

Uçuş Veri Kayıt Sistemi ve Önemi

İsmail YAVAŞ¹  Rüştü GÜNTÜRKÜN²  Fatih Alpaslan KAZAN^{2,*} 

¹ Türk Hava Yolları Teknik A.Ş., Teknik Birim Savunma Projeleri Operasyon Müd., Konya, Türkiye

² Selçuk Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Havacılık Elektrik ve Elektronik Bölümü, Konya, Türkiye

*akazan@selcuk.edu.tr (Corresponding Author/Sorumlu Yazar)

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 25/05/2023

Kabul: 23/06/2023

Yayın: 30/06/2023

Anahtar Kelimeler:

Uçuş Veri Kaydedicisi,
Flight Data Recorder,
FDR,
Uçak,
Uçak Kazası.

Bu çalışmada günümüz yolcu uçaklarında kullanılan uçuş veri kayıt sistemi ve sistemi oluşturan elemanların birbiriyle olan bağlantıları araştırılmıştır. Uçuş veri kayıt sistemi uçaklarda sonradan kullanılmaya başlanmış fakat günümüzde bir zorunluluk haline gelmiştir. Havacılıkta sebebi ve oluş şekli aydınlatılmayan kazalar sektöre karşı güven kayıplarına neden olmuştur. Kazaların sebebini öğrenebilmek, varsa teknik çözümler üretebilmek için, ayrıca ticari açıdan giderleri azaltmak amacıyla uluslararası sivil havacılık otoriteleri uçuş verilerinin kaydedilmesini istemiştir. Uçuş veri kaydediciler uçaklarda ilk kullanıldığı zamanlarda basit sistemler olarak kullanılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ve ihtiyaçlar doğrultusunda günümüzde karmaşık hale gelmiş ve birçok komponenti içinde barındıran bir sistem haline gelmiştir. Çalışmada dünyada en çok kullanılan yolcu uçaklarından olan Boeing 737 seçilmiştir. Çalışmada anlatılacak sistem bir Boeing 737 sistemi olmasına rağmen tüm yolcu uçaklarında benzer bir sistem kullanıldığı için verilen bilgiler genel olarak tüm yolcu uçakları için temel bilgi niteliğindedir.

Flight Data Recording System and Its Importance

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 25/05/2023

Accepted: 23/06/2023

Published: 30/06/2023

Keywords:

Flight Data
Recorder,
FDR,
Aircraft,
Aircraft Accident.

In this study, the flight data recording system used in today's passenger planes and the connections between the elements that make up the system were investigated. Flight data recording system started to be used in airplanes later, but today it has become a necessity. Accidents in aviation, the cause and manner of which could not be clarified, caused a loss of confidence in the sector. In order to learn the cause of the accidents, to produce technical solutions, if any, and to reduce commercial costs, international civil aviation authorities have requested the recording of flight data. Flight data loggers were used as simple systems when they were first used on airplanes. In line with the development of technology and needs, it has become complex and has become a system that includes many components. Boeing 737, one of the most used passenger aircraft in the world, was chosen for the study. Although the system to be explained in the study is a Boeing 737 system, since a similar system is used in all passenger aircraft, the information given is generally basic information for all passenger aircraft.

Atf/Citation: Yavaş, İ., Güntürkün, R. & Kazan, F. A., (2023). Uçuş Veri Kayıt Sistemi ve Önemi. *Aerospace Research Letters (ASREL) Dergisi*, 2(1), 1-9.



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi tarafından 15-17 Mayıs 2023 tarihleri arasında Konya'da düzenlenen II. Havacılık Öğrencileri Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Wright kardeşler tarafından 1903 yılında yapılan ilk uçuştan bu zamana kadar uçaklarda birçok yenilik ve gelişme yaşanmıştır. Yaşanan bu gelişmelerden bazıları uçakların konforu, hızları, yön ve konum tespit sistemleri, özellikle savaş uçağı pilotları tarafından kullanılan kıyafetlerde yaşanan gelişmeler, eğlence sistemleri, iletişim araçları ve uçak arıza tespit sistemleri bunlara örnek olarak verilebilir (Hein & Brun, 2019). Artık havacılık sadece bir yerden başka bir yere yolcu ve yük taşıma veya askeri amaçlı olmaktan çıkmış, gözünü uzayın derinliklerine dikmiştir (Yalçın, 2016). Havacılığın evrilme sürecindeki en önemli gelişme Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization) olan ICAO'nun kurulmasını sağlayan ve 1944 yılında gerçekleştirilmiş olan Chicago Sözleşmesi'dir (Kaya, 2016). Havacılık sektörü, II. Dünya Savaşı'ndan sonra yeni havalimanlarının açılması, uçakların daha modern hale gelmesi ve gelişimin hızla genişlemeye devam etmesi sonucunda günümüzde ekonomik olarak ve ulaşım ağının kapsamı bakımından oldukça büyümüştür. ICAO verilerine göre 1950'lerde 100 milyon kişi olan tarifeli yolcu sayısı, artan bir ivmeyle 2019 senesinde 4,5 milyar kişi sayısına ulaşmıştır. Her ne kadar Covid-19 salgını sebebiyle bu rakam 2020 yılında 1,8 milyar kişiye düşse de havacılık sektörü gelişmeye devam etmektedir (ICAO, 2021).

