



Jandarma ve Sahil Güvenlik Akademisi
Güvenlik Bilimleri Enstitüsü
Güvenlik Bilimleri Dergisi, Kasım 2021, Cilt:10, Sayı:2, 425-446
doi:10.28956/gbd.1028641.

Gendarmerie and Coast Guard Academy
Institute of Security Sciences
Journal of Security Sciences, November 2021, Volume:10, Issue:2, 425-446
doi:10.28956/gbd.1028641

Makale Türü ve Başlığı / Article Type and Title

Araştırma / Review Article
İnsansız Hava Araçlarının Adli Bilişim Açısından İncelenmesi.
Investigation of Unmanned Aerial Vehicles in Terms of Forensic Computing

Yazar(lar) / Writer(s)

Ömer ÖZFINDIK, Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı, Türkiye, adsenzen06@gmail.com, ORCID:
0000-0001-5979-5803

Bilgilendirme / Acknowledgement:

- Yazarlar aşağıdaki bilgilendirmeleri yapmaktadırlar:
- Makalemizde etik kurulu izni ve/veya yasal/özel izin alınmasını gerektiren bir durum yoktur.
- Bu makalede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Bu makale Turnitin tarafından kontrol edilmiştir.
This article was checked by Turnitin.

Makale Geliş Tarihi / First Received : 25.01.2021
Makale Kabul Tarihi / Accepted : 14.10.2021

Atf Bilgisi / Citation:

Özfindık, Ö. (2021). İnsansız Hava Araçlarının Adli Bilişim Açısından İncelenmesi. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 10(2), ss.425-446, doi:10.28956/gbd.1028641

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ADLİ BİLİŞİM AÇISINDAN İNCELENMESİ

Öz

Bu çalışma, İnsansız Hava Aracı (İHA) ve İHA ile birlikte kullanılan android işletim sistemine sahip mobil cihazlar ve hafıza kartlarında adli bilişim açısından önem arz eden kayıtların tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda döner kanatlı İHA'nın kullandığı görülmüştür. Literatürden farklı olarak ayrıca sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartı ve İHA ile birlikte kullanılan android işletim sistemine sahip mobil cihazın incelemesi de gerçekleştirilmiştir. İncelemeler için, adli bilişim açısından önem arz edebileceği değerlendirilen ve genel olarak inceleme isteklerinde belirtilen istekler doğrultusunda çeşitli uygulamalar yapılmış ve bu uygulamaların ardından; lisanslı programlar ve internet üzerinden araştırılarak ücretsiz temin edilen programlar ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda; cep telefonundan İHA'nın kontrolünün yapılabilmesi için mobil cihaza yüklenen DJI GO 4 uygulamasının yüklenme tarihi, kullanılan mail adresleri, cep telefonunun bağlı olduğu wi-fi adresi, İHA seri numarası, İHA ile kullanılan bataryaların seri numaraları, konum (koordinat) bilgisi ve uçuş güzergâhı (Rota) kayıtları tespit edilmiştir. İHA'ndan; İHA seri numarası, İHA ile kullanılan bataryaların seri numaraları, koordinat bilgisi, rota kayıtları ve bu kayıtlara ait tarih/saat bilgileri tespit edilmiştir. Hafıza kartından; uçuş sırasında çekilen mevcut ve silinmiş fotoğraf ve video (görüntüler), görüntülere ait tarih/saat bilgileri, videolar ile birlikte oluşan ve video dosyalarına ait koordinat ile tarih/saat bilgilerini içeren ".SRT" uzantılı LOG kayıtları tespit edilmiştir. Uçuş kontrol kartından; rota bilgisi, bu rotalara ait koordinat bilgileri ve koordinatlara atanan görevlere ait kayıtlar tespit edilmiştir. Çalışmamız sonucunda bataryaların tarafımızca tespit edilen verilerin soruşturma makamlarına katkı sağlayabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DJI Phantom, İHA, Android, İnsansız Hava Araçları, Adli Bilişim, Uçuş Kontrol Kartı.

