bakış açısı olan yedek parça intralojistiği (SPI), havacılık şirketinde RFID merkezli planlanmasının verim artışı sağlayabileceği ve MRO faaliyetlerinde yürütme ve karar verme arasında gerçek zamanlı iş birliği performansını artırabileceği konusunda vaka çalışması mevcuttur. (Chen vd. April 2023)

Kâğıt işlemleri, araç vb. çıkışı/dönüş sayacını ayarlamak için RFID teknolojisinin mevcut durumu ve kullanımları hakkında bir genel bakış sunan Arwind Kumar, zorluklara rağmen, RFID sistemlerinin, uçak hattı bakımı için alet verme/iade sistemi için uygun çözümler üretmeye devam edeceği görüşünü destekleyen çalışma yapmıştır. (Arvind 2019)

Ekipler, bütün bu trafik içerisinde çalıştırılan tüm uçakları uçuşa elverişli ve uçuş güvenliğini de teknik olarak sağlamak zorundadır. Bir uçağın işletilmesi, güvenlik için bakım ve uçuşa elverişlilik için zorunlu kontroller gerektirir. Bu işlem standartlara bağlanmış, bakım prosedürleri katı kurallara belirlenmiş bir sistematığe bağlıdır ve yüksek vasıflı çalışanlar gerektirir. Ülkemiz ve yakın bölgelerdeki uçak sayılarındaki artış talebi bu bakım hizmetlerini de etkileyecektir. Bakım, onarım ve revizyon (MRO) tesisleri için düzenlemelerin, buradaki hizmetlerin sürdürülebilirliği sağlamak için yeterli altyapıya ve vasıflı işgücünün sağlanması gerektiği gibi işlemlerin hatasız yürütmesi de gereklidir. Türkiye'de 7 MRO vardır ve bunlardan sadece 2'si motor bakım dahil tam hizmet verebilmektedir. (Yumakoğulları vd. 2015)

Bu alanda, RFID izleme çözümünü tasarlamaya adanmış birkaç araştırma çalışması vardır.

Juhan ve ark. tarafından, mobil telefon uygulamasıyla RFID etiketli EPC etiketli ürünleri izlemek için uygulama düzeyinde sahteciliğe karşı bir RFID çözümü önermişlerdir. (K. Juhan vd. 2006)

Sinitsyn, Fagui ve Sujing'in bağımsız çalışmaları Mobil RFID cihazları ve sunucular arasında seçilmiş verilerin senkronizasyonu için genel çerçeve çalışmalarını iş verimliliğini artırmak için mobil cihazın gömülü işletim sistemine ve RFID teknolojisine dayalı bir depo yönetim sistemi modeli çalışması yapmışlardır. Veri çakışma noktaları ve bunların düzenliliği için çözüm önerisi modeli sunmuşlardır. (L. Fagui vd. 2009) (A. Sinitsyn 2004) (W.Lu Sujing vd. 2010)

Gelişmiş bagaj taşıma, artan havaalanı/havayolu güvenliği ve müşteri hizmetlerine odaklanan, büyük bir havayolu şirketinde vaka çalışması olarak RFID benimseme planlamasının, mimarisinin ve uygulama planının durumunun ön incelemesini göstermiştir. RFID uygulamalarını gözden geçirmekte ve ayrıca RFID uygulamasının bagaj takibi, doğru teslimatının etkin yönetimini nasıl sağlayacağını ve müşterilere özelleştirilmiş, kişiselleştirilmiş hizmetlerin ne şekilde sunacağına ilişkin öneriler sunmaktadır. (Mishra ve Mishra D. 2010)

Kwok vd. tarafından, ürünün üretim noktasından itibaren kimlik doğrulama kapasitesini geliştirmek için mobil EPC-RFID tabanlı kendi kendini doğrulama sisteminin mimarisi önerilmiştir. Sistem, sırasıyla görüntüleme, işleme ve veri hizmeti işlevlerini yerine getiren sunum, uygulama ve bilgi hizmeti sunan katmanlardan oluşur. Fikri sanayi mülkiyet haklarının korunması için bir nevi kalpazanlığı önleme amaçlı vaka çalışma örneği sunmuşlardır. (S. K. Kwok vd. 2010)

2.2. Kullanım

Delta, yaklaşık 2015 yılından bu yana bakım operasyonlarında RFID kullanıyor. Örneğin her kabinin acil durum ekipmanını etiketleyerek, her bir can yeleği, oksijen

jeneratörü, oksijen tüpü, tıbbi kit, defibrilatör ve diğer ekipmanlardan maksimum raf ömrü elde ediyor. Ayrıca lastik envanterini ve diğer öğeleri tanımlamak ve izlemek için pasif RFID etiketleri kullanıyor. Lufthansa, 2013'ten beri lojistik, depolama ve malzeme tedarik sistemi aracılığıyla ürünlerin manuel olarak izlenmesinin yerine RFID etiketlerini kullanıyor. Başlangıçta, etiketleri son kullanma tarihi olan mühürleyiciler, yapıştırıcılar ve boyalar gibi ürünleri izlemek için kullandı. (SpotSee 2020)

Lockheed Martin'in tamamına sahip olduğu bir yan kuruluş olarak Savi Technology tarafından geliştirilen 18000-7 uyumlu RFID cihazları, kısa veri paketlerinde aralıklı olarak yalnızca mikro watt güç ilettikleri için uçakta güvenli olduğuna dair bir rapor yayımladı. Gerçek alanda taksi pozisyonları, uçuş senaryolarında ve ardından laboratuvarlarda yapılan USAF değerlendirmeleri, sürekli etkinleştirilse bile uçakta güvenli olduklarını belirledi. (Fierce Electronics 2009)

Boeing ve Airbus, Hava Taşımacılığı Birliği'nin (IATA) Otomatik Tanımlama ve Veri Yakalama Görev Gücü'nde, RFID için ticari havacılık endüstrisi standardı gereksinimleri geliştirme konusunda iş birliği yapmayı kabul etti. Bu rekabetçi olmayan standart girişimleri üzerinde birlikte çalışarak hem Boeing hem de Airbus, karşılıklı tedarikçiler ve müşterilerle çelişen gereksinimlerden kaçınarak fayda sağlamaya karar verdiler. Bu iki dev şirketin çalışması, parçalar üzerinde RFID için endüstri çapında ortak bir format oluşturma ve sürdürme hedefiyle havayollarından, tedarikçilerden ve uçak gövdesi üreticilerinden temsilcilerden oluşan bir görev gücü oluşturdu. Boeing ve Airbus gibi gövde üreticileri, RFID teknolojisinin konfigürasyon kontrolünü iyileştireceği, parça bakım ve onarım geçmişlerini yöneterek havayollarının sahiplik maliyetlerini düşürmesine yardımcı olacağı sonucuna vardı. RFID etiketlerini (Radyo Frekansı Tanımlama) kullanmak, Boeing ve Airbus için, parça envanterini azaltmasına ve uçak onarımlarını hızlandırmasına yardımcı olacağı ortak kararına vardılar. RFID teknolojisi, bilgisayarlı bilgi yönetim sistemleri için doğru, kolay ve ucuz veri depolama, hızlı veri girişi ve analiz yöntemleri sağlamaktadır. Uçak parçalarında RFID akıllı etiketlerin kullanılması, havayolu endüstrisi ile üreticiler arasında değiş tokuş edilen güvenilirlik ve bakım bilgilerinin doğruluğunu artıracak için süreç içinde daha büyük

avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir. RFID, tüm yaşam döngüleri boyunca önemli uçak bileşenlerini izlemek için faydalı bir sistemi desteklemekteydi.

Bu faydalar şunlardır,

- Hizmetle ilgili sorunları düzeltmek için azaltılmış döngü süresi.
- Hileli parçaları belirleme ve kaldırma yeteneği.
- Daha az evrak ve daha kullanılabilir istatistik bilgisi.
- Yükseltmeler dahil onarım geçmişini koruma yeteneği.
- Yedek parça havuzu kullanım bilgileri.
- Azaltılmış envanter ve garanti talebi işleme maliyetleri.
- Otomatik kooperasyon imkânları.

RFID cihazları, herhangi bir uçak sisteminin eşzamanlı çalışmasını olumsuz yönde etkilemez veya sürekli uçuş güvenliğine müdahale etmez. ABD Federal Aviation Administration (FAA), Mayıs 2005'te pasif RFID'nin güvenlik riski oluşturmadığını ve belirli koşullar altında sivil uçaklarda kullanım için kabul edilebilir olduğunu belirten RFID politikasını yayınladığı andan itibaren bu konudaki endişeler de tamamen ortadan kalkmış oldu. Sistemin üretimden bakıma kadar süreçleri için de önemli bir gelişme oluşturdu.

Boeing, tüm uçaklar için üretim aşamasından itibaren ana uçak bileşenlerine RFID etiketlerini ekleyerek bileşenleri yönetebilecek, doğru izlenebilirlik elde edebilecek ve uçak bakım çalışmalarının verimliliğini artırabileceğini karara bağladı.

Havacılık devlerinin her biri, daha doğru ve zamanında bilgi elde etmek için lojistik, bakım ve üretim operasyonları boyunca kademeli olarak kullanım alanı genişleterek RFID kullanımını artırmaya başladılar.

Boeing başlangıçta, havacılık tedarik zinciri boyunca her bir ana parça kurulurken, incelenirken veya onarılırken verileri okuyarak, yazarak parça geçmişlerinin verilerini toplamak için RFID etiketlerini kullandı. Bu ayrıntılı geçmiş, her bir parça için

daha doğru yaşam döngüsü yönetimini mümkün kıldı ve ayrıca tek tek bileşenlerin izlenmesiyle ilişkili maliyetleri de düşürmüş oldu. Boeing, aktif, pasif ve UHF RFID takibini dahili üretim tesislerine kadar genişletti. Şimdi, uçağa monte edilmeden önce bir tesiste hareket eden yaklaşık 7.000 parçayı RFID üzerinden takip ediyor. Boeing, bir uçağı oluşturan bileşenler hakkındaki bilgileri ve havayollarına uçak teslim edilen konfigürasyon teslimatları sırasında Hava Aracı Hazırlık Günlüğü (ARL) adı verilen bir bileşen listesini RFID yazılımları üzerinden sağlamaktadır. Boeing, Fujitsu'nun RFID etiketlerini tek bir uçağı oluşturan yaklaşık yedi bin uçak bileşenine ekleyerek ve otomatik olarak bir ARL oluşturarak, bileşen bilgilerini dijital olarak yönetmeyi, çalışılan adam saatlerinin ve insan hatalarının azaltılması da dahil olmak üzere görev verimliliğini büyük ölçüde artırmayı hedeflemektedirler. Bu şekilde, uçak teslimat görevleri de daha verimli hale geliyor ve uçak imalatından sonraki süreçlerin üretkenliği ve verimliliğini de desteklemeyi amaçlıyorlar. Boeing ve Fujitsu tarafından geliştirilen sistemin, kritik uçak parçalarının otomatik olarak tanımlayarak, izlenmesini, yönetilmesini, bakım verimliliğini ve performansını artırdığını ifade etmişlerdir. Bunun operatörlerin işletme maliyetlerini, muayene süresini azaltarak, emek yoğun bakımdaki hata oranlarını düzeltilmesine ve havayolu endüstrisinin ticari uçaklar için ilk kapsamlı RFID ve CMB teknolojisi ile bakım geçmişlerine kolay erişim sağladığını onayladılar. (Fujitsu Limited 2017)



Fotoğraf 2 : Fujitsu Entegre Etiket ve Havacılık Endüstrisini Destekleyen Çözümler

Kaynak : Fujitsu Limited. Fujitsu. 24 April 2017.

<https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2017/0424-02.html> (Erişildi: Ağustos 30, 2022).

Boeing kendi hazırladığı havacılık dergisinde, RFID Integrated Solutions tarafından sağlanan destekleyici belgeler, bir uçak satmayı veya satın almayı kolaylaştıracağını yazarak çıktığı yolu açıkça dile getirmiştir. RFID Entegre Çözümleri için uçak bileşenleri hakkında zengin ve sık bilgi sağlamayı garanti etmiştir. RFID bütünleşmiş çözümlerinin, büyük hacimli kabin öğelerinin (halı panelleri, zemin panelleri, yalıtım battaniyeleri ve koltuk kılıfları gibi) değiştirme geçmişini belirlemenin basit ve hızlı bir yolunu sağlayarak, bakım personelinin yalnızca gerekli olanı kaldırmasını sağlayacağı çözümler için pratik yollar için çözümler geliştirmek adına çalıştığını da ifade etmektedir. Bu yaklaşımın, bu tür öğelerin yaşam döngüsünü uzatabilir, yıkama sürelerini kısaltabilir, yangına dayanıklı malzemelerin ömrünü uzatabilir görüşünü ifade ederek, ömrü biten ve tehlikeli atıkların uzaklaştırılmasını da efektif hale getirebileceğini beklemektedirler. (Coop 2012)



Fotoğraf 3 : Havacılıkta RFID Etiketleri ve Sandık Üzeri Etiket Uygulaması

Kaynak : Fujitsu Limited. Fujitsu. 24 April 2017.

<https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2017/0424-02.html> (Erişildi: Ağustos 30, 2022).

Çip üreticisinin, nihai uçak gövdesinde gerekli olan koşullar için, etiketin (çip, anten ve alt tabaka) hangi streslere maruz kalacağını ve çipin bu koşullara nasıl uyum sağlaması gerektiğini düşünmesi gerekir. Etiket üreticisi (dönüştürücü), etiket işlemini nihai bir uçak gövdesi montajı kapsamında düşünerek değerlendirmelidir. Bu tür ileriye dönük düşünme, cihazların genel performansını iyileştirmek ve testi geçmek için deneme sayısını azaltmak üzere özel konfigürasyonlar çalışılmaktadır. Tedarik

zincirindeki kuruluşların her biri, bu RFID cihazının o tedarik zincirindeki diğer kuruluşlarda nasıl kullanıldığını ve test edildiğinin onayını almalı, bu konudaki tecrübe ve bilgilere ulaşarak geliştirmelidir. (Rossi 2020) (SAE Int. 2006)

RFID sisteminin önemli çekincelerinden birisi de oluşan bilgi akışının sağlandığı radyo frekansının uçuş sistemlerine ve havaalanında yeralan bilgi akış sistemine zarar vereceği endişesidir. Bu alanda NASA önemli bir çalışmaya imza atarak, RFID teknolojisinin havacılıkta kullanımının önünü açmıştır. NASA Johnson Uzay Merkezi'ndeki araştırmacılar, envanter yönetimi ve takip sistemleri alanlarına odaklanan bir dizi RFID teknolojisi oluşturdular ve Uzun Menzilli ve Geniş Kapsama Yeteneklerine Sahip RFID Etiketini yaparak bunun kullanımını önerdiler.

Uzun Menzilli ve Geniş Kapsama Yeteneklerine sahip RFID Etiketini teknolojisini, bir RFID etiketinin bir RFID okuyucu ışın sinyalinin varış yönüne geri yönlendirmesine olanak tanır. Bu teknoloji, tek bir dar ışın sinyali yerine birden çok ışın kullanarak uzun menzilli okuyucular için telemetri sağlamak için ek güç gerektirmez. Böylelikle havacılık alanında yeralan uçak sistem ve sinyallerine zarar vermeyecek bir yapı kurmuş olunur. (NASA TTP 2011)

3. TÜRK SİVİL HAVACILIĞINA GENEL BAKIŞ

2019 yılında 208.373.696 olan toplam yolcu trafiği 2020 yılında %60,83 düşüş ile 81.616.140 ve 2021 yılında 2019 yılı seviyesinin %38,5 altında gerçekleşerek direkt transit yolcular hariç 128.155.762 olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında iç hat yolcu trafiği %50,23 düşüş ile 49.740.303 olarak ve 2021 yılında 2019 yılına kıyasla %31,5 düşük gerçekleşerek 68.466.177 olmuştur. Dış hat yolcu trafiği ise 2020 yılında %70,60 düşüş ile 31.875.837 olarak gerçekleşirken 2021 yılında 2019 yılına göre %44,95 düşük gerçekleşerek 59.689.585 olmuştur.

Türkiye’de ticari sefer başına yolcu sayısı 2019 yılında 159 iken, 2019 yılına kıyasla 2020 yılında %16,01 azalışla 134 olarak ve 2021 yılında %11,45 düşüşle 141 olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılına göre 2020 yılında iç hatlarda ticari sefer başına yolcu

sayısı %13,39 azalmış ve 2021 yılında %10,59 düşük gerçekleşmiştir. 2020 yılında 2019 yılına göre %20,08 azalan dış hatlarda ticari sefer başına yolcu sayısı 2021 yılında ise 2019 yılı seviyesinin %12,53 altında gerçekleşmiştir.