Uçuş veri kaydedici (Flight Data Recorder, FDR) sistem, uçağın motorlarının çalışması ile başlayan, motorların kapanmasının ardından da belli bir süre devam eden süreçte çok sayıda veriyi kaydeder. Kayıtlı olan bu uçuş verileri gerektiğinde ya da rutin bakım işlemlerinde mühendisliğin incelemesine sunulur.

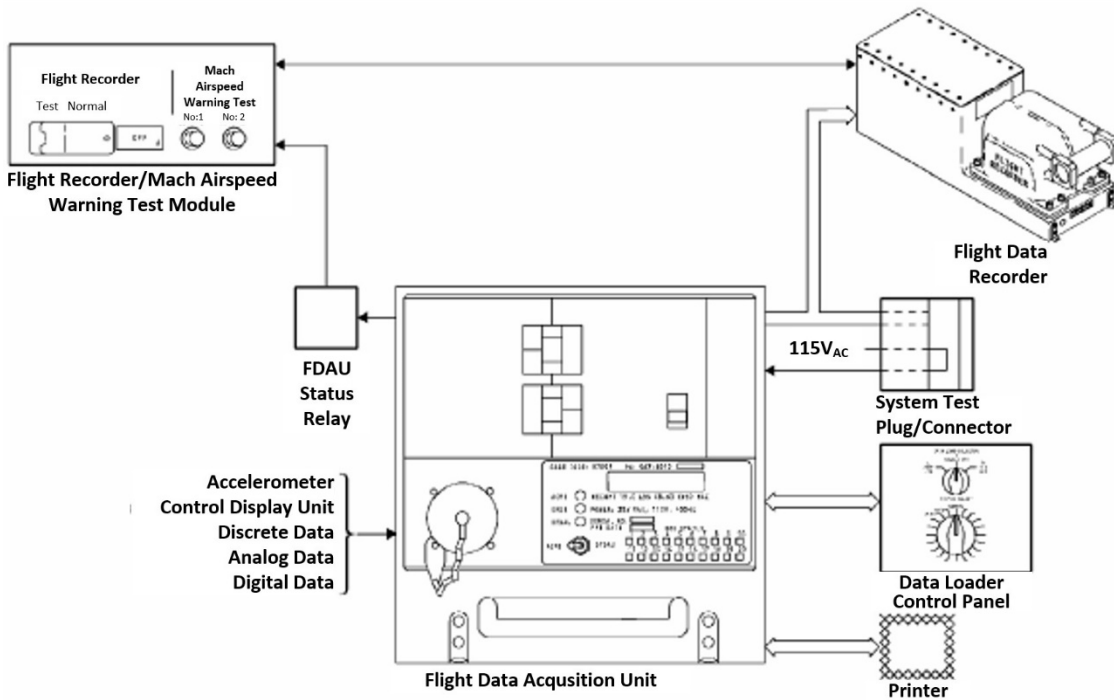
Bir kazadan sonra bozulmadan kalabilen bir FDR için ilk gereksinim 1940'larda meydana gelen uçak kazalarından kaynaklanmıştır. Bu, Sivil Havacılık Otoritesini kaza soruşturması amacıyla bir uçuş kaydedici ihtiyacını düzenlemeye zorlamıştır. Ancak II. Dünya Savaşı ve uygun ekipman eksikliği nedeniyle 1957'ye kadar bir gelişme sağlanamamıştır. 1957 yılında Sivil Havacılık Otoritesi uçuş kaydediciler hakkında bir yönetmelik yayınlarak 5670 kg üzerindeki ve yaklaşık 7600 m irtifada uçan tüm uçakların irtifa, hava hızı, istikamet ve tırmanış ivmesini kaydeden bir kara kutu ile donatılması gerektiğine karar vermiştir (EUROCAE, 2003). Sivil havacılık otoritesi, kaza soruşturması amacıyla uçuş ekibi konuşmalarının kaydedilmesini istediğinde, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Federal Havacılık İdaresi (Federal Aviation Administration, FAA) bir kokpit ses kayıt cihazı için fizibilite çalışmasını tamamlamış ve 1967'de kokpit ses kaydedici (Cockpit Voice Recorder, CVR) cihazının kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Böylece FDR ve CVR cihazı olmak üzere iki sistem devreye alınmıştır. Bir FDR'nin gereksinimleri 1972'ye kadar değişmemiştir. 1980'den önceki küçük değişikliklere rağmen, katı hal uçuş kaydedicisinin 1980'lerin sonlarında ortaya çıkması, uçuş kaydedicilerin gelişiminde önemli ilerlemeler sağlamıştır. Katı hal depolama aygıtlarının kullanımı, kayıt yeteneklerini genişletmiş, şok ve yangına karşı direnci ve aygıtın güvenilirliğini artırmıştır (Tsuruta, 2008). Günümüzde Dijital Uçuş Veri Kayıt Sistemi (Digital