RESEARCH ON UNMANNED AERIAL VEHICLES IN TERMS OF FORENSIC COMPUTING

Abstract

This study was conducted to determine the records that are important for forensic informatics in mobile devices and memory cards with android operating system used with UAV and UAV. As a result of the literature review, it was seen that a rotary wing UAV was used. Unlike the literature, the Pixhawk 2 Auto Pilot flight control card installed in the fixed wing UAV and the mobile device with the android operating system used with the UAV were also examined. For the examinations, various applications have been made in line with the requests that are considered to be of importance in terms of forensic informatics and that are generally stated in the requests for examination. And in addition; the licensed programs and the programs that were provided free of charge were searched through the internet and analyzed. As a result of the analysis made; From mobile device; The date of the DJI GO 4 application installed on the mobile device to control the interface of the UAV, the e-mail addresses used, the wi-Fi address of the mobile phone, the serial number of the UAV, the serial numbers of the batteries used with the UAV, the location (coordinate) information and flight route (Route) records has been determined. From the UAV; The serial number of the UAV, the serial numbers of the batteries used with the UAV, coordinate information, flight route (Route) records and the date / time information of these records were determined. From the memory card; The existing and deleted photographs and videos (images) taken during the flight, the date / time information of the images, LOG records with the ".SRT" extension that contain the coordinate and date / time information of the video files were detected. From the flight control card; route information, coordinate information of these routes and records of tasks assigned to coordinates were determined. As a result of our study, it has been evaluated that the data reached by us can contribute to investigation authorities.

Keywords: DJI Phantom, UAV, Android, Unmanned Aerial Vehicles, Digital Forensic, Flight Control Card.

GİRİŞ

Genellikle askeri amaçlarda kullanılan İHA, yaşanan teknolojik gelişmeler ile günlük yaşamı kolaylaştırıcı birçok alanda (arama kurtarma, 3 boyutlu haritalama vb.) ve yasadışı suçlarda kullanılabilir.

Gerçekleşen terör ağırlıklı eylemlerde Quadcopter veya Multicopter olarak bilinen döner kanatlı İHA kullanılırken, son dönemlerde sabit kanatlı olan planör tipi türlerin kullanımının da yaygınlaştığı görülmektedir. Bu sistemlerin GPS tabanlı olması, önceden uçuş koordinatlarının girilmesi ve belirli bir uçuş rotasını izlemesi sebebiyle etkisiz hale getirilme hususunda Jammer'ların ve İHA savunma sistemlerinin yetersiz kaldığı görülebilmektedir.