Avrupa ülkelerinin 2019 yılına göre 2021 yılındaki trafik kayıpları incelendiğinde Ülkemiz, uçuşlarda %30 azalma ile Avrupa ülkeleri arasında yolcu trafiği kaybında 6. ülke konumundadır. 2019 ve 2021 yıllarındaki günlük ortalama uçak trafiği bazında İstanbul Havalimanı 2. Sırada ve İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanının ise 7. sırada yer almaktadır. Lisanslı teknik personel sayısına ilişkin detaylar Tablo 12 ve 13'te yer almaktadır. 2021 yıl sonu itibariyle toplam pilot sayısı 12.733 olarak gerçekleşmiştir. Yabancı pilot sayısının uçak ve helikopter pilot sayısı içindeki oranı %4'tür. 2021 yıl sonu itibariyle, 1.984 hava trafik kontrolörü, 422 dispeçer, 5.162 teknisyen ve 669 ATSEP olmak üzere diğer lisanslı teknik personelin toplamı 8.237'ye ulaşmıştır. ATSEP bakım lisansı, haberleşme (COM), seyrüsefer (NAV) ve gözetim (SUR) alanlarında düzenlenmekte ve ardından 250 saat işbaşı eğitimi alarak hak kazanılmakta ve her 5 yılda bir kontrollerin ardından yenilenmektedir. (DHMİ Strateji G.D.B. 2021).

Tablo 3 : Havacılık Sektöründe Türkiye’de Teknik Personel Sayıları

TEKNİK PERSONEL	2020	2021	% Değişim
Toplam Uçak Pilotu	9407	10525	11,9
Toplam Helikopter Pilotu	196	209	6,6
Hava Trafik Kontrolörü	1754	1984	13,1
Dispeçer	408	422	3,4
Teknisyen	4829	5162	6,9
Hava Trafik Gv. Elektroniği	595	669	12,4
TOPLAM	7586	8237	8,6

Kaynak : DHMİ Strateji G.D.B. DHMİ. 2021 Sektör Raporu s.13-33, DHMİ, Ankara 2021.

Ülkemiz sivil havacılık sektöründe, yolcu ve kargo taşımacılığı yapan 10 havayolu şirketi bulunmaktadır. Havayolu şirketlerinin 2003 yılında 162 olan uçak sayısı, 2020 yılında 554, 2021 yılında ise 558 olmuştur. Bu uçakların 525'i yolcu, 33'ü ise kargo uçağıdır. Havayolu filomuzun toplam koltuk kapasitesi 104.464, kargo uçaklarının toplam yük kapasitesi de 2.593.450 kg'dır. İç hatlarda 2003 yılında 1 havayolu şirketi ile 2 merkezden 26 noktaya uçuş gerçekleştirilirken 2021 yılsonu itibariyle 4 havayolu şirketi ile 7 merkezden 56 noktaya ulaşılmıştır. (DHMİ Strateji G.D.B. 2021).

Tablo 4 : Türkiye'deki Sivil Havacılık Şirketlerinin Uçak Sayıları

HAVAYOLU ŞİRKETLERİ UÇAK SAYILARI	2020	2021
Türk Hava Yolları	341	356
Pegasus Hava Taşımacılık	93	90
Güneş Express Hava Taş.	58	55
Onur Air Hava Taşımacılık	23	14
Turistik Hava Taşımacılık	13	15
Hürkuş Havayolları	8	8
Tailwind Havayolları	5	5
MNG Hava Taşımacılık	5	7
ACT Hava Yolları A.Ş.	5	5
ULS Havayolları Kargo Taşımacılık A.Ş.	3	3
AtlasGlobal Havayolları	16	0
TOPLAM	570	558

Kaynak : DHMİ Strateji G.D.B. DHMİ. 2021 Sektör Raporu s.13-33, DHMİ,Ankara 2021.

4. TÜRKİYE'DE UÇAK BAKIM ve ONARIM HİZMETLERİ (MRO)

“2018 yılındaki 1,88 milyar ABD Doları tutarındaki mevcut harcamadan 2025 yılına kadar Türkiye'nin MRO harcamasının 2,68 milyar ABD Dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de MRO talebi, tüm Avrupa MRO'sunun büyümesinden daha yüksek olarak %5,21 oranında gerçekleşmiştir. 2025 yılına kadar yıllık %3,05'lik harcamalar bir araya getirildi. 2025 yılına kadar Türkiye'nin yerel MRO pazarı

talebinin, Avrupa'nın tüm MRO hizmetleri talebinin %10'una yakın olacağı tahmin ediliyor.

2025 yılına kadar Avrupa'nın uçak gövdesi, motor, bileşen, modifikasyonlar ve hat bakım faaliyetleri gibi çeşitli MRO hizmetlerinden kaynaklanan toplam 28,0 milyar ABD Doları talep yaratacağı tahmin edilmektedir. Türkiye, hem uçak gövdesi hem de motor segmentlerinde ağırlıklı olarak dar gövde kategorisindeki mevcut MRO yetenekleri aracılığıyla artan Avrupa MRO talebinden yararlanabilir ve kendisini kategoride önemli bir MRO hizmet sağlayıcısı olarak konumlandırabilir.” (Aviation Turkey Mag. 2019)

Türkiye SHGM tarafından yetkilendirilmiş Türkiye'deki tüm onarım kuruluşları

A1 yetkisi (5700 Kg üzerindeki uçaklar) ve/veya C1 ila C20 yetkisi (bileşen onarımları) için yolcu uçağı bileşenleri için Tablo 5'te listelenmiştir. Turkish Technic ve My Technic Türkiye'de tam uçak bakım hizmetleri sunan tek MRO şirketleridir. Turkish Technic, Türk Hava Yolları iştiraki olarak hem yurtiçi bakım hem de üçüncü ülkelerde de bakım hizmeti vermektedir. Turkish ACT Cargo Airlines ve Chinese HNA Group'un ortak girişimi olan My Cargo da kurum içi ve üçüncü taraf bakımını ülkemizde gerçekleştiren şirketlerdir.

Onur Hava Technic ve ATS Ekibi, gövde (taban), hat ve bileşen bakımı sağlar

Atlasjet Havayolları tarafından bağımsız olarak kurulan ATS Team, İstanbul'da Isparta'daki MRO'da, gövde boyası dahil hat, taban ve bileşen onarımları sağlıyor. İstanbul ve Antalya'da bulunan Sun Express Teknik, hat kontrollerinin yanında komponent onarımları da yapabilmektedir. Total Technic, Türkiye SHGM, EASA ve FAA onayları kapsamında bileşenlerin bakımını gerçekleştirmektedir.

Bunlara ek olarak bazı iş jetlerine küçük bakım hizmeti veren şirketler de bulunmaktadır.

Türkiye'de sadece iki adet motor bakım sağlayıcısı vardır. Bunlar Turkish Engine Center (TEC) ve Turkbine'dir. Turkish Technic ve Pratt&Whitney arasındaki ortak

girişim olan TEC, CFMI'nin çeşitli alt tiplerinin ve IAE motor revizyonu sağlamak için 300 motor bakımlık yıllık kapasiteye sahiptir. Ayrıca, Turkish Technic ve THY arasındaki ortak girişim olan Turkbine, Zorlu Grubu, GE CF6-80C2 tipi uçak motoru hizmetleri vermektedir. Diğer tüm kuruluşlar, yalnızca şirket içinde veya üçüncü şahıslarda hat kontrolleri sağlayabilir ve uçak gövdesi bakımı yapmak için kurulu tesislerdir. (Yumakoğulları vd. 2015)

Motor bakımı özel eğitim almış ve uluslararası onaylı sertifikaları olan personeller tarafından yapılır. Bu bakımlar için gerekli altyapı, personel vb. şartların sağlanması da diğer tüm uçak bakımlarındaki gibi uluslararası kontrol, denetim ve onaylara bağlıdır. Bunu yapabilmek için altyapıları sağlamak önemli lojistik, personel ve bu personellerin eğitimiyle, kalite, işgüvenliği süreçlerini yapabilecek seviyede şirketlerin sayısı sınırlıdır.

IATA, International Air Transport Association, RFID'nın getireceği değişiklik konusunda bir çalışma yaptı. Bu çalışma sonucunda şu sonuçlara ulaşıldı.

- RFID etiketlemeye geçiş sırasında toplu okuma hızı doğruluğunda iyileşme olacağı beklenmektedir.
- Optik sistemlerde okuma ve veri doğruluğu oranlarının yüzde 90'dan düşük seviyede gerçekleşirken bu oranın RFID kullanılarak en az yüzde 99,5'e kadar yükseleceği tespit edilmiştir.

Tablo 5 : Türkiye’deki “A1” ve ”C” Sınıfı Hava Bakım Şirketleri

BAKIM ŞEKLİ	LİNE/HAT	BASE/GÖVDE	COMP./BİLEŞEN	ENGINE/MOTOR	Havalimanı	Şehir
Turkish Technic (TT)	■	■	■	■	SAW	İstanbul
My Technic	■	■	■	■	ESB	Ankara
Onur Air Technic	■	■	■		SAW	İstanbul
ATSTeam	■	■	■		IST	İstanbul
Asal Aviation	■	■	■		IST	İstanbul
MNG Jet Aviation	■	■			IST	İstanbul
Amac Aerospace	■	■			IST	İstanbul
AYJet	■		■		IST	İstanbul
Sunexpress Technic	■		■		AYT	Antalya
Pegasus Technic	■				SAW	İstanbul
MNG Technic	■				IST	İstanbul
Freebird Tecnic	■				AYT	Antalya
ULS Cargo Technic	■				IST	İstanbul
Corendon Technic	■				AYT	Antalya
Tailwind Technic	■				AYT	Antalya
MATS Technic	■				AYT	Antalya
Borajet Technic	■				IST	İstanbul
ACT Technic	■				SAW	İstanbul
Ak Aviation	■				IST	İstanbul
Korfez Aviation	■				IST	İstanbul
TDT Aviation	■				AYT	İstanbul
Arkas Air	■				ADB	İzmir
Sportif Air	■				ESB	Ankara
MGA Aviation	■				AYT	Antalya
Nurol Aviation	■				ESB	Ankara
Prima Aviation			■		ESB	Ankara
Goodrich/TT			■		AYT	Antalya
Total Aviation			■		IST	İstanbul
Turbine				■	IST	İstanbul
Pratt&Whitney/TT				■	SAW	İstanbul

Kaynak : Yumakoğulları vd. “Türkiye Havayolu Endüstrisinde Hava Trafiği, Filosu ve MRO Piyasasının Gelişimi.”, Kocaeli Üni. Sos. Bil. Der. Aralık 2015: c.30,s.31-50.

- Optik taramanın mümkün olmadığı veya pratik olmadığı durumlarda; operasyona ve yolculara daha fazla görünürlük sağlar.
- Altyapı ve takip verimliliğine destek verir.
- Sistemin uygulama devamlılığında hem satın alma hem de operasyonlarda maliyet düşüşleri olması beklenebilir.
- RFID tarayıcılar ve diğer donanım bileşenleri, optik tarayıcı eşdeğerleriyle karşılaştırıldığında elde edilecek sonuçlar itibarıyla maliyetin çok küçük bir parçası olmaktadır.
- RFID Etiket Kimliği ile ilgili bilgiler daha sonraki aşamalarda işlenmek üzere havayolunun Kalkış Kontrol Sistemine (DCS) anlık iletilme imkânı vermektedir. Bu da DCS esnasında bilginin sürekli kullanım imkânı sağlamaktadır. (IATA 2019).

5. UÇAK BAKIM ve ONARIMDA RFID KULLANIMI AVANTAJ ve KISITLARI

Havacılık-uzay bakım, onarım ve revizyon (MRO), özel olarak eğitilmiş personel ve ekipman kullanılarak düzenli bakım ve uçuşa elverişlilikle ilgili olarak hava araçları için sağlanan uçuş güvenliği ve hava araçlarının değerini korumak amacıyla yapılan hizmetleri ifade eder. Her uçuşun emniyetini ve bütünlüğünü sağlamak için uçaklarda sıklıkla MRO yapılır. Bir uçak, motor, dümen, kanat uçları vb. gibi birçok farklı bileşenden oluşur ve bu bileşenlerin her birisi için bir sonrasındaki MRO tarihinde gerçekleştirilecek süreçleri ve operasyon prosedürleri vardır.

5.1. Uçak Bakım ve Onarımda RFID Uygulaması için Genel Değerlendirme

Muayene ve onarım süreçlerinde, kâğıt olarak kaydı yapılması gereken ve süreçteki sorumluların, ilgili parça ve işlem sırası, numaralarının ıslak imzalı olması gereken onam formları mevcuttur. Buna karşılık üretim, onarım ve eski parçalar dahil tamamında etiketleme değişmediği sürece sadece bakım için bu tür bir sistemi uygulayan merkez için oluşan fayda sınırlı kalmaya mahkumdur.

Uçak Bakım yapan teknisyen ve mühendisler; planlı, plansız bakımlarda görev yapanlar, ilgili bakımlarla ilgili altyapı eğitimi, bilgi, tecrübe, dil yeterlilikleri olan ve yönetmelikler tarafından belirlenen zorunlu belgeler için gerekli eğitimlere sahip olan kişilerdir. Kısa zamanda hızlı karar alabilen, el becerisine yansıtabilen, okuduğunu doğru anlayan, gördüğünü anlama çeviren ve anladığını uygulayan, analitik düşünen ve teknik bakımlar esnasında risk analizi yerinde yapan kişidir.

Teknisyen ve mühendisler havacılığın tüm aşamalarında birlikte çalışmaktadırlar. Teknisyen, teknik bilgi ve beceri isteyen işlerde çalışan kişilere verilen unvandır. Teknisyenler lise, meslek yüksekokulu veya teknik okullardan mezun olurken, mühendisler üniversitelerin fakültelerinden mezun olmaktadır. Bu okulların ardından çeşitli akredite kurslarda eğitim alarak yetkinlik belgeleri sahibi olurlar. Hat bakım uçak teknisyeni; uçakların her seferi sonrasında rutin kontrollerini yaparak bulgularını ilgili bakımın prosedür kitabına göre düzeltici işlemleri yapan, uçağın havada ve yerde oluşabilen arızalara, arıza teşhis kitabı prosedürlerine, tecrübelerine ve yeteneklerine uygun şekilde yetkileri çerçevesinde önceden belirlenmiş işlemleri uygulayan teknik personellerdir.

Mühendisler hava aracı bakımında; EASA Part-M veya SHY-M Sürekli Uçuşa Elverişlilik Birimlerinde çalışırlar. Teknisyenler ise; Part-145 uçak bakım onarım kuruluşlarının Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) standartlarında bakım yapabilme yetkisiyle veya SHY-145 onaylı yani ticari hava taşımacılığında kullanılan her türlü sivil hava araçlarıyla, ticari hava taşımacılığında kullanılmayan büyük hava araçlarına ve herhangi bir motor, pervane, parça veya cihazına bakım hizmeti vermeye yetkilendirilmiş bakım kuruluşlarında görev yaparlar. Mühendisler Part-145 üretim planlama birimlerinde de görev yapmaktadırlar. EASA Part-M, sivil hava taşımacılığı yapan, uçaklarının uçuşa elverişliliği ve bakımlarıyla ilgili sorumluluklarını açıklar. Sürekli uçuşa elverişlilik yönetimi, ilgili kişi veya kuruluşların karşılamaları gereken koşullara bağlı ve SHY/SHT-M mevzuatına göre gerekli eğitim ve deneyime sahip teknisyenlerden oluşur. EASA mevzuatı açısından, teknisyen veya mühendis kavramı yerine; teknik yeterlilik ve deneyim konuları ön plana çıkar. Yeterlilik ve deneyim

koşulunu sağlayan bakım personeli, unvanının mühendis veya teknisyen olup olmadığına bakılmaksızın EASA Part-M veya SHY-M Sürekli uçuşa elverişlilik birimlerinde yani mühendislik birimlerinde çalışabilmektedirler. Vardiya sistemleri, yurtdışı görevleri, aile hayatlarının planlanması dahil güvenliğin hassas olduğu ve yağmur, soğuk, sıcak, gürültüde çalışılan ağır bir teknik meslek icra grubudur. (UTED 2020) (SHGM 2012)

2023 Yılı içerisinde IATA farklı ülkelerden çeşitli havayolu müşterilerine, otomatik tanımlama sistemleri konusunda anket göndererek sisteme karşı yolcu beklentilerini öğrenmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmaların üst düzeyde halen sürdüğünü göstermektedir.

5.2. Uçak Bakım ve Onarımda İnsan Faktörüne Bağlı Durumlar

RFID kullanımının sistemi otomasyona bağlı kontrol seviyesinde artış sağlayacağı için, yukarıda tanımlanan özelliklere sahip bir bakım işleminin insan faktörüne bağlı olduğu açık olduğu için insan faktörünün havacılık bakımdaki etkilerine bakmak gereklidir.