Flight Data Recorder System, DFDRS), son 25 saatlik operasyon için uçak parametrelerini ve sistem verilerini saklamaktadır. Katı hal uçuş veri kaydedici (Solid State Flight Data Recorder, SSFDR), parametreleri ve sistem verilerini korur. Bir uçakta problem ya da kaza olması durumunda, bu parametreler uçuş koşulları ve uçak sistemlerinin işleyişi hakkında veri sağlar. Havayolu personeli, verileri uçak bakımı sırasında sistem performansının bir analizini yapmak için de kullanabilir. FDR, uçak parametrelerini uçak sistemlerinden ve sensörlerden alıp ısı ve sudan etkilenmeyecek şekilde sonrasında kullanılmak üzere depolar. Depolanan bu gerçek veriler Dalkıran ve Yıldırım (2021) tarafından yapıldığı gibi, uçaktaki bazı parametrelerin hesaplanması veya tahmin edilmesi amacıyla da kullanılabilir. Bu hesaplamalarda bulanık tabanlı farklı algoritmalar ya da uyarlanabilir ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi kullanılabilir (Bağis & Konar, 2018; Konar & Bağış, 2016).

SİSTEMİN BİLEŞENLERİ VE İŞLEYİŞİ

FDR sistemi içinde birçok komponent barındırmaktadır. Bu komponentlerden kimileri karmaşık hesaplar yapan bilgisayarlar olurken kimileri de uçağın hareketli ya da kritik bölgelerine yerleştirilmiş sensörlerdir. Sistemin diğer bazı elemanları ise sistemde bir hata olup olmadığını takip eden elektronik elemanlardır.

Şekil 1'de FDR'nin şematize edilmiş görseli verilmiştir. Şekil 1'de görülmekte olan uçuş verilerini toplama ünitesi (Flight Data Acquisition Unit, FDAU) bu sistemde verilerin toplandığı merkezdir. FDAU'ya dijital ve analog olmak üzere birçok veri gelmektedir. Gelen veriler yine bu merkezden dağıtılır ve FDR'ye iletilerek kaydedilip saklanır. Ayrıca bazı havayolları bu sisteme ilave olarak yazıcı ve hızlı erişim kaydedicisi gibi opsiyonel donanımlar da kullanabilmektedir.