Aşağıda belirtilen literatür taramaları dikkate alınarak İHA, İHA ile kullanılan materyaller (mobil cihaz ve hafıza kartı) içerisinde, işlenen suç ile ilgili adli makamlara verilebilecek bulgular tespit edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan literatür taraması sonucunda; DJI Phantom III marka döner kanatlı İHA incelenerek GPS koordinatları ve uçuş haritaları incelenmiş (Gülataş ve Baktır 2018, ss.26-34), DJI Phantom III marka döner kanatlı İHA incelenerek uçuş kayıt dosyaları ve görüntü dosyalarındaki Exif (Öznitelik) bilgileri incelenmiş (Gülataş ve Baktır, 2018, ss.44-45), DJI Phantom III marka döner kanatlı İHA incelenerek GPS konumları, İHA, İHA ile birlikte kullanılan mobil cihazında incelenmesi gerektiğini belirtmiş (Clark, Meffert, Baggili ve Breitinger, 2017, ss.5), İHA sistemi kullanarak bir alanı 3B olarak yeniden yapılandırma çalışması yapılmış (Aydın, Bostancı, Güzel ve Kanwal, 2020, ss.25), İHA'nın düşük maliyetlerle daha tıbbi malzeme ve kan vb. testleri hızlı sürede teslim edebileceği araştırılmış (Ling ve Draghic, 2019, s.1608-1611), çığ olaylarında arama kurtarma operasyonlarında çok amaçlı bir İHA projesi sunulmuş (Silvagni, Tonoli, Zenerino ve Chiaberge, 2017, ss.18-33), arama-kurtarma çalışmalarında bölgede bulunan yaralıların konumlarının tespiti ve gerekli yardımın hızlıca ulaştırılması için İHA kullanımının önemi vurgulanmıştır (Yavuz, Akbıyık ve Bostancı, 2016, pp.565-568). Bu çalışmada ayrıca sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartı ve İHA ile birlikte kullanılan materyallerin incelemesi de gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada; döner kanatlı ve sabit kanatlı olan planör tipi İHA, İHA ile birlikte kullanılan materyallerin adli bilişim açısından incelemesi uygulamalı olarak sunulması hedeflenmiştir. Çalışmanın amacı incelenecek söz konusu bulgulardan konum (koordinat), uçuş bilgileri ile görüntü dosyalarına ve söz konusu bulguların birbirleriyle bağlantısının olup olmadığına yönelik olacaktır.

Yapılan çalışmanın sonucunda ulaşılmak istenen suçun aydınlatılmasına fayda sağlayacağı değerlendirilen verilerin, adli bilişim alanında çalışan kolluk kuvvetlerine ve adli bilişim dalında eğitimini devam ettiren öğrencilere yol gösterebilmesi açısından faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

1. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)

İHA, uluslararası literatürde “Drone” veya “UAV/UAS (Unmanned Aerial Vehicle/Systems–İnsansız Hava Aracı/Sistemi)” olarak nitelendirilmekte olup içinde pilotu ve yolcusu olmayan, sadece amaca uygun ekipman (video kamera, fotoğraf makinesi, GNSS, lazer tarama cihazı, vb.) taşıyan, uzaktan kumandalı ve/veya otomatik olarak görevini icra edebilen bir çeşit uçaktır (Kahveci ve Can, 2017, ss.511-512). Tarihine baktığımızda genellikle askeri amaçlı olarak kullanılan İHA, yaşanan teknolojik gelişmeler ile birlikte gelişen keşif/gözetleme özellikleri ve bilgi toplama/işleme yetenekleri ile son yıllarda yaygınlaşarak askeri amaçların dışında hobi, tarım, petrol, doğal kaynak keşfi, telekomünikasyon, gazetecilik, film endüstrisi, yangın ve kurtarma (Silvagni, Tonoli, Zenerino ve Chiaberge, 2017, ss.18-33) - (Yavuz, Akbıyık ve Bostancı, 2016, pp.565-568), ev ve iş güvenliği, insan/eşya taşıma, tıbbi malzeme taşıma (Ling ve Draghic, 2019, s.1608-1611), emlakçılık/inşaat, araziyi 3B konumlandırma (Aydın, Bostancı, Güzel ve Kanwal, 2020, ss.25) ve dağıtım gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Torun, 2017, ss.2).

Askeri amaçlı kullanımların yanı sıra, sivil havacılık sektöründe de İHA kullanılmasının yaygınlaşması ve İHA'nın uygun fiyatlara temin edilebilmesi ile birlikte İHA üretimi ve satışı artmıştır (Yeşilay ve Macit, 2020, ss.248). Ülkemizde de bu artış her yıl katlanarak artmakta olup Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)'nün verilerine göre 2016-2020 yılları arasındaki İHA ve Pilot sayıları Tablo-1.'de verilmiştir.