Bakım, havacılık güvenliği için esastır, ancak uygunsuz bakım, havacılık kazalarının ve olaylarının önemli bir kısmına katkıda bulunur. Bunun nedeni, bakım görevlerinin küçük bir yüzdesinin yanlış yapılması veya insan hatası nedeniyle atlanmasıdır. Otomatik sistemler giderek daha yaygın hale geldikçe, insanlar ekipman ve sistemlerin daha az doğrudan manuel kontrolü sebebiyle hatalarda azalma mevcuttur. Sonuç olarak, bakım, insan yeteneklerinin ve sınırlamalarının sistem güvenliği ve güvenilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceği, insanlarla teknoloji arasındaki doğrudan etkileşimin önemli bir noktası haline geliyor. Havacılıkta güvenliği ve güvenilirliği artırmak istiyorsak, bakımda insan faktörlerini anlamak her zamankinden daha fazla gereklidir. (Hobbs 2008)

Trinity College Dublin Psikoloji Bölümü'nden bir ekip tarafından, 4 büyük havacılık bakım şirketinde kalite, hat ve temel bakım bölümlerinde çalışanların da içinde olduğu yüzyüze görüşmelerin yanında 600 kişiden fazla cevap alınan bir anketle Uçak

Sevk ve Bakım Emniyet Sistemi (ADAMS:The Aircraft Dispatch and Maintenance Safety System) konusunda çalışma yapılmıştır. İnsan faktörünün kazalarda kritik bileşenlerinden birisi olduğunu sektör çalışanları da kabul etmiştir. Bu çalışmadaki önemli verilerden birisi de, uçak teknisyenlerin görev rolünün prosedürleri eksiksiz olarak takip etmek olmasına rağmen herkesin prosedürleri harfi harfine takip etmesi durumunda süreçlerin büyük ölçüde gecikeceğini kabul ediyor olmalarıdır. Bu da teknisyenlerin, fiziksel ve zihinsel durumun kazalarda etkili olduğunu gösteren çalışmalardan birisidir. (McDonald vd.2000)

İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS), Reason modeline dayanmaktadır ve başlangıçta ABD ordusundaki aksiliklerin araştırılmasına yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Bu metodolojinin devamı bir bakım uzantısı şeklindedir. (Human Factors Analysis and Classification System – Maintenance Extension : HFACS-ME), ABD Donanması tarafından havacılık olaylarını analiz etmek için de kullanılmaktadır. Bakım hataları kişisel, işyeri ve organizasyonel faktörlerin etkileşimini de yansıtmaktadır. Bakım teknisyenleri eylemlerinin sorumluluğunu almaya devam etmek zorundayken, bakım hatası tehdidini yönetmek, sistem düzeyinde bir yanıt gerektirir. Bakım hatasına giden organizasyonel tepki iki yol içerir. İlk olarak, organizasyondaki hata üreten koşulları belirleyerek ve bunlara karşı koyarak bakım hatası olasılığı en aza indirilebilir. Bu, tipik olarak, yorgunluk yönetimine, insan faktörleri eğitime, uygun araçların sağlanmasına dikkat etmeyi içermektedir. İkincisi, bakım hatasının azaltılabilecek, ancak asla tamamen ortadan kaldırılamayan bir tehdit olduğu kabul edilmelidir. Bakım personeli, havacılıkta benzersiz bir dizi insan faktörü ile karşı karşıyadır. Bakım teknisyenleri, işgücündeki diğer işlerin çoğundan daha tehlikeli bir ortamda çalışırlar. İş, yüksekte, kapalı alanlarda, uyuşturan soğukta veya bunaltıcı sıcakta yapılabilir. İş fiziksel olarak yorucu olabilir ve büro becerileri ile detaylara dikkat de gerektirir. Bakım teknisyenleri genellikle bir göreve hazırlanmak için onu gerçekten yapmaktan daha fazla zaman harcarlar. Dokümantasyonla uğraşmak önemli bir faaliyettir ve bakım mühendisleri genellikle bir kalemi tutmak için bir kalem tutarken harcadıkları kadar zaman harcarlar. İş, iyi iletişim ve koordinasyon gerektirir ancak gürültü seviyeleri ve işitme koruması kullanımı nedeniyle sözlü iletişim zor

olabilir. Çalışma, sıklıkla arıza teşhisi ve problem çözmeyi içerdiği için mantık yürütme, mantık için gerekli bilgi yeterliliği, kişisel beceri ve psikoloji önemlidir. (Schmidt vd. 1998)

Uçak bakım ve onarım işlemlerinde insan faktörleri, gerekli anahtar veya işlemi yapmak üzere yeteri seviyede düzen ekipmanı eksikliği, bakım esnasında geriye kurulum gerektiren veya görme zorluğu içeren tasarım düzenleri, benzer görünümlü tesisat ve bağlantılar, rutin iş yapıları, yeteri düzeyde birleşik teknik bilgi ve tecrübe eksikliği gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır.

Eastern Airlines L-1011-1983 , Japan Airlines Boeing 747-1985 , Aloha Airlines Boeing 737-1988 , British Airways BAC-111-1990, Air Midwest, Beech 1900D-2003 uçak kazaları bakım esnasında insana dayalı olarak gerekli prosedürlerin tam olarak yapılmadığı ve oluşan bakım eksikliklerinin neden olduğu kazalardır. (Roberts 2022) (Thorne A. 2007)

Bu meslek alanında insana bağlı oluşan hatalar şunlardır;

- Bakım yapılan alan gürültülü ve yüksek ses içerikli bir alandır. Bu sebeple iletişim eksikliği oluşabilir.
- Rutin faaliyetler, bunların rutin olarak görüldüğü için olağan hale geldiği tehlikeli durumlardır. Bu tamamen olağan hale geldiğinde, operatörler çoğu zaman rehavete kapılırlar ve boyutu ne olursa olsun bir jet motorunun çalışması sırasında ortaya çıkan gerçek tehlikeleri (aşırı sıcak egzoz, dönen türbin kanatları, türbin tehlike alanları vb.) unuturlar.
- Denetimden gelen baskı nedeniyle deneyim ve bilgi kapsamı dışındaki görevleri yerine getirmeye zorlanırlar. Güçlü ve baskıcı kişilikler genellikle daha çekingen ve yumuşak başlı insanları korkutur ve becerilerde dengesizliğe neden olur. Bu da takım çalışması eksikliği yapar.
- Çeşitli dikkat dağıtıcı faktörler. Eğlence içerikleri, kişisel mesajlar vb
- İnsanların, gerçekte ne kadar yorgun olduğunu hafife alması ve yorgunlukla başa çıkma yeteneğini yanlış değerlendirme eğiliminde olması.

- Teknisyenler genellikle hangi araçların gerekli olduğuna bakılmaksızın görevleri tamamlamaya zorlanırlar, çoğu zaman gözetim altında “ onlara eski parçaları kullanmalarını asla söylemedik ” uyarısıyla göz yumarlar .
- Hızlı tempolu, teknik olarak yoğun, fiziksel olarak zahmetli ve büyük kişisel sorumluluk taşıyor. Aile talepleri, finansal zorluklar ve hatta kariyer hoşnutsuzluğu, bir kişinin ruhunu zedeler ve yargılama hatalarına, sağlık sorunlarına, karamsar kişiliklere, konsantrasyon eksikliğine vb. yol açar.
- Havaalanları, hareketlilik dolu bir görünüm verse de, bir MRO'da durum her zaman böyle değildir. Bazen büyük merkezlerde bile teknisyenler kendilerini tesisin uzak kısımlarında izole edilmiş halde bulabilirler. Elbette bu gerçek izolasyon, birçok insanın herhangi bir zamanda içinde bulunduğu zihinsel izolasyonun fiziksel tezahürüdür.
- Teknik konularda tecrübeleri işlerini daha verimli ve etkin yapmak için faydalı ancak şekilsel alışkanlıkları yüklenmek içinse zarar verici olabilir. (NATO RTO March 2001)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UÇAK BAKIM ve ONARIM ŞİRKETİNDE RFID TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN UYGULAMASI

1. HAVACILIK ŞİRKETİ GENEL DURUMU

İki yıllık pandemi dönemi belirsizliklerinin ve oluşturduğu kargaşanın ardından, havacılık endüstrisi on yıllık bir büyüme için altyapı ve personel olarak hazır gibi görünüyor. Ancak, talepte istikrarlı yıllık artışların yaşandığı son on yılın aksine, önümüzdeki 10 yıl, endüstrinin dayanıklılığını test edecek çok sayıda farklı zorluklardan oluşması beklenmektedir. Sınır ötesi kurallar konulurken, uluslararası seyahat için en büyük engel, pandemi süresince aşılama kapsamı arasındaki eşitsizlikler ve değişik yaklaşımlar oldu. Bu durum, video konferans ve insanların yüz yüze olmadan da iş yürütebileceklerine dair artan bir farkındalıkta da etkili oldu. Öngörülebilir gelecekte, hem ağır kayıpların toparlanması hem havayolu karlılığına hem de iş toplantılarındaki büyümeye de sınır koyma eğilimindedir. Ancak daha düşük olsa da uzun vadeli kurumsal taleplerin potansiyelleri ve dünya dengelerindeki değişimin tekrar kurulması adına yapılacak yoğun bir yapılanma talebi olacağı tahmini de mevcuttur. Buna rağmen 2025 yılı sonuna kadar pandemi öncesi ciroları MRO sektörünün yakalaması şimdilik zor görülmektedir. (Brian Prentice vd. 2022)

Havacılık endüstrisini üç ana boyutu vardır. Hava trafiği, Filo ve Bakım.

Uçak bakımı, uçakların korunmasını, incelenmesini, elden geçirilmesini ve onarılmasını ve parça değişimi içerir. Bir uçakta bakımın amacı, uçuşa elverişliliğini belgelemektir.

Bu ana üç bileşenin bir ayağı olan MRO sisteminde, Bakım , bakımın güvenilirliği, standartları, ortalama arıza süresi, bakımlar arası süre, bakım kolaylığı önemlidir. Bakım dört ana bölümden oluşur.

1- Gövde: Base

2- Motor: Engine

3- Bileşen :Component

4- Hat : Line (ARSA 2014)

Çalışması yapılan havayolu şirketinde 850'si uçuş olmak üzere 1200 toplam personeli olan 16 uçakla yurtiçi ve yurtdışında hizmet veren, 500 milyon USD cirosu olan havacılık şirketinin 2008 yılında kurduğu bağımsız teknik bakım şirkettir. Türkiye, Avrupa ve Orta Doğu'da 10'dan fazla lokasyonda 100'ün üzerinde teknisyenle toplamda 400'den fazla çalışanı ile 20'den fazla havayoluna hizmet veren 50 milyon cirosu olan bir bakım şirkettir. Çeşitli şekillerde kullanılan toplam kullanımı 300 m² alandan, 517 m² depo alanına ve 300 m² hizmet alanına taşınması planlanırken bu çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma yapılırken, 100'den fazla ülkeden satın alma yapan, 12 153 çeşit, 650 255 adet toplam parça ve % 10 sirkülasyonla çalışan bir şirkettir.

2. MRO'da RFID KULLANIM KISITLARI ve AVANTAJLARI

Her projenin teknik, sosyal ve mali fizibilitesi vardır. Projenin yapılma kararının yanında, kararlılıkla sürdürülmesi, eksikliklerin çözüme yönelik olarak ele alınması, uygulayıcı personelin dahil edilmesi, alışkanlıklarının ve genel prosedür dışı olan şirket içi uygulamaların bilinmesi önemlidir. Bakım personelinin doğru müdahalesi olmadan havacılık, demiryolu ve deniz taşımacılığı ve tıp gibi karmaşık teknolojik sistemlerde kullanılan ekipmanlar, verimliliği ve güvenliği hızla tehdit edecek bir güvenilmezlik düzeyine sürüklenecektir. Bakımın sistem güvenilirliğine bu katkıyı sağlayan insan faktörü aynı zamanda sistem arızasının da önemli bir nedenidir. Bu sebeple otomasyona tabi tutmak için yaşayacağımız avantajların yanında çözüm için yapılacak müdahalenin daha büyük problem oluşturmaması gereklidir. İnsan, süreç, prosedür ve teknik sistem uyumu uygulama alanında ve zihinsel açıdan sağlanmalıdır.

2.1. Kullanım Kısıtları

- Havacılıkta tüm işlemlerde bunu yapan kişi ve birimin ıslak imzalı evrak tutma mecburiyeti oluşturan uluslararası standartlar.
- Bakım esnasında, gaz, metrik, sayı ile ölçülebilen bakım farklılığı sebebiyle kullanım miktarının yine de elle işlenme mecburiyetleri,
- Bakım süreçlerinde planlanma haricinde ara süreçlerin ve uçaktan uçağa parça değişiminin söz konusu olması durumunda planlanan etiketleme, dijital otomasyon zincirinin kopukluğunun oluşması.
- Bu sebeple bu yapının, sistemin parça üreticisinden, bakım şirketlerine kadar uygulanması durumunda ancak maksimum performans alınabilmesi gerçekliği sebebiyle bakım şirketi içinde bulunmayan her parçanın etiketlenme durumu ve bunun üretici firmanın etiketlemesiyle uyum sorunu,
- Aktif rfid etiketlerinin avantajının yanında, havacılık frekanslarını etkileme riski sebebiyle havaalanı otoritesi tarafında yaşanan endişeler,
- Uçak içinden pilotlardan alınacak bakım talimatlarının sisteme girişinin yapılması gibi ara giriş noktalarında görev emri giriş noktalarının oluşması
- Teknisyenin uçak genel bakımı esnasında çıkabilecek küçük bakımları için sisteme giriş süresinin işlemiden uzun olması ve bu tür küçük bakımların sayısının fazlalığı durumunda bu giriş işlemlerinin angarya olarak görülmesi
- Havacılık ve muhasebede kullanılan diğer yazılımlarla uyum problemleri, ara yazılım gibi sistem yavaşlatıcı çözümlere gerek duyulması.
- RFID etiket standartlarının havacılık sektör şartlarına uygun özel olarak yapılmıyor olması,
- Ve çalışma alışkanlıklarına ilişkin dezavantajlar mevcuttur.

2.2. Kullanım Avantajları

- İnsan faktörü hatalarını azaltarak, tüm bakımın süreç bilgisine otomasyon dahilinde sahip olunabilme avantajı.

- Tüm evraklar zaten taralı veya fotokopi çekilmiş şekilde korunmaktadır. Bu sebeple dijital evrakların otomatik oluşturma avantajı,
- Ara bakım durumlarındaki komponent ve parça değişimlerinin ömür sürelerini otomatik takip etme,
- Planlı bakımlarda hazırlanan görev emirlerine uygun malzeme ve ekipman hazırlığı süresi kısaltma, bakıma gidilen alanda eksiklikleri önceden engelleme.
- Teknisyenlerin iyi niyetli bakım malzemesi ve alet/edavat ekipmanı bulundurma alışkanlıklarını gözlemlene ve böylece optimum malzeme kullanımı sağlanması.
- Teknisyen hafızası ve diğer takiplere ihtiyaç duyulmadan uçakların ve parçaların süreç ve uçuş şartlarının dijital takibi,
- Gürültülü ortamdan iletişim eksikliğinden doğan hataların azaltılması
- Sisteme işlenen bakımın parçanın özelliklerine göre eksiksiz yapıp yapılmadığının kontrolü

Bunlara ek olarak, Havacılık İç kontrol çerçevesinde yer alan 1) uygulama politikaları , 2)uygulama prosedürleri , 3) izleme ve iletişim faaliyetleri , 4) personel bazlı hareket standartları ve 5) şirketin mali çerçevesinin bütünlüğünü açısından zaman kaybetmeden yanıt verebilirliğini koruyabilecek girişimleri destekliyor olması. Bunun için;

- İşlemlerdeki bilgi akışının kolayca izlenmesi
- Uçak Konfigürasyon Yönetimine destek vermesi
- Montaj sırasında ve görüş hattı olmadan parça tanımlaması
- Merkezi geçiş noktasında paketlenmiş parçaların otomatik tanımlanması
- Eksiklik ve son kullanma tarihi için periyodik kontroller
- Lojistik süreçlerin desteklenmesi, Bakım süreçlerini desteklemek, Yaklaşan parçalar hakkında proaktif bildirim
- Bakım hazırlığı için ve ardından yapılan bakım süreçlerinde zaman tasarrufu
- Parça proseslerinin standardizasyonu

- Parçaların işlenmesini ve belgelenmesini basitleştirme, teslimat noktalarında hızlandırılmış makbuz
- Kalite ve sertifika kontrollerinin basitleştirilmesi, kağıtsız süreçlerin desteklenmesi ve teşvik edilmesi
- Teknisyenlerin hesap verebilirlik takibi

Sağlayabilir dijital ve veri analizi altyapısı sunmasıdır.

3. RFID TABANLI SÜREÇ YÖNETİM MODELİNİN UYGULAMASI

MRO içerisinde, iş emirleri ve taleplerini, çalışma çizelgelerini, koruyucu bakım görevleri ve çizelgelerini, varlıklar, envanter ve yedek parçalar, ekipman durumlarını izlemek ve yönetmek için olan süreçleri içermektedir.

Geleneksel RFID destekli kurumsal çözümler üç katmandan oluşur: RFID etiketlerini ve okuyucularını içeren fiziksel katman, veri yakalama katmanı yani ara katman yazılımı ve kurumsal uygulama planı katmanıdır.

Çalışmamızda öncelikle devam eden prosedürel durumun akış şemasını çıkarıldı.

Bizim senaryomuzda hali hazırda devam eden süreçler ele alınarak buradaki insan faktörünün alışkanlıklarına fazla müdahale edilmeden otomasyona tabi hale getirilerek elde edilecek faydalar sonrasında verimliliğin artırılması amaçlandı.

RFID etiketlemeye uygun ve ıslak imzalı olmak zorunda olan evrakların çıkarılarak imzalanmasını sağlama adına, iş akışları içerisinde basılı çıktı alınma noktaları eklendi.