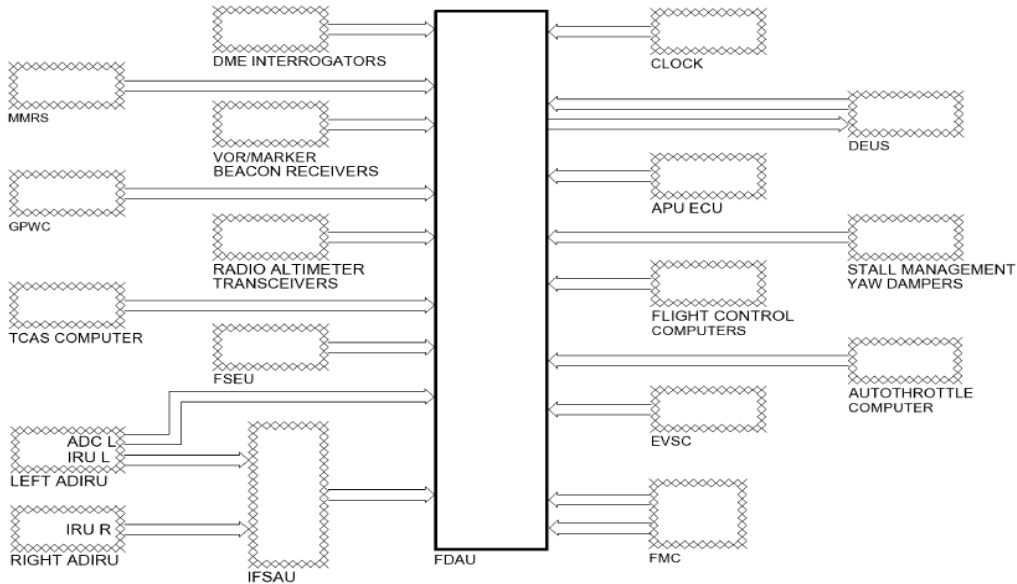


Şekil 1. FDR sisteminin şematize edilmiş görseli (Şener, 2003).

Dijital Uçuş Veri Toplama Birimi

Dijital uçuş veri toplama birimi (Digital Flight Data Acquisition Unit, DFDAU) verileri toplar, çoğaltır ve standart bir dijital formata dönüştürür. Girdiler birçok uçak sisteminden ve sensörden gelir. FDR, DFDAU'dan gelen işlenmiş sinyalleri saklar. Uçak verilerini dijital, ayrık ve analog kaynaklardan alan DFDAU, bu verileri FDR için seri dijital veriler oluşturmada kullanır. DFDAU ayrıca uçak durumu izleme sistemi (Aircraft Condition Monitoring System, ACMS) için veri toplar ve ACMS verilerini depolar. DFDAU, sistem test konnektörü aracılığıyla P18 panelinden 115VAC, 400 Hz, tek fazlı güç alır. Dâhili bir güç kaynağı için gerekli tüm DC gerilimleri sağlar. DFDAU ayrıca analog vericiler ve sensörler için 28Vac referans voltajı alır. DFDAU'nun aldığı veriler zorunlu ve zorunlu olmayan veriler olarak ayrılabilir. FDR için toplanan uçuş verileri zorunlu veridir. DFDAU ayrıca mühendislik kullanımı için ACMS verilerini toplar. Bu zorunlu bir veri değildir. DFDAU, zorunlu verileri harvard iki fazlı formatına dönüştürür. Bu veriler uçuş veri kaydedicisine gider. DFDAU'nun hafızasında ACMS yazılımı vardır. Bu yazılım izlenecek giriş verilerini seçer. Veriler dijital formata dönüştürülür. DFDAU dönüştürülen verileri hafızasında tutar. Veriler, veri yükleyici kontrol paneline gidebilir ve ardından veri yükleyicideki bir diske taşınabilir. DFDAU'nun ön tarafında bir disk sürücüsü vardır. Bir disk takılıysa, DFDAU ACMS verilerini programlandığı gibi diske kaydeder (Boeing, 2023c). DFDAU dijital, ayrık ve analog girişlerden aldığı verileri seri dijital verilere dönüştürür. Gelen dijital verilerin çoğu uçakta takılı olan başka bilgisayarlar tarafından gönderilen verilerdir.