Tablo-1. Türkiye’de Yıllara Göre İHA ve Pilot Sayıları (SHGM, 2020)

Yıllar	İHA Sayıları	İHA Pilot Sayıları
2016 Sonunda	8.349	11.839
2017 Sonunda	20.813	22.195
2018 Sonunda	27.439	35.366
2019 Sonunda	34.000	48.000
2020 Sonunda	46.500	388.000

Söz konusu bu artış sonucu ülke yönetimleri İHA ile İHA pilotlarının kaydının tutulması için kendi önlemlerini almıştır. Ülkemizde de SHGM bünyesinde ağırlığı

674 sayılı KHK ile 2920 sayılı Kanun'un 144'üncü maddesinde "500 gr ve üzeri azami kalkış ağırlığına sahip İHA'nın satıcılarının aynı gün içinde, alıcılarının ve yurtdışından şahsi getirenlerin de 3 gün içinde Genel Müdürlüğümüz İHA Kayıt Sistemine kayıt yapma mecburiyetleri ile yükümlülüklerine ilişkin değişiklik" yapılmıştır. (SHGM, 2017, 2018, 2019 ve 2020). Ayrıca söz konusu kurallar dâhilinde İHA kullanıcılarının gerekli eğitime müteakip "İHA Ticari Pilot Sertifikası" almaları ve sistemde pilot kaydı yapmaları zorunlu hale getirilmiştir. Örnek İHA ticari pilot sertifikası Şekil-1'de gösterilmiştir.

İNSANSIZ HAVA ARACI TİCARİ PİLOT SERTİFİKASI
UAV - Unmanned Aerial Vehicle Pilot Certificate

Ad Soyad / Name and Surname
T.C. Kimlik No / TR Identity No
Sertifika No / Certificate Number
Verildiği Kurum / Issued At
19 MAYIS HAVACILIK A.Ş.
Verilis Tarihi / Date of Issue :
09.05.2021

Sınıf/ Class :
İHA-0 İHA-1

AÇIKLAMALAR :
İHA-0 : Azami kalkış ağırlığı 500 gr. [dahil] - 4 kg aralığında olan İHA'lar
İHA-1 : Azami kalkış ağırlığı 4 kg [dahil] - 25 kg aralığında olan İHA'lar

DroneTürk
TİCARİ HAVACILIK MÜDÜRLÜĞÜ

* Bu belge Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün TR-E-İHA-44 Nolu yetkisine istinaden Eğitim kurumumuz tarafından düzenlenen İHA Ticari Pilot Eğitimi'nin başarı ile tamamlanmış bir yarıda teknik bilgileri yansıyan pilot için düzenlenmiştir. Belgenin geçerliliği karışıklardan veya droneurk.com.tr/sertifika adresinden sorgulanabilir. Kartın bulunması halinde 0850 850 8875 numaralı iletişimi halinde bilgilendirme rica olunur.

Şekil-1. Örnek İHA Ticari Pilot Sertifikası

Günümüzde en çok kullanılan ve bu çalışmada incelenen İHA modelleri döner kanatlı (Multicopter) ve sabit kanatlı (Şekil-2) modellerdir. Döner kanatlı sistemi; birden fazla rotor ve pervane ile çalışan İHA'nın genel adıdır. Rotor ve pervane sayılarına göre; Bicopter(2), Tricopter(3), Quadcopter(4) (Şekil-3), Hexacopter(6), Octocopter(8) gibi farklı isimlerle adlandırılırlar. Kontrol kolaylığı ve uygun fiyatlarından dolayı en çok tercih edilen Quadcopter(4) olan modellerdir (Demirtaş ve Yalçın, 2018, ss.2).



Şekil-2. Sabit Kanatlı Model.