Bu yeni akış planında eksiklikler yazılarak bunların giderilmesi için havacılık otoritelerinden daha kapsayıcı çözüm ihtiyaçları çıkarılmıştır.

Planlanan uygulama, ara katman yazılımı ve kurumsal sistemler arasında bir veri konektörü görevi gören entegrasyon platformu içeren bir RFID çözümünü açıklamıştır. Yeni sistemde kişilere bağlı prosedürlerin otomasyona tabi tutulması, iş yapmanın rahatlatılması sonucunda iş akışından alınan verilerin envanter sistemine aktarılması ve

muhasebeleştirilmesi de amaçlanmıştır. RFID sisteminin çalışması için planlanan yazılım katmanları çıkarılmış, burada elde edilen veri yakalama katmanı ile kurumsal yapıda kullanılan muhasebe sistemi arasından uygulama katmanı arasında ek bir bilgi entegrasyon katmanı olarak ara yazılım mecburi olarak düşünülmüştür. RFID ağı ile iş uygulaması arasındaki bilgi akışını yöneten, RFID ağından toplanan verileri kullanarak RFID sisteminin durumlarını çıkarabilen bir entegrasyon sistemi yazılım içerisinde geliştirilmiştir. MRO izleme ve izlemede kapsamlı RFID olay yönetimi ve senkronizasyonu bakım şirketi için geçerli olurken, envanter sistemi planlaması ve muhasebeleştirme ortak bir kullanım olarak entegrasyon amacıyla düşünülmüştür. Çalışmaya başlanmadan önce havacılık yönergeleri, standartlar ve literatürde daha önce yapılan çalışmalar ve yayınlar incelenmiştir. Daha önce başarısız olmuş çalışmalar hakkında ve hali hazırda kullanılan yazılımlar hakkında bilgi alınmıştır.

3.1. Durum Tespiti ve Devam Eden Süreç

610 bin adetten fazla malzeme ve 10 bin 500 den fazla ürün çeşidi mevcut olduğu hali hazırda kullanılan envanter sisteminden tespit edilmiştir. Bu ürünler çizgili barkod sistemiyle envanterize edildiği görülmüştür. Bu ürünlerin, günlük yüzde 10'dan fazla sirkülasyonu olmadığı ifade edilmiştir.

Tablo 6 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Envanter Kayıt Sistemi Tablosu Ekran Görüntüsü

	A	B	C		E	F	G	H	I	J
	Malzeme	Malzeme	Mal	Mal grubu	Parti	DpYr	UY	DNo	Depoadr.	Toplam
1	357453	LNG	L018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	CS 55		39
2	357543	L N NG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	CS55 3		27
3	357621	LN NG	L018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	CS 56		52
4	357625	LNG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	C\$ 55		38
5	357656	LNG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	103	CS 56		46
6	357650	L N NG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	CS 56		30
7	357651	LNG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	CS 55		116
8	357652	LNG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	103	CS 56		82
9	663466	663466	1.001	EXPENOA5.E	1101	1100	100	CS 14		9
10	2605081	PACK NG	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	100	CS 55		3
11	2612338	W ⁵ ER	1.018	BRAKE UNIT	1101	1100	103	CS 55 Al		6
12										

Kaynak : Yazar tarafından ekran görüntüsü olarak fotoğraflanmıştır

Süreçleri incelenmiş, ilgili kişilerle yerinde görüşülmüş, teknisyenler iş başında görülmüştür. Mali, teknik ve sosyal fizibiliteye uygun sadeleştirilmiş bir yapı çıkarılmaya çalışılmıştır,

Yürüyen iş akışını, depodaki ürünlere ve teknisyenin yaptığı işe bağlayacak bir sistematik kurulmaya gayret edilmiştir. İş akışında rahatlamalar planlanmış, proseürel işlerde azalma amaçlanmıştır. Yapılanın görülmesinin ardından, sistematik devam ederken, personelin daha fazla talepler olacağı açıkça görülmüştür. Çalışma yapılırken olacak yeni talepler için, yazılım yapılırken algoritmada bir öngörü planı yapılmıştır.

Hali hazırdaki problemlerin başında envantere tam hakim olunamadığı depo kontrolünden net biçimde anlaşılmıştır.

Yer darlığına bağlı olmak üzere depolama ve lojistik hareketleri açısından da sorunlar yaşanmaktadır.

Hali hazırdaki sistemde, kayıt sistemlerinin ilk girişleri hariç olmak üzere, manuel kayıt yapılan ve kağıt üzerinden takip sistemleri çoğunluktadır. (Kanuni mecburiyetler sebebiyle olanları da var). Malzeme tedarik ve kullanımı konusunda, ürün, teknisyen ve uçakların durumları konusundaki birtakım işler için lokal çözümlerle ve kişi hafızasına bağlı şekilde yürümektedir. Yaşanan problemlerde tecrübelerle bağlı karar alınmaktadır. Koordinasyon işleri kişisel takip üzerinden şeflerin insiyatifinde yürümektedir. Yoğun evrak trafiği, raporlama vb. işlemleri word, excel programlarında herhangi bir ilişki ağı veya veri istatistiği olmadan yapılmaktadır. Yerel bir yazılım olan Vings programı üzerinden yürüyen süreçler kısıtlı düzeyde beklentileri karşılamaktadır. Eksiklikler manuel olarak çözülmektedir. Bugüne kadar iyi niyetli ve gayretli kişi ve kurumlarla düzenlenmeye çalışılan çeşitli projeler yapılmaya gayret edilmiş. İş süreçleri ve yapılan işler anlatılırken sadeleştirme yapılmadığından, taleplerin mantık ağları çıkarılmadığından dolayı proje yapımcısı olan dinleyenler için karışık hal alan bu talepler, çözümlerin algoritmalarının yazılmasını da zorlaştırmıştır. Depo yönetimi hakkında, varolan standart çözümleri olan yazılımlar için ise uygulanan sistem kendi hazır formatlarına uymadığı için çalıştırılamamıştır Bu başarısız girişimler çalışanlarda yenilik adına güvensizlik oluşturmuş, yönetsel olarak değişimde kararlılık sergilenmesi engellenmiştir.

Çalışmamızda hedeflenen çözüm, hali hazırda yürüyen süreçleri içermeli ancak getirdiği düzenlemeler alışkanlıkları ve iş süreçlerini aksatıcı sonuçlar oluşturmamalıdır. Çalışanları demoralize etmemelidir. Depo süreçleri, akım şemaları kanuni süreçleri karşılamak ve çalışanların işlerini kolaylaştırmak üzere kurulmuştur.



Fotoğraf 4 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Eski Depo Görüntüleri

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

Kanuni süreçlerin, iş akışlarındaki kurgu ile iç içe geçmiş yapısı, yazılımın herşeyi dijitalleştirme algısı ile birleşememiştir. Algoritmik temelin döngüsü için, çalışanlar tarafından yapılan “work order”ın dijital olarak yürümesinin mümkün olmadığı fikriyle vazgeçilmiştir.

Daha önce uygulanan barkod vb süreçlerde ise SAP entegrasyonları ve barkod oluşturma, okutma zorluklarının zaman alması gibi aksaklıkları sebebiyle sistem çalışmamıştır. Birçok firma ile görüşmelerin ve yapılan çalışmaların olumsuz sonuçlanmasının sebepleri de çalışanlar tarafından aktarılmıştır. Bunların tamamı dikkate alınmıştır.



Fotoğraf 5 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Deposunda Çizgili Barkod Sistemi

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

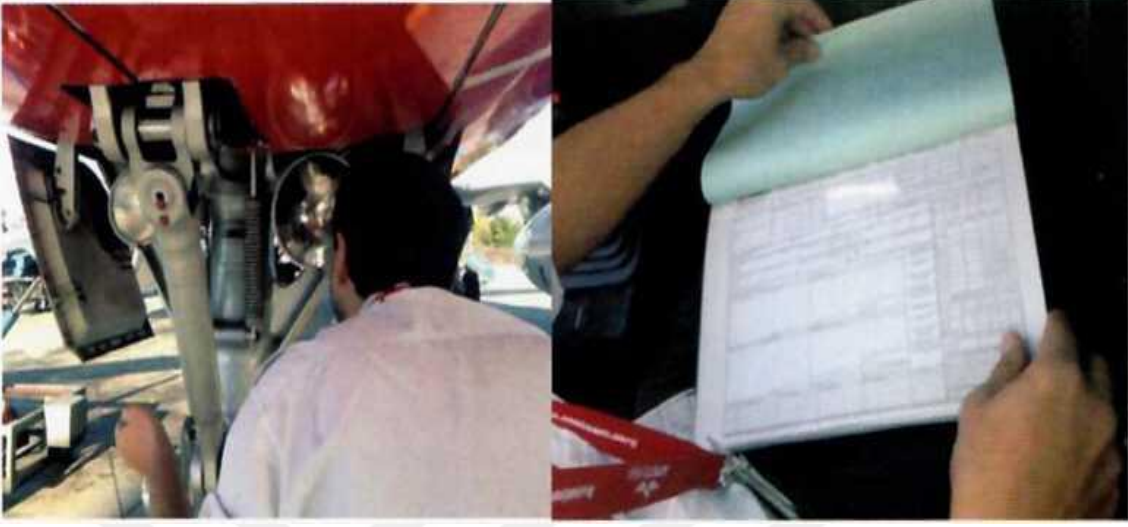
Daha önce yapılması planlanan ve yapılamayan işlerle ilgili olarak, mesleki yeterlilikler, karşılıklı tarifler, otomasyona uygun mantık zincirleri kurulması konusunda hatalar karşılıklı olarak toplantılar yapılarak gözden geçirilmemiştir.

Buna ek olarak, genel yaklaşımlı yazılım ve çözümler, uygulamalar için anlık düzenlemeler getiriyorsa olsa da uygulamalar göstermişti ki; iş hacminin genişlemesi ve çeşitlenmesi durumunda tam ve uygun çözümler içermemektedir. Genel işleyiş harici tariflenen standart dışı yaklaşım sayılarının fazlalığı da bu düzenlemeyi yapılamaz kılmıştır. Bunun üzerine ellerinde çeşitli hazır yazılım olan firmaların, kendilerinde yeralan ürünleri buradaki işleyişe adapte etmeye çalışılması da verimli olmamıştır.

Daha önceki projelendirme çalışmalarında, istenenler çıkarılmış ancak istisna tanımlarının da yeni çözümde mutlaka olması talepleri tam bir çözüm sağlanamayınca asgari şartların tespiti zorlaşmıştır. Çalışan kişiler, problemleri ve akış süreçlerini tariflerken havacılığa özel terim, çalışma durumu vb. aktarımları konusunda sorulara “bilgisizlik” olarak yaklaşarak işin çözüme kavuşturulması adına bilgi aktarımlarını vermek yerine çözüme kavuşturmanın zorluklarını göstererek direnç oluşturmuşlardır. Havacılık alanındaki standartlarla anlattıklarını, yazılımcılar önce kendileri anlayacak ve ardından yazılım yapacakları analiz şekline dönüştürmeleri

gerekecektir. Buna ek olarak, teknolojik imkânların nerede otomasyona tabi olması gerektiği doğru tespit edilmelidir. Bu yalnızca bir yazılım planlaması değildir. Bunlara uyulması gerekli kanuni süreçlerde eklenince, ayıklanması ve mantık zincirinin iş zincirine oturtulması, sürekliliğinin sağlanması zorlaşmaktadır. Daha önceki yazılım çalışmalarında, mesleki terim fazlalığından kurtulamayan anlatımlar, yazılımcılar tarafından sadeleştirilememiş, gereken yerde teknolojik altyapı kullanılmasını engellemiştir. Yazılımların otomasyon ilişkileri için teknolojik altyapı ile çalışma süreçleri irtibatlarını kuracak firmalar tarafından kurgu yapılamamıştır. Süreçle ilgili çözümler; işe ve alışkanlıklara yönelik fizibiliteler eksik yapılırca, sadeleştirilmiş algoritma tabanı işlememiş ve sistem en baştan kurgu hataları içerdiği için önceki çalışmalar neredeyse hiç başlamadan vazgeçilmiştir.

Önceki çalışmalarda, iş süreçlerini yaşayarak elde eden kişilerin tarifnameleri, her defasından daha önce unutulmuş yeni bir bilgiyi veya akışı daha içerecek şekle dönüşünce; eklemelerin sürekli yeni birleştirmeleri içermesi mantık zincirinin ve dolayısıyla eldeki veya planlanan yazılımın ilişki ağının kopmasına yol açmıştır. Kanuni mecburiyet ve iş çözümleri üzerine, tecrübeye dayalı olarak yürüyen sistemde evrak üzerinden çözümleme yapmak da mümkün olamamıştır. Yönetimsel talepler ile iş akışındaki problem çözüm talepleri ve çalışanların diğerlerine angarya yükleme sonucu hazır bilgi beklentisi de işi zorlaştırmıştır.

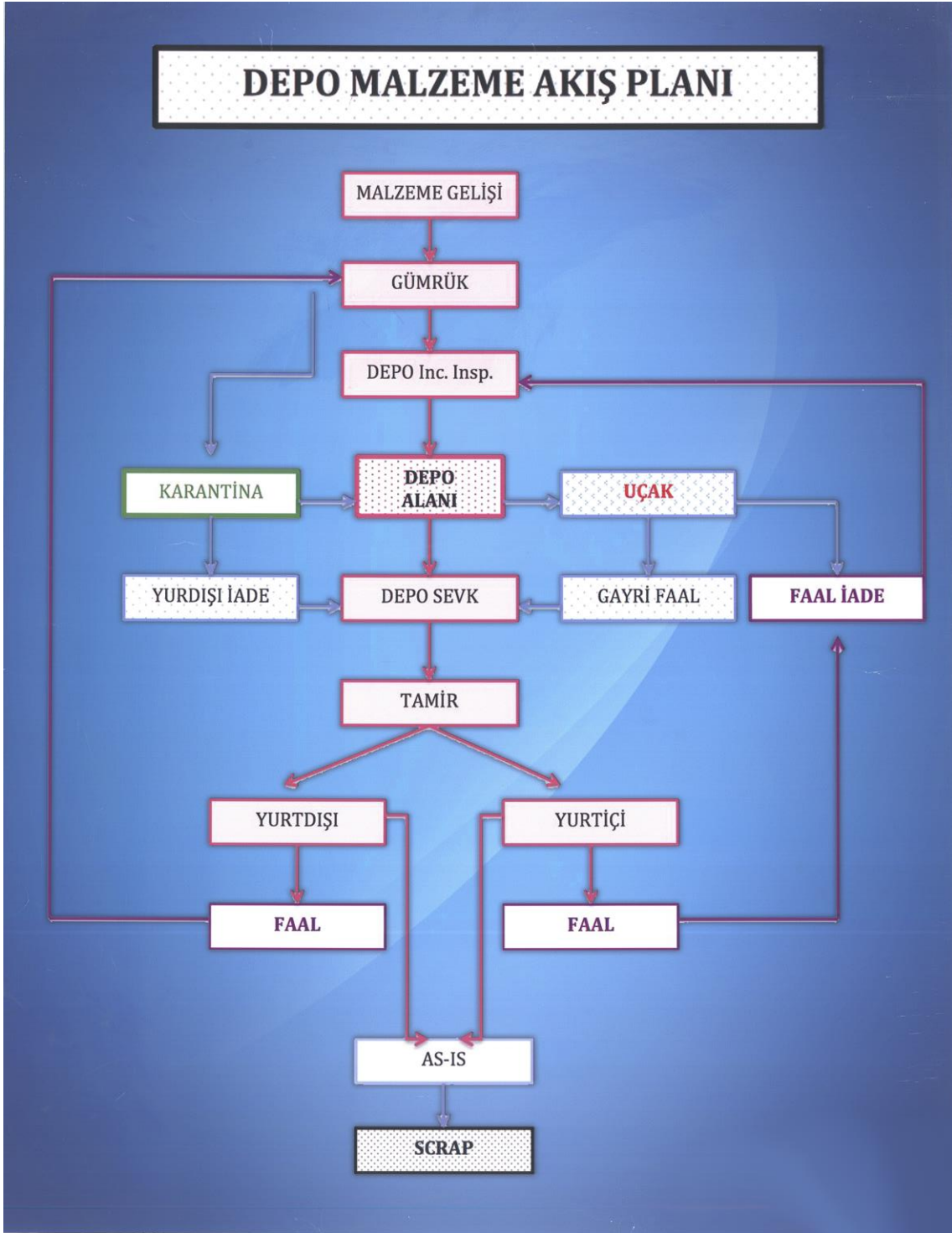


Fotoğraf 6 : Teknisyen Hat Bakımı Esnasında Çalışırken

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

Mevcut Sistem sonraki sayfada yeralan depo akış şemasında görülmektedir. Esasında yürüyen sistemin birçok aksaklığı olmasına rağmen alışılmış şekilde yürüdüğünden ezberlerin oluşturduğu rahatlık, kişisel hakimiyetler sebebiyle korunmaktadır. Halihazırda devam eden süreçte, ürünler alımı yapıldıktan sonra depoya gelmektedir. Gelen evraklar üzerinden bilgiler girilmektedir.