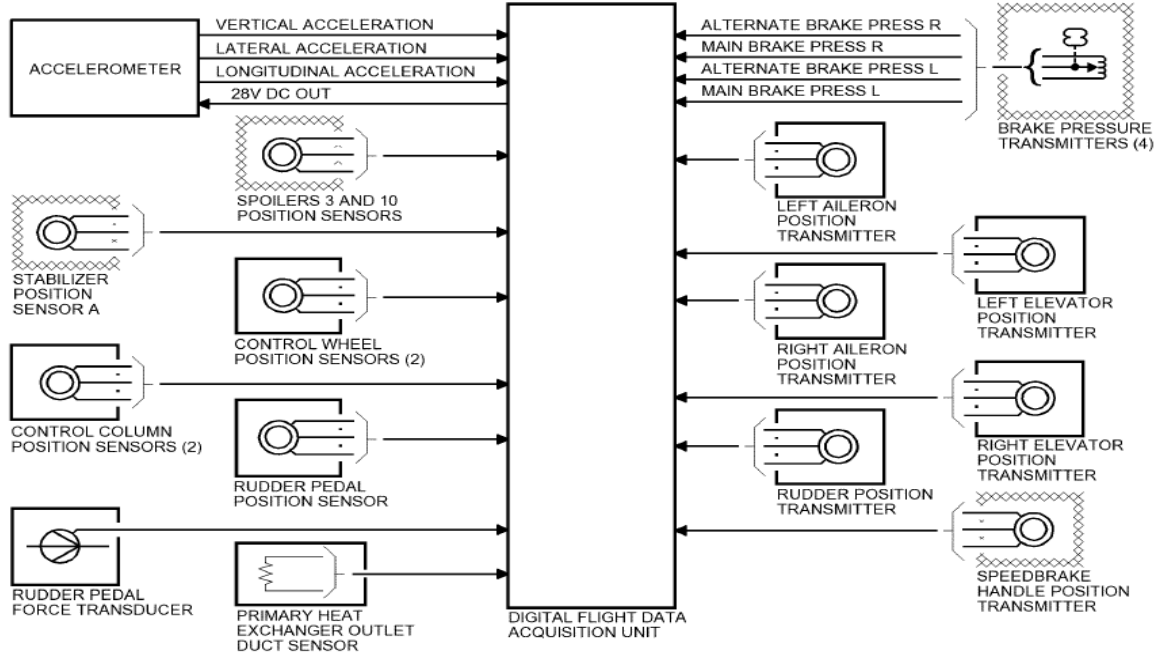
Şekil 2'de de görüleceği üzere, toplanan dijital veriler arasında yükseklik, konum, otopilot hareketleri, hava trafik durumu gibi çok çeşitli bilgiler vardır. DFDAU bu bilgilerin zorunlu olanlarını FDR'a, zorunlu olmayan bazı verileri ise hızlı erişim için hızlı erişim kaydedici (Quick Access Recorder, QAR)'a iletir. QAR verileri depolar. Uçak performans verilerine erişilmesini sağlar (FAA, 2004).



Şekil 2. FDAU'ya gelen dijital sinyaller (Boeing, 2023a).

DFDAU'ya gelen analog veriler ise Şekil 3'de de görüleceği üzere ivmeölçer, kumanda

yüzeyi sensörleri ve bazı pozisyon ya da basınç vericileri gibi elemanlardan gelen verilerdir. Gelen bu analog veriler dijitale dönüştürülerek FDR'ye iletilir ve kaydedilir. DFDAU'ya gelen diğer veri çeşidi ise ayrıık sinyallerdir. Ayrıık sinyaller arasında hidrolik basınçları, iniş takımlarının konumları, uçağın hız ya da durum bilgisi, oto fren, duman sensörleri gibi bilgiler bulunmaktadır.



Şekil 3. DFDAU'ya gelen analog sinyaller (Boeing, 2023b).

Wireless özelliği olan hızlı erişim kaydedici (Wireless Quick Access Recorder, WQAR) verileri saklar, kaydeder. Kaydedilen verileri ticari bir kablosuz veri bağlantısı üzerinden otomatik olarak iletme yeteneğine sahipken, aynı zamanda çıkarılabilir bir kayıt ortamı kullanarak kaydedilen verilerin manuel olarak çıkarılmasına da imkân verir. Uçak yerdeyken kaydedilen veriler sıkıştırılır, şifrelenir ve kablosuz hücreli veri bağlantısı üzerinden güvenli bir şekilde iletilir.