Şekil-3. Döner Kanatlı Quadcopter Modeli

İnsanoğlunun günlük yaşamını kolaylaştıran çok sayıda faydalı kullanıma ek olarak, İHA bireylere, kurum ve kuruluşlara, kamu güvenliğine ve ulusal güvenliğe doğrudan tehdit oluşturan yasadışı amaçlar için de kullanılmaktadır. Türkiye'nin silahlı insansız hava araçları (SİHA) üretimindeki başarısı ve son yıllarda özellikle Suriye iç savaşında elde ettiği başarılı sonuçlara karşı terör örgütleri de eylemlerinde İHA kullanmaya başlamıştır. Düşük maliyetleri, hız ve manevra yetenekleri, yük taşıma kapasiteleri, hedefe erişim konusunda son derece isabetli olmaları ve kullanıcılar açısından risk teşkil etmemesi İHA'nı terör örgütleri açısından saldırılarda kullanma konusunda cazip hale getirmektedir.

İHA'nın ülkemiz sınırları içinde ve dışında kayıtlara geçmiş birkaç adli olay örneği aşağıda verilmiştir.

- Ülkemizde ilk somut İHA tehdidi, Mart 2015 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı çevresinde ortaya çıkmış, bu durum hava trafiğinin güvenliğini olumsuz bir şekilde etkilemiştir (Havalimanı üzerinde İHA uçurdu, 2015).
- 30 Ağustos 2015 törenleri sırasında TRT'nin kayıt amaçlı olarak kullandığı İHA paniğe yol açmıştır (Anıtkabir'de havadan çekim yapan bir drone paniğe neden oldu, 2015).
- Ekim 2015 tarihinde Atatürk Havalimanında İHA, inişe geçmekte olan bir uçak tarafından görülerek, kontrol merkezine ihbar edilmiş ve bu durum bir süre hava trafiğini olumsuz yönde etkilemiştir (Drone iki uçağı pas geçti, 2015).
- Şubat 2016 içerisinde Cumhurbaşkanlığı yerleşkesi Beştepe'ye, bir öğrenci tarafından İHA indirilmiştir (Cumhurbaşkanlığı Saray'ında drone skandalı, 2016).
- Eylül 2016 tarihinde terör örgütü DEAŞ tarafından saldırı amaçlı olarak İHA kullanımı, ilk defa Suriye'de Fırat Kalkanı Harekâtı'nı icra eden TSK unsurlarına yönelik olmuştur (DAEŞ Türk askerine karşı ilk kez drone kullandı, 2016).
- Temmuz 2017 TBMM bahçesinde yapılan 15 Temmuz Şehitleri Anma Töreni esnasında Cumhurbaşkanlığı Koruma Daire Başkanlığının bir güvenlik şirketinden pilotu ile beraber kiraladığı İHA tören alanına düşmüş, 3 kişinin yaralanması sonucunda olay adli vaka olarak kayıtlara düşmüştür (Hıra, Akar ve Demirel 2018: 213).
- Kasım 2017 Ağrı İli sınırları içerisinde terör saldırısı maksadı ile uçurulan İHA, altına yerleştirilmiş bombaatar mühimmatı ile birlikte arazide düşmüştür

olarak bulunmuştur (Ağrı’da PKK’ya ait bomba yüklü drone ele geçirildi, 2017).

Yukarıda belirtilen adli olay örneklerinde kamu düzeni ve ulusal güvenliğin bozulmasına yönelik İHA ile yapılan saldırı/tacizlerde failerin tespit edilmesi amacıyla İHA, İHA ile birlikte kullanılan materyallerin adli bilişim açısından incelenmeleri önem arz etmektedir.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından belirtilen kurallara aykırı olarak İHA kullanan kişilere idari para cezası, adli olaylara karıştığı durumlarda ise Türk Ceza Kanunu (TCK) hükümlerine göre işlem yapılmaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

1. Gereçler

Bu çalışmada; döner kanatlı DJI Phantom 4 İHA, sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartı, android işletim sistemine sahip LG marka H815TR (LG G4) model Android 7.0 sürümü yüklü cep telefonu ve MicroSD hafıza kartları aşağıda özellikleri belirtilen donanımsal cihazlar ve yazılımsal araçlar kullanılmıştır.