İlgili evrak ile birlikte SAP'ye girişleri yapılmaktadır. S.US. formu üzerine ilgili veriler elle girilmektedir. Daha sonra ürün depodaki uygun alana kaldırılmaktadır. Teknisyenlere görev emri geldikçe ürün teslimi yapıp, teslimler yazılı evraka işlenir. Teknisyen de bakım sonrası tekrar yazılı süreçlerde bunları işleyerek imzalamaktadır. Uçak içi gereklilikler de şeflik, teknisyen talebine uygun oluşturulmaktadır. Depo süreçleri de manuel olarak bilgisayara işlenmektedir. Bakım süreçleri bu şekilde devam etmektedir.



Şekil 4 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Depo Akış Süreci

Kaynak : Yazar tarafından hazırlanmıştır.

3.2. Amaçlanan Yeni Süreç

Depo'ya Giriş'te SAP'ye entegre bilgiler girilecek. Serviceable-Unserviceable Formu ve Serviceable TAG Formu (S.US ve SARF FORMU) yeni sistemden çıkarılan etiketleme ile yazdırılacak. Böylece malzemeler RFID etiketleriyle depodaki yerine konulacak. Bakımdan gelmiş olanların tekrar sisteme dahil edilmesi, hurdaya ayrılması veya uçaktan sökülerek yeni gelenlerin tamir için ayrılma işlemi de buradan giriş süreci işletilecektir. Malzeme etiketlendiği andan itibaren RFID okuyuculu ve konveyörlü bant sisteminden depoya otomatik girişi yapılacaktır. Bu sürede olmadığında veya giriş yaptıktan sonra izinsiz çıkışlarda yazılımda da görülecek şekilde alarm verecektir. Depoya giren ürün raflardaki yerine konulacaktır. Bu aşamada gerekliyse, raf veya raf koridorlarına da okuyucu konularak ürünün son noktaya kadar bulunduğu yer görülebilir, sayımı yapılabilir olacaktır. Bakım talebi geldiğinde, “Planlama” İş Emri Formunu (Work Order) Yazacak. Eğer plansız bakım veya uçaktan uçağa parça durumları için “Şeflik ve Teknisyen” elindeki mobil terminalden ‘İş Emri’ yazabilecektir. Böylece bilgi dijitalleşecektir.

Planlama veya şeflik, iş emrini teknisyenle ilişkilendirecek veya teknisyenin açtığı iş emrini onaylayacak. Şeflik onay verince teknisyenin el terminalinde yapılacak işlem veya gerekli malzeme listesinin taslak şekli görülecektir. Depo programında da teknisyenin adı iş ve iş için gerekli malzemelerle birlikte görülecektir. İşleme ait süre ve detay bilgiler böylece sistemde devam eden iş emri olarak başlayacaktır. Teknisyenin iş bitimi işleyince de, iş emri formundaki ilgili yerlere adı, kullandığı malzemeler, bakım yapılan uçak, tarih, süre gibi bilgiler işlenecektir. Bu imzalanmak üzere ofiste bilgisayar sisteminden çıktı alınarak imzalı hale getirilerek dosyalanabilecektir.

Bu süreçlerde mecburi dijital olarak yürüyecek ve çıktıları imzalanacak olan formlar

- İŞ EMRİ FORMU
- S.US (Serviceable-Unserviceable) - SARF FORMLARI
- DEPO ALDI-VERDİ (İRSALİYE) RAPORU
- ÜRÜN SİPARİŞ TALEP FORMU olacaktır.

İş Emri (Work Order) üzerindeki boş kısımlar, yapılan işlere göre otomatik olarak girilip, en son yine planlamanın onayına gelecek. Planlamanın yapılan işe ve kullanılan malzemeye onay vermesinin ardından, ilgili depo programından ve ara yazılımlarla irtibatlı (SAP vb.) olarak muhasebe kayıtlarından düşecektir.

Kurulan RFID sistem yazılımı, ‘İş Emri Formu’ üzerinden ve depodaki malzemelerin kayıtlarının otomasyonu üzerinden yürüyecektir. İş emirleri, oluşturulan otomatik tarih ve numaraya göre kişiler, uçaklar, günler vb. detaylara göre takip edilmesi mümkündür.

İş Emri Formunda yeralan bilgiler ve dışardan eposta, faks vb. yollarla gelen tüm iş emirleri, Planlamada kontrol ofisi üzerinden RFID okuyuculu program içerisine dijitalleştirilecektir. Bu sebeple, Aircraft Reg., Customer Ref., Work Dese. vb. bilgiler önceden planlamadan girilecek, (daha önce standardize ettikleri şekilde işleyecekler). Zamanla gelen iş emirlerine göre üzerinde bulunması gerekli ekipman listesi ve hazırlaması gereken ortam veya dikkat etmesi gerekli özel durumlar da sistem tarafından teknisyene el terminali veya mesajla iletilecektir.

Yapılacak iş emri, teknisyen ile eşleştirecek. Depodan aldığı liste, iş emrinin altına eklenecektir. İadeleri, depoya geri getirerek listeden düşmesi sağlanacaktır. Varsa ziyan olanlar ve tamir için getirilenler depo girişte işlenecektir.

Planlama onaylayınca, depo programından dolayısıyla muhasebe kodlarına göre yazılıma otomatik olarak işlenecektir. Planlamamanın muhasebeleşme ve bakım sürecini geciktirmemesi için tüm sürece hâkim kişilerden seçilmiş olması gereklidir.

3.3. Yeni Akış Şemasının Detaylı Açıklaması

Depoya gelen ürünlere ait bilgiler, satın almanın ve ana şirketin muhasebe işlemlerinin yapıldığı SAP’ye girişleri yapılarak depo sistemine dahil edilmektedirler.

Daha sonra elle yazılan son kullanma tarihi, geliş tarihi, serial no vb. girişlerin yapıldığı “Serviceable-UnServiceable” formu da depo programı (SAP ile entegre olarak) üzerinden girilen bilgilerle çıkarılan etiketlemeye tabi tutulacaktır.

Burada bu girişler ayrı ayrı kişiler tarafından 3 ayrı bilgisayarda dijitalle aktarılabilecektir. Birinci bilgisayarda ilk girişi yaparken, ikinci bilgisayarda etiketleme ve gruplama için geri kalan bilgileri girebilecektir. Üçüncü bilgisayarda da kontrol ve onay işlemlerini yaparak planlamanın ön ofisi görevi göreceklerdir.

Burada, malzemelerin satın alınma süreçlerinde yeralan ve üzerinde belirtilen tüm bilgiler, bu bilgisayarlarda depo programına dolayısıyla SAP üzerine girilecektir.

SAP’de son kullanma tarihleri bilgisi ve son kullanma tarihi geçen ürünlerle ilgili depo programında haftalık/aylık uyarı olarak görülebilir olacaktır. Depo’da uzun süredir kullanılmayan ürünlerin listesi de ayrıca görülebilecektir. SAP’de yeralan ve ürünlerin depodaki bitişine uygun olarak alım uyarısı yapacak olan iş zekasının çalışması için de ayrıca çalışma yapılacaktır.

Uçak başına bakım maliyetleri, depo maliyetleri, ürün sirkülasyon hızları, teknisyen çalışma saatleri gibi analitik veriler otomatik olarak alınacaktır. Siparişler ve siparişlerin geliş sürelerine uygun planlamada program tarafından otomatik uyarılara sahiptir.

Yeni depo malzeme ve iş akış planı sonraki sayfa mevcuttur.



Şekil 5 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi RFID Tabanlı Akış Şeması

Kaynak : Yazar tarafından hazırlanmıştır..

Giriş yapılan ürünün özelliğine göre, S.US./Sarf formu ve RFID etiketi yazıcıdan çıkarılacaktır. Bu aşamadan önce belirli bir mantık içerecek şekilde, RFID etiketlerinin içereceği kodlar, MRO sorumlu ekibi tarafından, kendi amaçlarına ve kullanımlarına uygun şekilde oluşturulması gerekmektedir. Burada, halı gibi metrik, azot gibi m³ içerikli ve perçin gibi çoklu paketlemeli ürünlerin farklı ölçü birimleri ve kullanıma uygun bölümlenmeleri için etiketlenmesine dikkat etmek gereklidir. Çoklu sayıda (vida gibi) ürünler için, daha küçük sayılarda poşetlenmesi için gerekli makine depo giriş merkezine konulacaktır.

The image shows two forms and an RFID tag. The left form is divided into 'SERVICEABLE' (green header) and 'UNSERVICEABLE' (red header) sections. The 'SERVICEABLE' section includes fields for PART STATUS, PART NUMBER, BACH/LOT/SERIAL NO, MANUFACTURER, and SHELF LIFE EXPIRY DATE. The 'UNSERVICEABLE' section includes a REMOVAL REASON section. The right form is 'SERVICEABLE PART TAG' (For only standard parts, raw material, chemicals, repairable / testable aircraft parts excepts components). It includes fields for REFERENCE NO, DESCRIPTION, PART NUMBER, BACH/LOT/SERIAL NO, MANUFACTURER, SUPPLIER, SHELF LIFE EXPIRY DATE, and QUANTITY. It also has a PART STATUS section with checkboxes for NEW, REPAIRED, TESTED/CHECKED, LOAN, and FROBBER. The bottom of the right form has a section for 'THIS CERTIFICATION IS BASED ON DOCUMENTATION OBTAINED FROM SUPPLIER OR REPAIR SHOP WHICH IS ON FILE ABOVE WRITTEN ORDER REFERENCE NO OR ROBBERY STATEMENT PART/MATERIAL HAS BEEN VISUALLY INSPECTED, DOCUMENT REVIEWED AND FOUND SERVICEABLE'. Below the forms is an RFID tag with a barcode and text: 'Technical Services', 'TAG', '(For only repairable', 'REFERENCE', 'DESCRIPTION', and 'Aviation Technical Services'.

Fotoğraf 7 : S.US formları ve Örnek RFID Etiket

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

İki farklı form farklı yazıcılardan çıkarılacaktır. Bu formların fiziksel ölçüleri, verilere ait yazım yerleri daha önceki tecrübeler, uçak içi yerleşimlere ve belirlenmiş EASA protokollerindeki renklere uygun şekilde düzenlenebilecektir. Bu düzenlemenin ardından matbu kağıt üzerine yazıcılardan çıktı alınacaktır.

Depo’da kapıya yerleştirilmiş olan okuyucular sayesinde, depoya giriş işlemi yapılan ürün; artık depodan kontrolsüz çıkarsa alarm çalacaktır. Personel RFID kimlikleri sebebiyle hangi teknisyenle depodan çıktığı belirlenecektir.

Konveyörlü olan bu okuyucu kapısı; izinli/izinsiz geçiş yapan RFID TAG’li tüm item’lerin loglarını tutacak ve bunları bir geçiş kontrol ekranında gösterecek. İzinsiz bir çıkış durumunda bilgisayara ve sesli olarak ortama uygun alarm üretecektir.

Ürün, depoda daha önce planlanmış yere konulacak. Konulduğu yere ait, bilgiler ve SAP’ye giriş yapılmış tüm bilgiler de programdan anlık görülebilecektir,

Depoya giriş yapmış bir ürün artık depodadır. Depo kaydındadır. Buradan çıkış işlemi artık iş emri üzerinden yapılacaktır. İş emri olmayan çıkışlarda, ürün depo sorumlusunun üzerinde görülecektir. İş emri olan ancak gerekli olması durumu için teknisyen tarafından talep edilen ürünler teknisyende ve ilgili iş emri üzerinde görülecektir. Kullanım da buradan takip edilmiş olacaktır.

Depoda, alınan ürünler, kimin tarafından alındığı ve kimin teslim aldığına dair, alınan ürünlerin listesinin, tarih ve zamanının olduğu; altında da İrsaliye Formu, alan/veren isim ve imzasının olduğu standart forma RFID ürün etiketi, personel RFID kartı ile eşleştirerek bilgileri doldurulmuş form, yazıcıdan otomatik çıkarılarak imzalanacaktır. Bu formun ıslak imzalı olması standart güvenlik prosedürlerinde yer almaktadır. Bu sebeple teknisyen tarafından kullanılan ürünlerin sistem tarafından form üzerine otomatik yazılması formun güvenlik gerekçesiyle imzalanması aşamasında istenen güvenlik seviyesi sağlanmış olacaktır.

AD REG. TE-ATF		DEPARTMENT	WORK ORDER NO / NRWC NO	DATE	No
				05-10-13	53992
ITEM	PART NUMBER	DESCRIPTION	BATCH or S/N	RELEASED QTY.	RETURNED QTY
1	61633-203	RESERVOIR VALVE	743-3511	1	
2					
3					
4					
5					
6					
GIVEN BY		RECEIVED BY	ITEM NO	STOK LEVEL ZERO	REMARKS
NAME	SIGNATURE		ITEM NO	ITEM	
				NON-STOCK	
				ITEM	
Rev:00 Rev Date: 10.02.2008 F-MM-017					

Fotoğraf 8 : Uçak Bakım ve Onarım Ürününü Stoktan Teslim Alma Makbuzu

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

Konulduğu yer (yağ, gaz, kalıcı ürün, sarf gibi ayrımlar) renk veya barkod numarasından ayrılabilir. Kodlama yapılırken çoklu ürünler kullanım esnasında sayı belirtilebilecektir. Kilo işi olanlarda ise kg/gr bilgisi planlamanın, şefliğin, teknisyenin program üzerinden ürettiği ‘İş Emri (Work Order)’ sistemde otomatik numaralandırılarak devreye girecektir. Bu numaralandırma işlemi; “uçak kodu, tarih, teknisyen-şef-planlama kodu, belirli mantıkta üretilen otomatik numara” şeklinde düzenlenecektir. İş emirleri bu numara üzerinden takip edilebildiği gibi, tarihe göre, kişiyi göre, lokasyona göre de takip edilebilir olacaktır. İş emrine göre ilgili teknisyeni, şeflik görevlendirecektir. Bu atama anından itibaren süre işlemeye başlayacaktır. Teknisyen, “iş bitimi” elindeki terminalden verdiği zamanda süre duracaktır. İlgili yere otomatik yazılmış olacaktır. Yurtdışı operasyonlarında süre takibi RFID okuyucu el terminali açtığı andan itibaren başlayacaktır. El terminalini 1 dk dan az açtığı sürelerde süre işlemeyecektir. Gerekli atama ve tamir bakım işlemleri bu şekilde yapılabilecektir. İstanbul depo’dan verilen çıkışlar, küçük lokasyonlarda depo sorumlusu olarak görülen şef’in üzerinde olabilecektir.

MAINTENANCE WORK ORDER (BAKIM İŞ EMRİ)						
PLANNING INFORMATION (PLANLAMA BİLGİLERİ)	Work Order No : (İş Emri No)	UT402-13-03-01	Company : (Firma)	UTAIR	Station : (İstasyon)	AYT
	Aircraft Reg. : (Uçak Tescilli)	VQ-BKF	Aircraft Type : (Uçak Tipi)	B757-200	Engine Type : (Motor Tipi)	PW 2000
	Aircraft MSN. : (Uçak Seri No)	26268	Aircraft EFF. : (Uçak Etküf Kod)	518	W/O Type : (İş Emri Tipi)	☐ Planned ☐ Line ☐ Other
	Issue Date : (Yayınlandığı Tarih)	12.03.2013	Issue Time : (Yayınlandığı Saat)	09:30		
	Customer Ref WOs :	2013-5321, 2013-5314, 2013-5304, 2013-5319, 2013-22683, 2013-5329, 2013-3944, 2013-5331.				
ACTION (İŞ)	Work Description: (İş Tanımı) PLEASE PERFORM 300-400FH CHECK.					
	Prepared By : (Hazırlayan)			Approved By : (Onaylayan)		
	Work Request Date and Time: (İşin yapılması talep edilen tarih/saat)		13.03.2013 13:30	Remarks: (Açıklama)		BEFORE FLIGHT ANX 5090 AYT-DME (19:00 UTC)
Action Taken: (Yapılan İşlem) 300-400FH CHECK PERFORMED.						

Fotoğraf 9 : Bakım Çalışma ve Görev İşleme Evrakı (Maintenance Work Order

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

Teknisyen depoya geldiğinde, depodan ilgili malzemeler iş emrine göre ve teknisyenin isteğine göre, masa üzerine konulmak suretiyle otomatik olarak teknisyene verilecek ve evrak çıktısı alınarak imzalanacaktır. İlgili lokasyonda imzalaması gereken evraklarda el terminali üzerinden wifi, bluetooth, kablo bağlantısı kullanılarak çıkarılarak imzalanabilecektir. Bu bakım esnasında ilgili yurtdışı lokasyonundaki bakım şirketlerinden alınabilecek herhangi bir ürün, el terminaline ilgili parça kodunun girilmesiyle listeye eklenebilecektir.



Fotoğraf 10 : Malzemenin Depo Çıkışında RFID Okuma Masası

Kaynak : Yazar tarafından fotoğraflanmıştır

Masa Okuyucuları; üzerine koyduğunuz RFID TAG’li bir öge olarak okur ve programa iletir. Bu uygulama depo çıkışına izin verilecek malzemeler için kullanılacaktır. RFID TAG’lerin teknisyen öge okumalarıyla ile eşleştirilmesi için çıkış aşamasında kullanılacaktır. Bu okuyucu da herhangi bir arıza durumu için okuyucu sistemli el terminali de fotoğrafta da olduğu gibi ayrıca bulundurulacaktır. Bunun üzerine ilgili ürünler, iş emrine göre teknisyenin üzerinde görülmeye başlayacaktır.