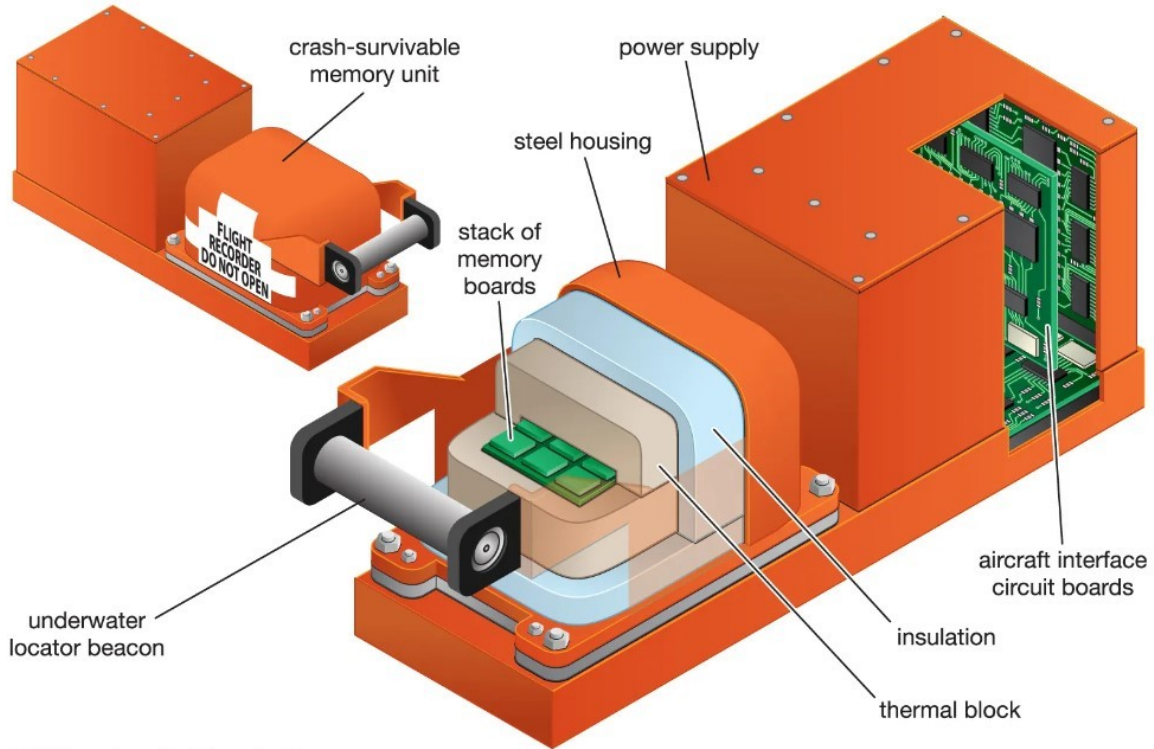
Birçok arayüze sahip DFDAU, sistem için verilerin toplandığı ve iletiildiği çok önemli bir kavşak noktasıdır. Sistemin temelini oluşturan bu bilgisayar FDAU veya yeni serilerde DFDAU olarak uçaklarda halen kullanılmakta olup kokpitin altında elektronik ekipman bölgesinde konumlandırılmıştır.

Uçuş Veri Kaydedicisi

Hava araçlarında kaza-kırım durumları sonrası verileri incelemeye sunan, önleyici bakım uygulamalarına zemin hazırlayan ve yorumlanan veriler sonrası havacılık eğitimine katkıda bulunan FDR, uçuş sırasında birçok veriyi kayıt altına alır (Dub & Pařízek, 2018). FDR, son 25 saatlik uçuş verilerini alır ve saklar. Veriler çarpmaya ve yangına dayanıklı bir korumadadır. FDR, iyi durumda olduğundan emin olmak için açılışta kendi kendini test eder. FDR, DFDAU'dan harvard iki fazlı formatta veri alır. Giriş/çıkış arabirimi arabelleği, verileri veri yoluna koyar. Alınan verileri DFDAU'ya geri gönderir. Merkezi işlemci birimi (Central Processing Unit, CPU) veri hareketini kontrol eder. Ayrıca kendi kendine testler yapar ve test sonuçlarını test için yerleşik test ekipmanı (Built-In Test Equipment, BITE)'ye gönderir. BITE test güç kaynağını ve FDR işlevlerini sürekli kontrol eder. BITE test sonucunda

bir olumsuzluk varsa sistem durum ikazı ya da bakım ikazı uyarıları verilir. Giriş gücü kaybı, giriş verilerinin kaybı, merkezi işlemci biriminin yıkıcı bir darbeye maruz kalması, arızalı bellek aygıtları nedeniyle yeterli bellek olmaması, yazılımda bulunan hatalar, hatalı veri hızı girişleri, verilerin uygun şekilde kaydedilmemiş olması ve test modunda çalışma esnasında sistem durum ikazı alınır. Donanım hataları, yazılımda bulunan hatalar ve hatalı veri hızı girişleri ise bakım ikazının alınmasına sebep olur.