- Windows 10 Pro 64 bit işletim sistemi.
- HP marka Z8 model Intel Xeon(R) işlemcili 32 çekirdekli 128 GB Ram kapasiteli inceleme bilgisayarı. (Kopya (İmaj) alma ve inceleme faaliyetlerinin yapıldığı bilgisayar.).
- UFED 4PC 7.38.0.12 adli bilişim yazılım ve donanımı. (Mobil cihazların ve İHA’nın adli imajlarının alınmasında kullanılır.).
- UFED Physical Analyzer 7.31.0.222 adli bilişim yazılımı. (Mobil cihazların ve İHA’nın adli imajlarının incelemesinde kullanılır.).
- USB Forensic Card Reader (SD/MMC, MicroSD, Memory Stick ve Compact Flash kartların yazma korumalı olarak imajının alınmasında kullanılır.).
- AccessData FTK Imager 4.3.1.1 adli bilişim yazılımı (Veri depolama aygıtlarının adli imajlarının alınmasında ve adli incelemesinde kullanılır.).
- X-Ways Forensic 20.0 SR-1 adli bilişim yazılımı (Hafıza kartlarının vb. adli imajlarının alınmasında ve incelemesinde kullanılır.).
- DJI GO 4 v4.3.37 Uygulaması (Android mobil İHA yazılımı.).

- Mission Planner 1.3.74 açık kaynak kodlu yazılımı (Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartı yazılımı.).
- ExifToolGUI v3.38 (Görüntülerin öznitelik bilgilerini veren açık kaynak kodlu yazılımdır.).

2. Yöntem

Yasadışı unsurlar tarafından kamu düzeni ve ulusal güvenliğin bozulmasına yönelik İHA ile yapılan taciz/saldırılarda failerin tespit edilmesi amacıyla İHA, İHA ile kullanılan materyallerin adli bilişim açısından incelenmesinin soruşturma makamlarına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

İHA, İHA ile birlikte kullanılan materyallerin adli bilişim açısından incelemesi konusu ile ilgili çalışma aşağıda belirtilen aşamalar halinde gereçler bölümünde belirtilen adli bilişim donanım ve yazılımları kullanılarak uygulanmıştır.

- Döner kanatlı İHA'nın incelemesi yapılarak İHA içerisinde bulunabilecek koordinat, rota bilgileri vb. kayıtların tespit edilmesi,
- İHA'na harici takılabilen hafıza kartında bulunabilecek kayıtlarla birlikte görüntü dosyalarının tespit edilmesi,
- Döner kanatlı İHA ile birlikte kullanılan android işletim sistemine sahip LG marka H815TR (LG G4) model android 7.0 sürümü yüklü cep telefonu içerisinde söz konusu İHA ile ilgili koordinat, uçuş bilgileri vb. kayıtların tespit edilmesi,
- Sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartından koordinat, uçuş bilgileri vb. kayıtların tespit edilmesi.

Yukarıda belirtilen aşamaların gözlemlenebilmesi maksadıyla, aşağıdaki deneyler gerçekleştirilecektir.

- a. Cep telefonu fabrika ayarlarına (Geçmişe yönelik herhangi bir veri bulundurmaması için yapılan işlem) döndürülmüş,
- b. Farklı bir mobil cihaz ile Wi-fi bağlantısı kurularak playstore hesabından DJI GO 4 uygulaması indirilmiş ve "jkdbdrone@gmail.com" mail adresi ile hesap açılmış,
- c. Harici MicroSD hafıza kartı DJI GO 4 uygulaması üzerinden formatlanmış (FAT32),
- d. Birinci batarya ile İHA'nın ilk uçuşu yapılarak 2 fotoğraf ve 2 video çekilmiş,