Teknisyen iş emrine göre alacağı malzemeler listesi, ihtiyacına göre değişiklik yapabileceği esneklikte olacaktır. Teknisyen, depodan alacağı malzemelerde, kendi ihtiyaçlarına göre listeye ekleyeceği şekilde serbest alım da yapabilecektir.

Alım yapılan ürünlerin listesi İŞ EMRİ (work order) üzerinde yeralan kullanılan ürünler listesine otomatik yazılmış olacaktır. İş bitiminde, depoya iade edilen malzemeler, bu listeden otomatik olarak düşecektirler.

Malzemenin depoda veya teknisyende olduğunun tespiti otomatik olarak yapılmış olacaktır. Malzemenin ne amaçla alındığı da görülmüş olacaktır.

İş emrinin ilgili yerine, yaptığı işlemi yazması ile de bilgiler girilmiş olacaktır. İlgisiz iş emirleri üzerinden parça alımı mümkün olmadığı gibi uçaklar arası parça

swap işlemlerinde iş emrinin teknisyenin yetkisinde olan kısmından işaretlemeyle işlem yapılabilecektir. Buradaki okuma iş emri ve depodan parça çıkmasının ilgili teknisyene otomatik kayıtlı hale gelmesi, teknisyenin çıktığı iş için terminalde pozisyon açılmasını sağlamış olacaktır.

İş emrinde iptal edilen işler için de, “iptal” edebilme yetkisi ve sebebini yazma veya hazır listeden seçme kısmı da teknisyen talebine göre konulmuştur.

Planlama servisi, iş emirlerini depo programı içerisindeki standart TEK iş emri formuna giriş yapacaklar. Nerelerin kimin tarafından girileceği de belirlenerek, el terminalleri, şeflik ve planlamadaki bilgisayarlar vasıtasıyla yapılarak işlem tamamlanacaktır.

Bu iş emirleri, depoda şef tarafından, işi yapacak teknisyenle ilişkilendirilecek. Şefin önünde, teknisyen listesinde, "On/Of" pozisyonu ve Lokasyona Göre iş listesi olacaktır.

InoDiz	tatnli M	Muflat	10 M	«fct	t«R	»rihv'.fCH	Rtkase	At lype	M»	l>pe	Lffcttlvi h	Sulu
IUUU	ca	M H			CNI		BDAAMO39S	B757-200	26261	PV.2000	sıl	PERFORMED
1103			ITKMW.	w	CM	AR>TS	BDAAMO398	8757-200	29377	PV1QOC	539	ÖPEN
1103			n@4MW	W	M		BDAAMO39S	B157-200	29377	PU200C»	539	ÖPEN
IW»3	MS			BOLA		Onjdd	EASA145.O433	B757-200	26247	RB211	110	ÖPEN
1103	im			UH.TG	na	Adsk	LA 145.0504	B737-400	2537?	CFM56-3	M3	DEFERRED
1103		M	SMMMI	m	.«USB	Socad	FR -00030	A321-200	1431	¥2300	001	CANCEL

**Fotoğraf 11 : Depodan Bakım Lokasyonuna Çıkılan Ürünlerin Envanter Kayıtları
Tablosu Ekran Görüntüsü**

Kaynak : Yazar tarafından ekran görüntüsü olarak fotoğraflanmıştır

Depo'dan teknisyenin malzeme alımı, iş emrindeki numarası üzerinden olacak ancak sistem, istatistik olarak diğer bilgiler üzerinden de takip edebilecek şekilde olacaktır. Uçak başında çıkacak işlem için uçak üzerinden iş emri açıldığından teknisyen tarafından yapacağı işleri ve parçaları uçak üzeri işleme ekleme yapma imkânı da el terminali üzerinden verilecektir. Parçalar sistemde otomatik tanımlı olduğu için

tutulacak form prosedürü böylece otomasyona bağlanmış, iş emri olan personelin işlemi dışında güvenlik prosedürleri gereği de başka bir teknisyen tarafından işlem yapılması mümkün olamayacak bir sorumluluk zinciri korunmuş olacaktır.

Lokasyona göre teknisyen listesi, yapılacak işlere göre de çeşitli istatistikler analiz amaçlı tutulmuş olacaktır.

Şeflik bilgisayarı açarken kendi sicil numarasına giriş yapmalı, buna göre de kimliklendirme ve yetkilendirme işlemi yapılmalıdır.

İş emri formu üzerinde, sipariş verme yetkisi teknisyene açılacaktır. Work order (İş Emri) üzerinden gelen bu talebi, şeflik görerek, uygun olduğunu beyan edecek ve bu talep Uçak Planlama Koordinasyonun (UPK) önüne ekrandan gelecektir. Form üzerinde gerekli düzenlemeleri yapınca SAP Sipariş ekranına gerekli sipariş formu geçmiş olacaktır.

Teknisyenin işi bitiminde, taktığı parçaya karşılık, çıkardığı U/S parçayı elle ‘unserviceable’ formuna yazarak, parçayla beraber depoya getirecektir.

Depo programı, U/S parçalar için (Unservicable : Hizmet Dışı, Çalışmıyor) olanları kayda alacak ancak etiketlemeyecektir. Tekrar kullanılabilir hale geldiğinde, giriş işlemi yapılırken RFID tanımlaması yapılarak etiketlenip depoya girişi yapılacaktır. Böylece çalışmayan parçaların terminal tarafından okunması ve uçağa servis edilmesinin önü kesilmiş olacaktır.

Bu sebeple, çıkarılmış ürünlerin depoya girişleri diğer ürünlerle aynı olmakla birlikte, çıkarılmış ve bakımı yapılmakta olan ürünlerin listesi de sistemde olacaktır. Bu durum kullanılabilir ürünlerin olduğu depo ürünlerinin RFID etiketlerinin olması, diğerlerinin olmamasıyla sağlanan bir güvenlik duvarı oluşturduğu gibi ana depo öncesinde bunların giriş noktasına gelmeden işlemlerinin yapıldığını gösteren bir formun olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

İş emri formunda ilgili yerler doldurulduktan sonra, elindeki terminalle yazdığı formu ofise geldiğinde otomatik olarak çıktı alabilecektir. Tablo halinde veya tarihe bağlı yaptığı işleri de görebilecektir. Sonraki vardiyaya iş devirleri de dahil istenen

işlemler programa tanımlanabilecektir. Farklı müşterilerden gelen iş emirleri, şeflik tarafından sisteme çevrilerek dijitalleştirilmiş ve iş emri açılmış olacaktır.

Buna ek olarak SAP gibi sistemlerin muhasebeleştirme, envanter sistemlerin uzantısı olarak iş emrinde yer alan işin nevine göre takip yapıldığı, ilerideki otomasyonlarda ve maliyet hesaplarında uçak altı işlem, SCHECK, C. vb. bakımların da bilgisi görülmüş olacaktır.

Teknisyenler Antalya, Sabiha Gökçen, Cidde, Erbil, Ukrayna, Rusya gibi dış göreve giderken de, el terminalleri üzerinden aldıkları ürünleri, işlemini yaptıktan sonra, internet bağlantısıyla veya merkeze geldiğinde depo programına yaptıkları işleri otomatik gönderebileceklerdir.

Alınan ürünler ve teknisyenlerin durumuna göre, ürünün hangi ilden alındığı hangi ilde hangi işlem yapıldığı bilgisi yeralacaktır. Depo programından, ürünlerin depodaki durumu, son kullanma tarihlerine göre uyarı, uçuş bilgilerinin günlük durumu, iş emirleri ve uygulayan teknisyen, ürünlerin takıldığı uçağın kuyruk kodları gibi bilgiler izlenebilir olacaktır.

RFID kimlik okuyucular personelin işe giriş, depoya giriş ve aldığı parçaları, üzerlerindeki parçaları otomatik olarak işlemiş olacaktır.

Özellikle İstanbul Merkez Depo için, fiyatsal yükseklikleri sebebiyle ‘component repair’ parçalar için okuyucu sistemli rafların tercih edilmesi sayım ve düzenlemede ayrıca avantaj sağlayacağı için fiyatı etkilese bile raf okuyuculu sistemin kurulmasının yerinde olacağı mütalaa edilmiştir.

Çalışmamızın uygulanmasıyla birlikte, dış lokasyonlarda tutulan parçalar için sadece okuyucu sistemler yerleştirilerek merkezle koordineli bir yapı otomasyonu devreye alınabilecektir.

Dış lokasyonlarda, depo alanı için bilinen okuyucular dışında; genel bina girişleri de dahil, gizli okuyucular, kıyafet ve kimliklere görünmeyecek tarzda RFID etiketleri yerleştirilerek ayrıca takip edilebilir yapı da kurulabilir.

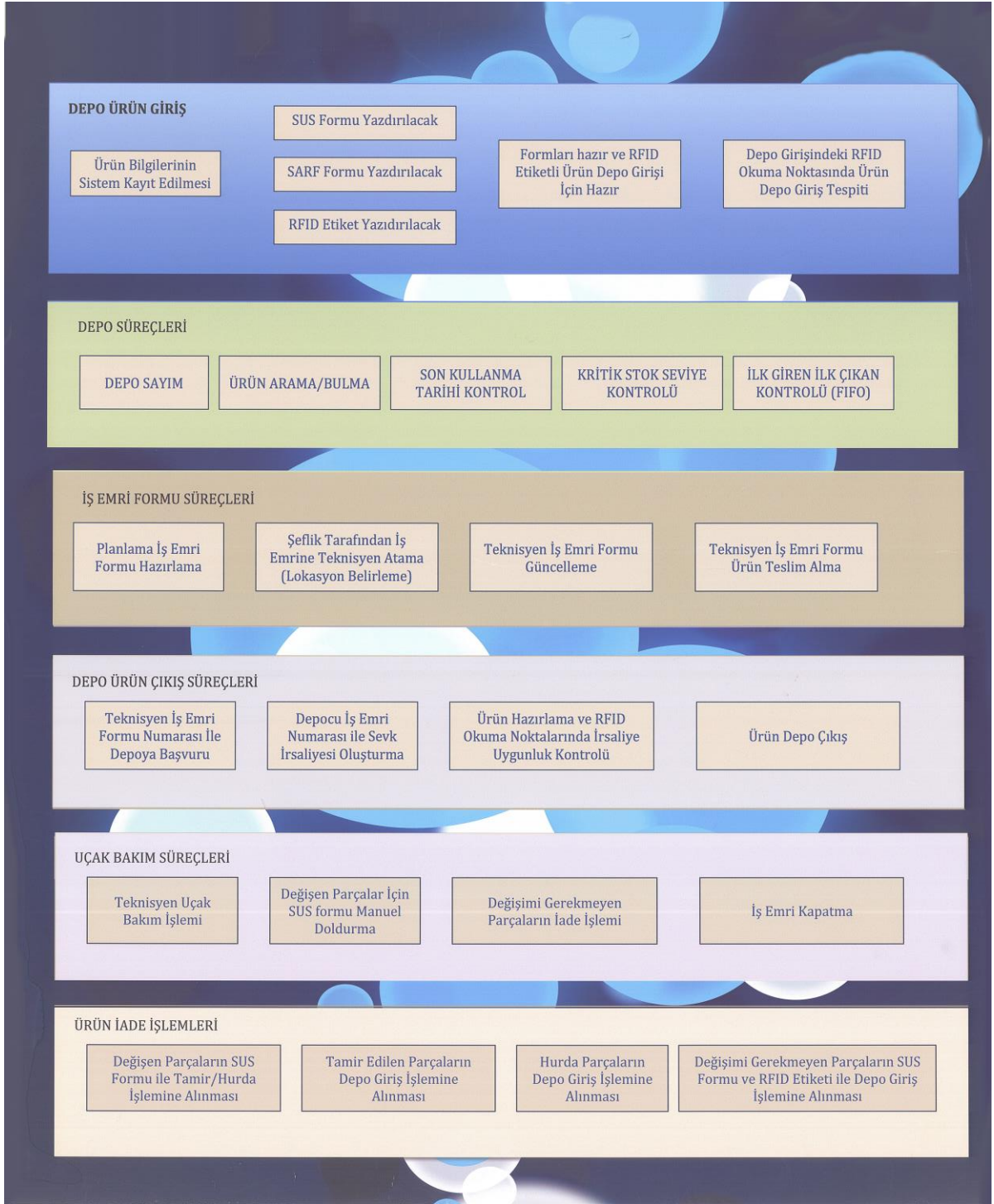
Depolarda güvenlik kamera sistemi kurulursa eğer, iç kamera sistemleri, programla entegre çalışarak RFID tetiklemeli şekilde veya sürekli kayıtlı depo görüntüsü anlık izlenebilecektir. Bu yazılımın sistemi ağırlaştırma ihtimaline karşılık, yoğun çalışma hataları gündeme geldiğinde yani gerekli olduğunda düşünülebilir.

EL TERMİNALİ'nde;

- Transit Check Formu
- Boş iş Emri Formu
- Boş S.US Formu
- Boş Sarf Formu
- İş emirleri ekranı (yaptığı işi gireceği planlı olarak veya şeflikte ve/veya teknisyenler tarafından oluşturulan iş emri formu)
- Bağlı olunan Ana Havayolu Şirketine ait uçaklarına ait Uçuş Bilgileri günlük olarak görülecektir.
- Yaptığı işleri, çeşitli veriler üzerinden takip edebilme imkanı olmalıdır ve çıktı alabilecektir.
- El terminali ile işlemi yaptıktan sonra, gerekiyorsa iş bitimine ait fotoğraf ekleyerek sisteme gönderebilmesi için de çalışma yapılacaktır.
- Protocol kitabının kelime aranabilir formatı mümkün olabilirse konulması konusu da incelenecektir.

3.4. Hedeflenen Süreç İşlemlerinin Farklı Kalemler İçin İş Akış Düzenleri

RFID tabanlı iş akış süreçleri ayrı ayrı planlanarak hepsinin birbiriyle koordineli çalışacağı bir akış oluşturuldu. Göre bazlı iş akış şemaları şu şekilde çıkarılmıştır.



Şekil 6 : İş Bazlı RFID Sistem Görev Akış Planları

Kaynak : Yazar tarafından hazırlanmıştır.

3.4.1. Depo Ürün Giriş Akış Planı

Bilgisayar Ürün Bilgisi Girişleri

S.US Formları ve Sarf Evrakı Yazdırılacak.

Gerekliyse paketleme işlemi yapılacak

RFID Etiketleme Yapılacak

Depo'ya Otomatik Kapıdan Giriş İşlemi yapılacak. (KAPI 2'DEN)

3.4.2. Planlama İş Emirleri Yazımı Akım Planı

1. İş Emri Yazımları;

1.a. Planlamada

1.b.Şeflikte

1.c.Teknisyen el Terminalinde kendisine verilen görevleri, iş emri formları üzerinden görebilecektir.

2. İş emirleri, depo şeflikte toplanıyor.

3. Şef, iş emriyle teknisyeni ilişkilendiriyor. Görev atamış oluyor. (Birden çok Teknisyeni görevlendirebilir. Görevler, vardiya veya günü aşabilir.)