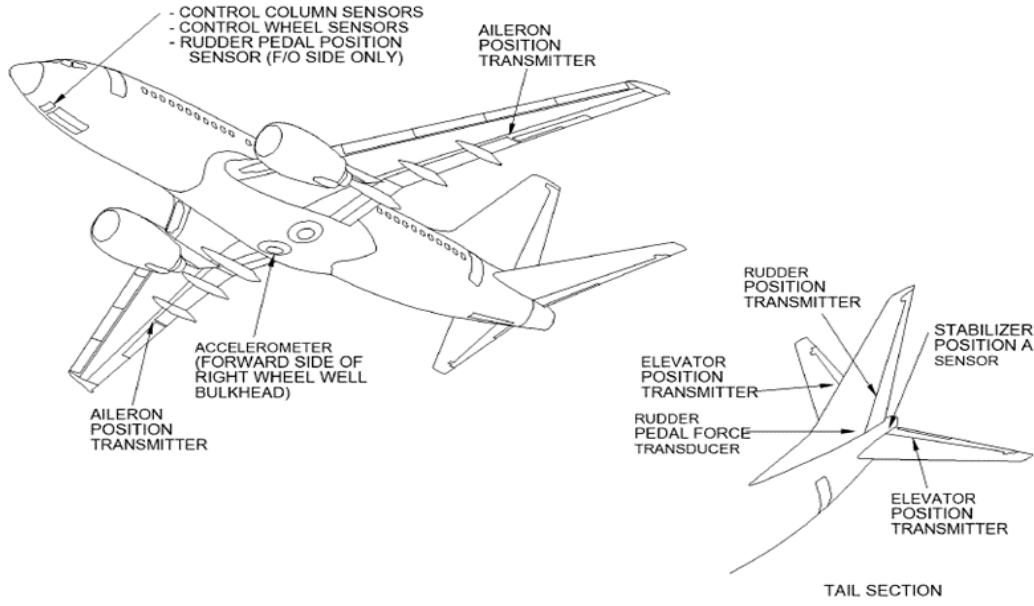
Şekil 4'de örnek bir görseli sunulan FDR, koruma sağlamak için sert çelik alaşımlardan yapılmıştır. Yaklaşık 8,2 kg ağırlığındadır. FDR'deki bellek depolama düzeneği, 2273 kg'a kadar ezilmeye karşı dayanıklıdır. FDR kasası ayrıca 20.000 fit'e kadar derin deniz basınçları ve yarım saat boyunca 1100°C'ye kadar yangına karşı koruma sağlar (Boeing, 2017). Uçaklarda kabinin arka tarafında tavan bölgesinde ya da kuyruk konisinde konumlandırılmıştır. FDR'nin ön tarafında bir su altı konum belirleme cihazı (Underwater Locator Device, ULD), bir ATE konektörü ile sarı bir BITE ışığı bulunur. Bir FDR arızası olduğunda sarı BITE ışığı yanar. ATE konektörü, taşınabilir test ekipmanı bağlamanıza ve katı hal belleğinden bilgi kopyalamanıza olanak tanır.



Şekil 4. Örnek bir FDR cihazına ait görsel (Britannica, 2013).

FDR'nin ön kısmında bulunan ULD, ultrasonik bir sinyal yayan bir vericidir. FDR'nin su altında olup olmadığının anlaşılmasını, su altındaysa bulunmasını kolaylaştırır (Gümüş, 2020). Saniyede bir 37,5 kHz'lik bir akustik darbe tonu yayar. ULD suya temas ettiğinde çalışmaya başlar ve 20.000 fit'e kadar sinyal gönderebilir (FAA, 2022). ULD'lerin uçaklarda ilk kez kullanımı 1968 yılında Amerika'da olmuştur. FAA, Dukane Corporation isimli şirkete 1968 yılında bir ULD tasarlatmıştır. Tasarlatılan bu ULD sualtı ortamında test edildikten sonra, elde edilen tüm bulgular bir rapor halinde yayınlamıştır. Bu cihaz tasarımsal özellikler ve kullanım şekli itibarıyla havacılıkta kullanılan ULD'lere çok benzerdir (FAA, 1968). ULD'lerin FDR ve CVR cihazlarına takılması 1977 yılında zorunlu hale getirilmiştir. Şekil

5'de yukarıda bahsi geçen bazı sensör ve vericilerin uçaktaki konumlarını görülmektedir.



Şekil 5. Bazı sensör ve vericilerin uçaktaki konumları (Boeing, 2002).

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada uçaklar için kritik öneme sahip uçuş veri kaydedici sistem ve bileşenleri hakkında bilgi verilmiştir. Görüldüğü üzere sistem, birbirleriyle uyum içinde çalışan farklı sistem elemanlarını içermektedir. Sistemde bulunan bazı elemanlar karmaşık yapıya sahip bilgisayarlar iken bazıları daha basit analog komponentlerdir. Sistemde sensör, vericiler ve ivmeölçer bilgi kaynağı oluştururken, sistemin temel parçası olan DFDAU verilerin toplandığı ve işlendiği bir merkez halindedir. FDR ise toplanan bu verilerin kayıt altına alınıp güvenle saklanmasını sağlayan gerektiğinde ise verilerin indirilebileceği bir komponenttir. Sistemdeki diğer elemanlar daha çok sistemin doğru çalışıp çalışmadığını kontrol eden elemanlardır. Bir arıza ya da aksaklık durumunda kullanıcıya bilgi vermektedir.