4. Teknisyen kendisiyle dışlandırılmış iş emrine göre depodan malzeme alımı yapacak.

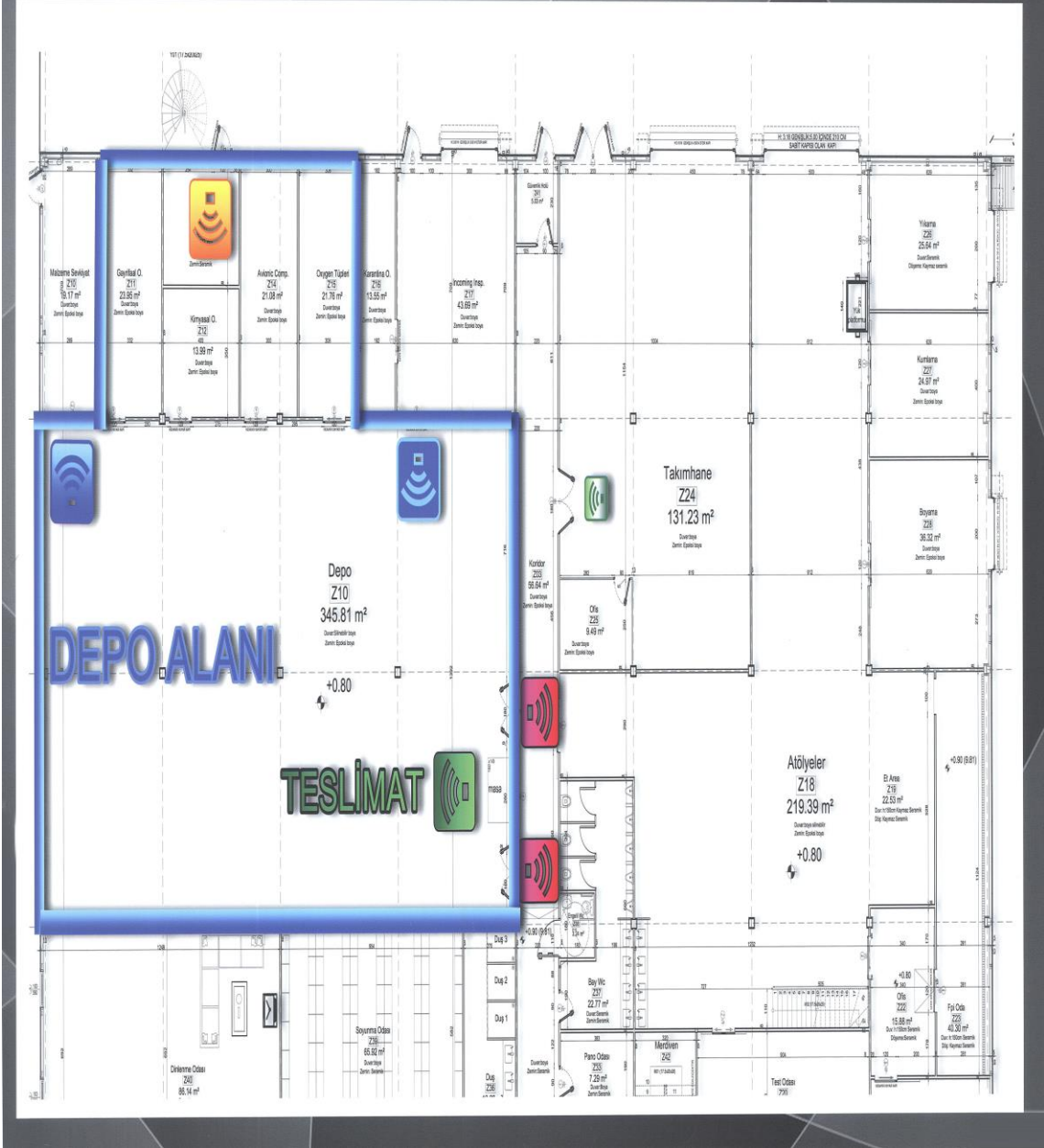
5. İş bitimini el terminalinden işaretleyince, şefliğin görevlendirmesiyle başlayan Tarih/Süre Duracaktır. İş emri formundaki ilgili yere otomatik yazılıyor.

6. İş emri formu tekrar planlamanın ekranında görünüyor.

7. Planlama Onay verince kullanılan ürünler depo programı dolayısıyla SAP kayıtlarından ilgili muhasebe kodlarına göre düşmüş olacaktır.

3.4.3. Teknisyen Çalışması Akış Planı

1. Teknisyenin iş emrini şefliğin onaylaması.
2. İş emrine göre depodan malzeme alımı.
3. Gerekli işlemleri yaptı, el terminalinden bunları yazdı.
4. Kullanmadığı ürünleri depoya iade etti. Bunlar otomatik olarak, iş emri listesinden düşmüş oldu.
5. Kullanmadığı Malzemeler Depo Girişinde tekrar etiketlenip girişleri yapılacaktır. (Çoklu ürünlerde, Örneğin 5'li Paketin 3'ünü Kullandıysa 2 tanesini iade edebilecek. Zıyanları işaretleyecek.)
6. El terminalinden iş bitışı vererek, iş emri formunun çıktısını alıp imzalayacak.
7. Teknisyenin onayladığı iş emri bitışı, planlamanın önüne gelecek ve orada Onay verilip, iş emri kapatılmış olacak. Böylece SAP gibi programlardan ara yazılımlar sayesinde otomatik olarak, muhasebe kodlarına uygun olarak düşülecektir.



Şekil 7 : Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Yeni Depo Alanı Çizim Planı

Kaynak : Yazar tarafından çizilmiştir.

SONUÇ

Bir uçağın otuz yıl boyunca güvenli bir şekilde çalışabilmesi için bileşenlerin sıkı konfigürasyon yönetimi gereklidir. Her evrakın ıslak imzalı olması gerekiyor, üretimden uçak parçalanana kadar, her uçak yaşına göre 30 ile 100 civarı büyük evrak kargosuyla hareket ederler ve operatör veya sahip değişikliğinde dahi bu evraklara bakılmaz. Ancak kanuni mecburiyetlerden dolayı bulundurulur ve takibi yapıldığı ispat edilir. Bu kutular içi evrak dolu olsa da çok nadir açılıp bakılır çünkü herşey artık taranmış şekilde mevcuttur.

Uçak için yapılan işlemlerde (transactionlar) süreç içinde taranmış kopyalarla ilerliyor ama ıslak imzalı fiziksel çıktılar kutuların içinde bir yerlerde olduğu kabulü ile hiçbir kutu açılmadan uçağın A şirketinden B şirketine geçtiği bile olmaktadır. Nadir taranmış kopyalarda data yok ise kutular içinden ıslak imzalı olan bulunup taranarak, taranmış kopyalar içine alınır. Fiziksel çıktısı alınmış bu kayıtların kaybolmuş olmasına rağmen taranmış kopyalarla uçak uçurulması, nadir olsa da yaşanıyor. Ayrıca uluslararası sivil havacılık kuralları gereği kokpitte bulunması gereken fiziksel çıktısı olan dökümanların 50 kilograma yaklaşan ağırlığı vardır. Her uçuş öncesi ve sonrası, uçak ile operasyon merkezi arasında uçuş bilgilerini içeren uçuş rotası, uçak güvenlik belgelerinin, acil durum protokollerinin bulunduğu birçok mecburiyetler bir takım evrak paylaşımları yapılır. Bunlara bağlı olarak uçuş performans analizi gibi son derece önemli veriler de hesaplanır. Daha önce manuel olarak yürütülen ve kimi zaman uçuşlarda gecikmelere neden olan bu süreç, kokpite yerleştirilen tabletlere yüklenerek adına “Elektronik Uçuş Çantası: Electronic Flight Bag” adı verilen sistemle dijitalleşme yaşanmıştır. Bu çalışma ve bakımların taramalarına bakılması da bir nevi havacılıkta fiili bir dijitalleşmenin başladığının da ispatıdır.

Eğitimli ve yetkili bakım personelinin müdahalesi olmadan havacılık, demiryolu, deniz taşımacılığı ve tıp gibi karmaşık teknolojik sistemlerde kullanılan ekipmanların, verimlilik ve güvenlik düzeyi hızla çalışamaz güvenilmezlik düzeyine sürüklenebilmektedir.

Havacılık endüstrisi, bakım personelinin katkısı olmadan işleyemezdi, ancak bakım hatası havacılık güvenliği için önemli ve devam eden bir tehdittir. Bakımın sistem güvenilirliğine önemli katkısına rağmen, bakım aynı zamanda sistem arızasının da önemli bir nedenidir.

Geçmişte, bakım hataları genellikle bireylerin kendilerine verilen görevleri yerine getirmemelerinden başka bir şey olarak görülmezdi ve kuruluşlar buna genellikle ceza veya işten çıkarma ile yanıt verirdi. Bakım hatalarının kişisel, işyeri ve organizasyonel faktörlerin etkileşimini yansıttığı artık dünya çapında kabul görmektedir. Bakım teknisyenleri eylemlerinin sorumluluğunu almaya devam etmek zorundayken, bakım hatası tehdidini yönetmek, sistem düzeyinde bir yanıt gerektirir.

Havayolu operatörleri, havacılık güvenliğini sağlamak ve program dakiklığını sağlamak için uçak bakımını verimli bir şekilde yapmalıdır. Uçak parçalarının bakım takibinde öge düzeyinde RFID'nin analitik bir modeli sunulmuştur. Mevcut model, uçak bakımında parça seviyesinde RFID'nin en önemli faydalarını yakalamış ve parça seviyesindeki RFID tabanlı uçak bakım tedarik zincirlerinin konuşlandırılmasında gerçek maliyet hususlarının ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur.

RFID bilgisini iletme yolunda önemli bir adımın, teknolojinin doğru anlaşılmasını ve teknolojinin endüstride uygulanmasından öğrenilen bilgilerin, alınan derslerin doğru yorumlarla paylaşılması gerektirdiğine inanıyorum.

Sektör öncüsünün büyümesi, ülkemizde yeni havayolu şirketlerinin kurulması, var olanların da güçlenmesi anlamına gelmektedir. Havacılık endüstrisini oluşturan farklı alt sektörler birbirine güçlü bir şekilde bağlıdırlar. 2003 yılında sektörde yaklaşık 65.000 çalışan istihdam edilirken, bu sayı 2020 yılında 245.876'ya ulaşmıştır. 2020 yılı sektör cirosu 2003 yılından itibaren TL bazında 34 kat, Dolar bazında ise kurdaki artışa rağmen 6 kat artış göstermiştir. (SHGM 2021)

Teknolojide, uçak dizaynları ve uçuş tekniklerimizde değişikliklerin olması sınırındayız. Tüm tamir bakım ve bu işlemleri yapan kişilerin yapmış olduğu işlemlerin

otomatik takibi, veri değeriendirilmesi sistemin insan faktörü dışında da güvenlik unsurunun artırılmasını da sağlayacaktır.

Bu çalışma sonrasında,

- Operasyon ve kaynak koordinasyonunda iyileşme sağlamış, acil durumlar için hazırlık ve taşıma süresi zamanlarını kısaltarak avantaj sağlamıştır.
- İlgili bakım şirketinde teknisyenlerin kullandığı ve civata sıkma sayısına göre kullanım ömrü belirlenen mekanik iş aletlerinin kullanım ömürlerinin yüzde 10 seviyesinde uzadığı görülmüştür.
- Alışkanlık değışikliğı direncine rağmen, iş emri alan personelin, işi planlama süresindeki masa başı sürelerinde yüzde 20'lere varan azalmalar olduğu görülmüştür.
- Depoya tekrarlı dönüş sayılarında yüzde 40'lara varan azalma görülmüştür.
- Depoya ürün giriş sürelerindeki uzamalara ve ekstra personel yüküne karşılık, depodaki sayılı ürünlerin sarf edilmesi miktarı düşmüş, çoklu sayıda paketlenmiş küçük malzemede yüzde 10 tasarruf sağlanmıştır.
- Teknisyenlerin iş saati verimi artışı sebebiyle, teknisyen başına iş emri sayısında artış yaşanmıştır.
- Muhasebeleştirme işlemi otomasyona bağlı olduğu için faturalama ve maliyet hesaplamada yaşanan avantaj sebebiyle ödemelerin öncekine göre realize edilme süresi 30 gün kısalmıştır.
- Şirket, bakım döngüsünde RFID teknolojisini uygulayarak her bir onarım siparişinin teslim süresinin iyileştirilmesi sağlanmıştır.
- RFID sistemi, operatörlere tüm onarım siparişlerinin durumunu takip etmeleri için bir veri aracı sağlar ve bakım işleminin faturalama, takip işlemlerinde verimliliğinin artmasını sağlamıştır.
- Şirket, uygulamayı devam ettirmesi durumunda; müşterilere bir ürün hakkında durumu, tahmini iş tamamlanma süresi vb. dahil olmak üzere zamanında bilgi sunarak rakiplerine karşı rekabet avantajı elde etmiş olacaktır.
- RFID sisteminde, RFID etiketleri, yeniden kullanılmasına izin verdiği için

süreçlerin devamında işletme etiket maliyetlerini azaltması beklenir.

- İş planlamada kişisel stres noktaları azalmıştır. Otomasyon kurulmasıyla, iş stresinde azalmalar da eklenince insan hatalarını azaltması beklenecektir.
- Yanlış öğelerin toplanması, tekrarlı merkeze dönüşler gibi insan hatalarının yanı sıra bunların yetkisiz kullanımını da azaltabilir.
- Pahalı onarılabılır parçaların envanter yönetimini iyileştirilerek bakım sahasında yedek parçaların daha iyi kullanılmasını sağlar ve böylece parçaların stok düzeyini azaltır.
- RFID sistemi ayrıca bakım döngüsündeki her bir öge hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlar. Bir ögenin tam geçmişi gibi detaylı bilgiler sistemden takip edilebilir. Bu tür bilgiler, bakım işleminin iyileştirilmesi için tedarik süreçlerinde de daha fazla analiz edilebilir sonuçlar verecektir.

RFID sisteminin tedarik zinciri ortaklarının uygulaması için genişletilmesi ve böylece tedarik zinciri boyunca yaygınlaştırılması olumlu etkisinin yaygınlığını artıracaktır. Sistemin sürdürülebilirliği de havacılık sektörünün iş akışında tümünden yer almasıyla mümkün hale gelebilir. RFID veri madenciliği ve veriye dayalı olarak tüm yapıdaki iyileştirmelere katkı yapabileceği için standardizasyona yapacağı katkı sebebiyle gelecekte havacılık alanında daha fazla uygulama alanı bulacağı açıktır. Kritik başarı faktörlerini anlamak ve bu vakadan öğrenilen deneyimleri ve dersleri paylaşmak, yöneticilerin daha proaktif olmalarını ve RFID sistem uygulaması için daha iyi hazırlanmalarını sağlayacaktır.

RFID teknolojisi çözümleri, verimliliği ve etkinliği artırmada önemli araçlar olarak görülse bile, hala bir takım uygulamayı genelleme zorlukları ve alanda uygulamanın teknik zorlukları da mevcuttur. Firmalar yeni teknolojileri eski sistemler ve veri tabanları ile entegre etmeli ve aynı zamanda teknolojinin faydalarından tam olarak yararlanmak için mevcut potansiyel tedarikçiler, müşteriler ve hatta bir şirket içindeki diğer iş birimleri için erişilebilirlik oluşturulmalıdır. Çalışma modeli, uçak parçası tedarikçi için genişletilebilir. Bu sektörde de çalışmalar yapılması uygulamanın sektöre

yaygınlaşmasına etki edecektir. Avantajlar, iyileştirilmiş tahminler, azaltılmış envanter, uçak parçalarının azaltılmış stok kesintisi ve daha kısa bakım çalışma süreleri şeklinde gerçekleştirilecektir. Araştırmamız sadece belirli bir şirket için olmasına rağmen, vaka çalışmasının ortamı hakkında benzersiz bir şey yoktur ve bu nedenle bu yaklaşım herhangi bir havacılık bakım şirketi için önemli bir çalışma olabilir ve genellenebilir sonuçlar ortaya koymuştur. Şirketlerin bağımsızlığının yanında havacılıkta ortak standartların uygulanıyor olması havacılık alanındaki büyük şirketlerin ve kontrol otoritelerinin RFID uygulama imkanları üzerinde çalışıyor olması, sektörde kullanım alanını artacağını da göstermektedir.

Havacılıkta malzeme tedariki, uçuş güvenliği, birbirine entegre sistemlerin kullanımı yazılımlardaki gelişmelere ve büyük uçak şirketlerin uygulamalarındaki yaygınlıkları artırmalarına, yeni yetişen idari ve teknik personellerin gelişime açık olmalarına da bağlıdır. Çalışmamızın havacılık sektöründeki bakım ve onarım alanındaki şirketler tarafından tartışılarak, personellerinin ve idarecilerin zihni hazırlığına katkı yapacaktır.

Havacılık sektöründe kullanılan ürünlerin üretim ve kullanım standartları, prosedürlerin uygulama ve kontrol standartlarına, katı şekilde uygulanan kalite ve uygulama protokollerine sıkı sıkıya bağlı bir alandır. Her çözümün zincirleme bir akışa sahip olan sisteme girişi, uzun kontrol onay süreçleri sonrası gerçekleşir. İnsan ve araç güvenliği sebebiyle denemelerin uygulanması riskleri normal denemelerden yüksektir ve bunun için alınması gerekli izinler uluslararası havacılık otoritesi üyeler için standarttır. Bu sebeple bu çalışmanın yapıldığı alanlara girilmesi, ilgili bilgilerin alınması ancak bu sektördeki şirketin talebiyle, kamu otoritesi tarafından uluslararası yeterliliklerle verilmiş yöneticilere özgü bir çalışma alanıdır. Yüksek seviyeli çözüm analizleri için sektör bilgisi, uygulama alanı bilgisi, yazılım süreçleri, ekipman bilgileri gibi birçok profesyonel mesleki bilgiler gereklidir. Bu sebeple çalışmaya başlayabilmek için bile belirli kurallara, üst düzey bilgi seviyelerine sıkı sıkıya bağlıdır. Ayrıca, bu noktadan itibaren çeşitli gizlilik protokolleri dahilinde veriler kullanılabilir, diğer tüm tecrübe ve bilgiler çalışmayı yapanın uhdesindedir.

Tüm ağların bağlı olduğu interlojistik bir sistemin kuruluşu ancak gerçek zamanlı verilerin elde edilmesiyle kurgulanabilir. Önceki paragraflarda da izah ettiğimiz yolcu, uçuş güvenliği ve işleyiş güvenliğinin katı protokolleri sebebiyle genel zincirden kopuk şekilde uygulamaların tam bir veri elde etmesinin mümkün olamayacağı açıktır. Kaynaklarımızda da verilen ve Şubat 2023 tarihinde “Advanced Engineering Informatics” dergisinde Chen vd. tarafından “Cyber-physical spare parts intralogistics system for aviation MRO “ adıyla 146 havayoluna hizmet veren, 18 mağazada 250.000 stok tutma birimi olan Honkong’taki büyük bir MRO şirketinde demonstrasyon çalışması yapmıştır. Yayınlanmış çalışma, burada yapmış olduğumuz çalışmayla aynı yolu izlemiş ve önerilen akış şemalarında paralellik içerdiği görülmektedir. Bu makalede de belirtildiği üzere, faydalı iyileştirmeler için gerçek hayattaki bir vakada doğru gerçek zamanlı veriler toplandıktan sonra, veri analizi yoluyla, kural tabanlı veya yarı otomatik karar verme otomatik hale gelebilir. Gerçek zamanlı veri kullanımının faydaları da ancak oluşacak tecrübelerle net şekilde görülebilecektir. Bu manada bizim çalışmamız daha fazla veri içermektedir.

Ülkemizin bu alanda daha yetkin ve üretime dönük çalışmalarının başarılı sonuçlara ermesi, bu sektörde oluşacak inovatif yaklaşımlar, yeni yazılımlarda ve protokol önerileri içerisinde daha fazla yer edinmemizi de sağlayacaktır. Bu da uluslararası havacılık otoriteleri içerisinde söz sahibi olmamızı ve üretim boyutlarını anlayarak dahil olmamıza imkân vererek, bu alanda milli üretimi destekleyerek teknolojik bağımsızlığımıza katkı yaparken, büyüyen şirketlerimiz ve gelişen teknolojilerimiz nitelikli gençlerimizin ülkemizde kalmalarına da alan sağlamış olacaktır.

KAYNAKÇA

- A. Sinitsyn. «A synchronization framework for personal mobile servers.» Pervasive Computing and Communications Workshops 2004. Orlando: IEEE, 2004. s.208-212.
- Airline Economics MRO Global (November 2022)., <https://www.mroglobal-online.com/iata-air-cargo-tracks-near-pre-covid-levels/> (Erişim Tarihi: 10 Kasım 2022).
- Alnıpak, Serdar.(2013), Bulanık AHP Yöntemi ile Konteyner Terminalleri için RFID sistemi Seçimi ve Türkiye'deki Uygulaması. İstanbul Üni. Doktora Tezi..
- Aras, N. & Verter, V. & Boyacı, T. (2006), Coordination and Priority Decisions in Hybrid Manufacturing/Remanufacturing Systems., Production and Operations Management Society, Jan 2006: c.15(4), s.528-543.
- ARSA. (2014), Global MRO Market Economics Assesment .» Aeronautical Repair Station Assoc. Jan. 2014. <https://arsa.org/wp-content/uploads/2014/03/ARSA-TeamSAI-EconomicReport-20140307.pdf> (Erişim Tarihi : 23 Nisan 2019).
- Arvind, K.,. (2019), RFID Components, Tool Types, Approach for Line Maintenance Tool Tagging, Business Scenarios and Challenges., International Journal of Science & Engineering, January 2019: c.10, s.515-526.
- Aviation Turkey Mag. (2019), <https://www.aviationturkey.com/en/content/by-2025-large-portion-of-european-mro-activity-will-move-to-low-cost-destinations-how-can-turkey-win-this-opportunity-4> (Erişim Tarihi: Şubat 14, 2021).
- Bhuptani, S., ve M. Moradpour. (2015), RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification System. New Jersey: Sun Microsystem Press, 2005.

- Brian Prentice, Anthony DiNota, Derek Costanza, Ian Reagan, Carlo Franzoni, Madeline Stelle. (2022), Global Fleet % MRO Market Forecast 2022-2032., Oliver Wyman Press., <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2022/feb/global-fleet-and-mro-market-forecast-2022-2032.html> (Erişim Tarihi : 10 Kasım 2022).
- C.M.Roberts.(2005), Radio Frequency Identification (RFID)., Computers & Security 25 , 2006: 18-26 , doi:10.1016/j.cose.2005.12.003 .
- Chen, Qiqi, Ming Li, Gangyan Xu, ve George S.Huang. (2023), Cyber-physical spare parts intralogistics system for aviation MRO., Advanced Engineering Informatics (56), April 2023, s.1-12.
- Chen, W., (2020), Intelligent manufacturing production line data monitoring system for industrial internet of things., Computer Communications, c.151, s.31-41 .
- Coop, W.Phill. Boeing Co. (2012).
https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q1/2/ (erişildi: Kasım 10, 2021).
- Çıbuk, F., ve M. Maraşlı. (2015), RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları.» Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,cilt 4.s.2.
- De Kok, A.G., Van Donselaar, K.H., Van Woensel, T.,. (2008), A break-even analysis of RFID technology for inventory sensitive to shrinkage., International Journal of Production Economics, c.112 (2), s.521-531.
- DHMİ Strateji G.D.B. DHMİ. 2021 Sektör Raporu s.13-33, Ankara: DHMİ, 2021.
- DHS. (December 2020), The Use of RFID for Human Identify Verification Adopted Report.» Homeland Security : : Data Privacy & Integrity Advisory Commitee .
<https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/DPIAC%20Recommendations%20Paper%202006-02.pdf> (Erişim Tarihi: Ağustos 30, 2020).

- Dobos, I., ve K. Richter. (2006), A production/recycling model with quality consideration., International Journal of Production Economics, c.104 (2), s.571-579.
- Doerr, K.H., Gates, W.R., Mutty, J.E Mutty. (2006), A hybrid approach to the valuation of RFID/MEMS technology applied to ordnance inventory, International Journal of Production Economics, c.103 (2), s.726-741.
- El Saadany, A. M., ve M. Y. Jaber. (April 2010), A production/remanufacturing inventory model with price and quality dependant return rate.» Computers & Industrial Engineering, c.58(3), s.352–362.
- Ferrer G., Nicholas D., Uday A., (2010), When is RFID right for your service?, Int.J.Production Economics 124, s. 414-425.
- Fierce Electronics. Fierce Electronics. (13 Aug 2009.), <https://www.fierceelectronics.com/components/savi-gets-usaf-approval-for-rfid-tracking> (Erişim Tarihi: Ağustos 10, 2020).
- Fry, E., ve Lenert, L.A. (2005), FMascal: RFID tracking of patients, staff and equipment to enhance hospital response to mass casualty events., AMIA Annual Symposium. Washington, ProcAmerican Medical Informatics Association., s.261-265.
- Fujitsu Limited. Fujitsu. (24 April 2017), <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2017/0424-02.html> (Erişim Tarihi: Ağustos 30, 2020).
- Giri, B.C., ve S. Sharma. (January 2016), Optimal production policy for a closed-loop hybrid system with uncertain demand and return under supply disruption., Journal of Cleaner Production, c.112(3), s.2015–2028.

- Guo, J. and Ya, G. (November 2015), Optimal strategies for manufacturing/remanufacturing system with the consideration of recycled products., Computers & Industrial Engineering, c. 89, s.226–234.
- Heydari, J., Govindan, K., & Sadeghi, R.,(August 2018), Reverse supply chain coordination under stochastic remanufacturing capacity., International Journal of Production Economics, c. 202, s.1-11.
- Hobbs, A.,. (2008), An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance - ATSR 055., Skybrary.. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/550.pdf> (Erişim Tarihi: Mayıs 19, 2022).
- Hwang, H., and Ko, Y. D., Yune, S. H., Ko, C. S., (2009), Hwang, H., KoA closed-loop recycling system with a minimum allowed quality level on returned products., International Journal of Services and Operations Management, c 5(6), s.:758–773. .
- IATA, International Air Transport Assoc. (June 2018). <https://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/baggage/Pages/index.aspx> (Erişim Tarihi : 23 Temmuz 2021).
- IATA, International Air Transport Assoc. (2020). <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/baggage/baggage-tracking/> (Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2021).
- IATA, International Air Transport Assoc. (2 June 2019). <https://www.iata.org/en/pressroom/2019-press-releases/2019-06-02-05/> (Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2021).
- IATA. (2019), RFID sub-working ISSUE 2.0, Contribution of ITPS . Technical Peripheral Specification , Switzerland
- IMPINJ Tec. Inc. (2021). <https://www.impinj.com/products/technology/how-can-rfid-systems-be-categorized> (Erişim Tarihi: 14 Şubat 2022).

- K. Juhan, C. Doocho, K. Inseop, and K. Howon, (2006), Product Authentication Service of Consumer's mobile RFID Device., IEEE Tenth International Symposium on Consumer Electronics. St.Petersburg: IEEE, s.1-6.
- Kang Y.S., Kim H. and Lee Y.-H. (January 2018), Implementation of an RFID-based sequencing-error-proofing system for automotive manufacturing logistics., Applied Sciences 8(1), Applied Sciences, c: 8(1), s.109.
- Kim, J., Tang, K., Kumara, S., Yee, S., Tew, J., (March 2008), Kim, J., TaValue analysis of location- enabled radio-frequency identification information on delivery chain performance., International Journal of Production Economics, c. 112(1), s.403-415.
- Korugan, A., Dingenç, K. D., Önen, T., and Ateş, Y. (April 2013), On the quality variation impact of returns in remanufacturing.» Computers & Industrial Engineering, c: 64(4), s.929–936.
- L. Fagui, J. Yuzhu, and R. Yongxiong, (2009), A framework for lightweight data synchronization on mobile RFID devices., International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management., IEEE, 2009. s.468-473.
- Lee, L.S., Fiedler, K.D., Smith, J.S. (2008), LeRadio frequency identification (RFID) implementation in the service sector: a customer-facing diffusion model., International Journal of Production Economics, c.112(2), s.587-600.
- McDonald, S. Corrigan, C. Daly, S. Cromie (2000), Safety management systems and safety culture in aircraft maintenance organisations, Elsevier Safety Science, p.151-176
- M.Keenan. (October 2021), What Is RFID Technology and How Can I Use It? , www.shopify.com/retail/rfid-technology (Erişim Tarihi : Eylül 9, 2020).
- Mishra, A., ve Mishra D. (September 2020), Application of RFID in Aviation Industry, An Exploratory Review., Promet Traffic & Transportation, c.22, s.363-372.

- Moshtagh, M. S., ve A. A. Taleizadeh. (2017), Stochastic integrated manufacturing and remanufacturing model with shortage, rework and quality based return rate in a closed loop supply chain., *Journal of Cleaner Production*, c.141, s.1548– 1573. .
- Nahmiasj, S., Rivera, H. (1979), A deterministic model for a repairable item inventory system with a finite repair rate., *International Journal of Production Research*, c.17, s. 215–221.
- NASA TTP. Technology NASA. (2011)., <https://technology.nasa.gov/patent/MSCTOPS-51> (Erişim Tarihi : Mart 12, 2022).
- NATO RTO. (March 2001), Aging Aircraft Fleets: Structural and Other Subsystem Aspects. AVT Lecture Series 218 Bis, Cedex/ France: RTO/NATO,.
- Ngai, E.W.T., Suk, F.F.C., Lo, S.Y.Y.,. (2008), Ngai, E.W.T.Development of an RFID-based sushi management system: the case of a Conveyor-Belt Sushi Restaurant., *International Journal of Production Economics* , c.112 (2), s.630–645. .
- Niederman, F., Mathieu, R.G., Morley, R., Kwon, Ik-W.(July 2007), Examining RFID applications in supply chain management.» *Communications of the ACM* c.50(7), s.92-101.
- Peter Chemweno, Brendan P. Sullivan , Georgios Bermperidis , Sebastian Thiede. (2022), Exploring the Added-Value of Integrating Real-Time Location System for Tracking Critical Maintenance Tools., 55th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Nederland: Procedia CIRP ScienceDirect, c.107, 902-907.
- Rekik, Y., Sahin, E., Dallery, Y.,. (March 2008), Analysis of the impact of the RFID technology on reducing product misplacement errors at retail stores., *Journal of Production Economics*, c.112(1), s.264-278.

- Resource Label Group. Comparing Different Types of RFID tags. (12 November 2018),
www.resourcelabel.com/resources/comparing-different-types-of-rfid-tags?/cn-reloaded=1 (Erişim Tarihi: Ekim 29, 2022).
- Richter, K. (1996), The extended eoq repair and waste disposal model., International Journal of Production Economics, c.45(1-3) s.443-447.
- Richter K. (1997)., Pure and mixed strategies for the eoq repair and waste disposal problem.» Operations Research Spektrum, c.19 (2), s.123-129.
- Richter, K., ve I. Dobos. (1999), Analysis of the EOQ repair and waste disposal problem with integer setup numbers., International Journal Production Economics, c.59 (1-3), s.463-467.
- Roberts, Simon. UK Civil Aviation. (2022)., <https://caainternational.com/course/human-factors-aviation-maintenance/> (Erişim Tarihi : 9 Eylöl 2022).
- Rossi, Jim Del. RFID Journal. (Jan 2020)., <https://www.rfidjournal.com/wp-content/uploads/2020/01/279.pdf> (Erişim Tarihi Eylöl 9, 2020).
- Ruddersoft Solution P.Inc. Ruddersof. (20 Jan 2016).
<https://www.ruddersoft.com/blog/rfid-applications-and-uses-in-real-business-world/6> (Erişim Tarihi: Mayıs 19, 2020).
- S. K. Kwok, J. S. L. Ting, A. H. C. Tsang, W. B. Lee, and B. C. F. Cheung,(September 2010), Design and development of a mobile EPC-RFID-based self-validation system (MESS) for product authentication.,Computers Industry, c.61(7),s. 624-635. .
- SAE Int. SAE International. (14 Dec 2006)., <https://www.rfidjournal.com/wp-content/uploads/2020/01/279.pdf> (Erişim Tarihi : Nisan 23, 2021).

- Schmidt, J. K., Schmorrow, D. & Hardee, M. (1998), A preliminary human factors analysis of naval aviation maintenance related mishaps., SAA Airframe/Engine Maintenance & Repair Conference & Exposition. USA: SAE Int., 7.
- Schrady, D. A. (1967), A deterministic inventory model for reparable items, Naval Research Logistics Quarterly, Volume 14, Issue:3, s.391-398.
- SHGM(2021)., Kamuda Stratejik Yönetim/SP. 2021.
http://www.sp.gov.tr/upload/xSPRapor/files/uj0zY+2021_Yili_SHGM_Faaliyet_Raporu.pdf (Erişim Tarihi: Haziran 2022).
- SHGM. SÜREKLİ UÇUŞA ELVERİŞLİLİK VE BAKIM SORUMLULUĞU TALİMATI (SHT-M 2012). Yönetmelik, Ankara: Ulaştırma Bakanlığı, Revizyon Ocak 2022., [Sürekli Uçuşa Elverişlilik Ve Bakım Sorumluluğu Talimatı \(SHT-M\) revize edilmiştir | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü \(shgm.gov.tr\)](http://www.shgm.gov.tr) (Erişim Tarihi : 4 Eylül 2022)
- SpotSee. SpotSee. (3 Jun 2020). <https://spotsee.io/blog/rfids-essential-role-in-aerospace-supply-chains> (Erişim Tarihi : Nisan 23, 2022).
- Szmerekovsky, J. ve Zhang, J. , (July 2008), Coordination and Adoption of Item-Level RFID with Vendor Managed Inventory., International Journal of Production Economics, c.114(1), s.388-398.
- Thorne A., Baret D., McFarlane D. (2007), Impact of RFID on Aircraft Turnaround Processes. Applied Research, Cambridge UK: IEMS 2007 AUTO-ID LABS
- Tian, X., ve Z. H. Zhang., (May 2018), Tian, Capacitated disassembly scheduling and pricing of returned products with price dependent yield, Omega Elsevier, c.(84), s.160-174.

- Tzeng, S.-F., Chen, W.-H., Pai, F.-Y.,(April 2008), Evaluating the business value of RFID: evidence from five case studies.» International Journal of Production Economics, c. 112(2), s.601–613.
- Ulah, M., ve B. Sarkar.(Jan 2020), Recovery-channel selection in a hybrid manufacturing-remanufacturing production model with RFID and product quality., International Journal of Production Economics, c.(219), s.360-374.
- UTED. Hava Aracı Bakım Üzerine.(8 Ocak 2020), <https://dergi.uted.org/hava-araci-bakim-teknisyeni> (Erişim Tarihi: Mart 12, 2022).
- Veeramani, D., Tang, J. ve Alfonso Gutierrez, A. «Veeramani, D., Tang, (2008), A Framework for Assessing the Value of RFID Implementation by Tier-One Suppliers to Major Retailers, The Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 1 April 2008: c.3(1), s.55-70.
- W.Lu Sujing, H. Hongmei, and Z. Zhou.,(2010) , The design and implementation of the warehouse system based on RFID and mobile devices, 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE). Singapore: IEEE, 2010. s.696-698. .
- William, R.C., (2021), Global Air Passenger Totals Show Improvement From 2020 but Still Only Half Pre-Pandemic Levels., ICAO Uniting Aviation. 17 January 2022. <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/2021-global-air-passenger-totals-show-improvement.aspx> (Erişim Tarihi Mart 8, 2022).
- Yumakoğulları Ö., Aydemir, R., Güloğlu, B.,(Aralık 2015), Türkiye Havayolu Endüstrisinde Hava Trafiği, Flosu ve MRO Piyasasının Gelişimi. Kocaeli Üni. Sosyal Bilimler Dergisi, c.30, s.31-50.