Veri kaydedici sistemi, kullanılmaya başlandığı zamana oranla çok ilerlemiştir. Örneğin FDR üzerindeki ULD ilk zamanlarda 36 saat çalışabiliyorken günümüzde 90 güne kadar çalışabilmektedir. Hızlı erişim kaydedici teknoloji ile kablosuz veri transferi, FDR'nin fiziksel dayanımının artması, yazılımda yapılan iyileştirmeler, bir yazıcı vasıtasıyla çıktılarının alınabilmesi, kullanılan elemanlarda ağırlığın azaltılması ya da daha fazla hafıza alanı gibi yenilikler verilebilecek başka örneklerdir. Bu sistemin gelişmesiyle kazaların daha rahat aydınlatılabileceği, bakım maliyetlerinin ve iş gücü kayıplarının azaltılabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Bagis, A., & Konar, M. (2018). ABC and DE algorithms based fuzzy modeling of flight data for speed and fuel computation. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 11(1), 790.
- Boeing. (2002). *Boeing 737-600/700/800/900 Aircraft Maintenance Manual Part 1 Chapter 31-31-00--004 Flight Data Recorder System / Airplane Component Location*. B. Company.
- Boeing. (2017). *Boeing Aircraft Maintenance Manual Chapter 31-31-00-012 Flight Data Recorder System / FDR*. B. Company.
- Boeing. (2023a). *Aircraft Maintenance Manual Part 1 Chapter 31-31-00--009 Flight Data Recorder System / DFDAU Digital Interface*. B. Company.
- Boeing. (2023b). *Aircraft Maintenance Manual Part 1 Chapter 31-31-00--010 Flight Data Recorder System / DFDAU Digital Interface*. B. Company.
- Boeing. (2023c). *Aircraft Maintenance Manual Part 1 Chapter 31-31-00--014 Flight Data Recorder System*. B. Company.
- Britannica. (2013). *Flight Recorder*. Retrieved 23 Kasım 2022 from <https://www.britannica.com/technology/flight-recorder>
- Dalkıran, F. Y., & Yıldırım, F. R. (2021). Uçağın trim parametresinin ANFIS kullanılarak tahmin edilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 54-62.
- Dub, M., & Pařízek, J. (2018). Evolution of Flight Data Recorders. *Advances in Military Technology*, 13(1), 95-106.
- EUROCAE. (2003). *Minimum Operational Performance Specification for Crash Protected Airborne Recorder Systems (ED-112)*.
- FAA. (1968). *Underwater Locator Beacon Detection Ranges for Fuselage Encapsulated Recorders* Retrieved 20 Mart 2023 from <http://www.fire.tc.faa.gov/pdf/na68-7.pdf>
- FAA. (2004). *Advisory Circular - Flight Operational Quality Assurance*. U. S. D. o. T.-F. A. Administration.
- FAA. (2022). *Report to Congress Aircraft Data Access and Retrieval Systems*. F. A. Administratio
- Gümüş, E. (2020). *FDR ve CVR'nin Uçaklar İçin Önemi Nedir?* Retrieved 12 Aralık 2022 from <https://herkesicinhavacilik.com/tag/fdr/>
- Hein, A. M., & Brun, J. (2019). A conceptual framework for breakthrough technologies. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*.
- ICAO. (2021). *Safety Report 2021 Edition (ICAO Doc 10004)*.
- Kaya, İ. S. (2016). Chicago Sözleşmelerinin Uluslararası Hukuk Açısından Değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 7(2), 187-200.
- Konar, M., & Bağış, A. (2016). Simultaneous computation of the speed and fuel parameters of flight control system by using Anfis and artificial neural networks. 2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU).

Şener, T. (2003). *Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı İle Uçuş Kontrol Sisteminde Arıza Tesbiti Ve Yalıtımı* İstanbul Teknik Üniversitesi].

Tsuruta, G. M. L. (2008). The Analysis of Flight Operational Quality Assurance (FOQA) Data: Exploration of a Proposed List of Improved Safety Parameters.

Yalçın, O. (2016). Havacılık, Hava Gücünün Doğuşu ve Birinci Dünya Savaşına Etkisi. *Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü Atatürk Yolu Dergisi*, 59.