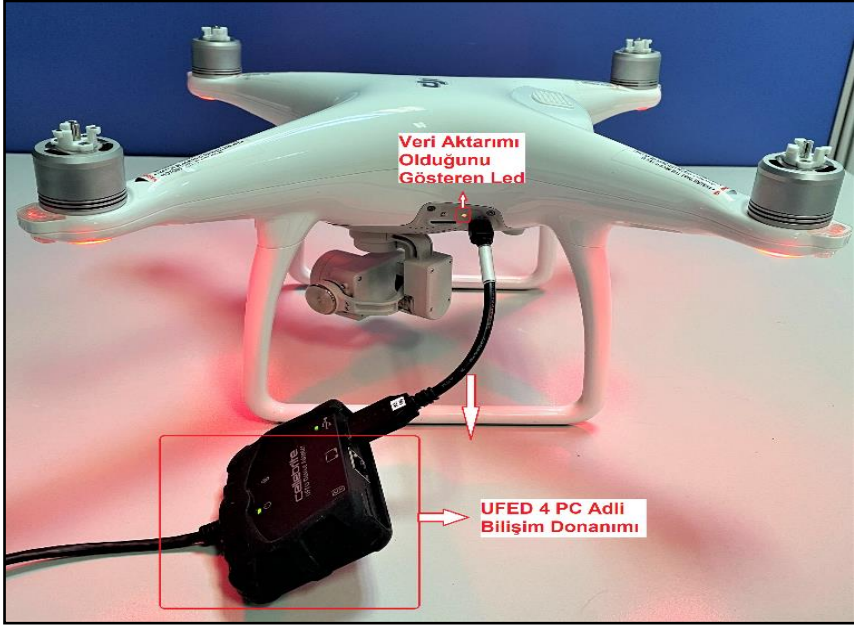
- e. İHA, cep telefonu ve harici MicroSD hafıza kartının imajları alınmış,
- f. Harici MicroSD hafıza kartından 1 fotoğraf ve 1 video silinmiş,
- g. Cep telefonunun tarih ve saati “01.01.2020 / 07:00” olarak değiştirilmiş,
- h. İkinci batarya ile İHA'nın ikinci uçuşu yapılarak 2 fotoğraf ve 2 video çekilmiş,
- i. İHA'yı kapatmadan DJI GO 4 uygulaması üzerinden 1 fotoğraf ve 1 video silinmiş,
- j. İHA, cep telefonu ve harici MicroSD hafıza kartının imajları alınmış,
- k. Cep telefonunun tarih ve saati güncel tarih ve saat olarak değiştirilmiş,
- l. DJI GO 4 uygulaması kaldırılmış, tekrar playstore hesabından DJI GO 4 uygulaması indirilip “dronejkd@gmail.com” mail adresiyle hesap açılmış,
- m. İHA'nın üçüncü uçuşu yapılarak 1 fotoğraf ve 1 video çekilmiş,
- n. İHA, cep telefonu ve harici MicroSD hafıza kartının imajları alınmış,
- o. İHA'nın dördüncü uçuşu yapılarak hafıza kartında yer kalmayacak şekilde 1 video çekilmiş,
- p. Harici MicroSD hafıza kartının imajı alınmış ve wipe (Kurtarılamayacak şekilde formatlama) işlemi yapılmıştır,
- q. İHA beşinci kez çalıştırılıp uçuşu yapılmadan 1 video çekilmiş, video kaydını durdurmadan batarya çıkarılıp İHA'nın gücü kesilmiş ve tekrar bataryayı takarak İHA çalıştırılmış,
- r. Harici MicroSD hafıza kartının imajı alınmış ve wipe işlemi yapılmıştır,
- s. İHA altıncı kez çalıştırılıp uçuşu yapılmadan 1 video çekilmiş, video kaydını durdurmadan batarya çıkarılıp İHA'nın gücü kesilmiş fakat bu kez İHA çalıştırılmamış,
- t. Son olarak Harici MicroSD hafıza kartının imajı alınmıştır.

2.2 İHA'nın İncelenmesi

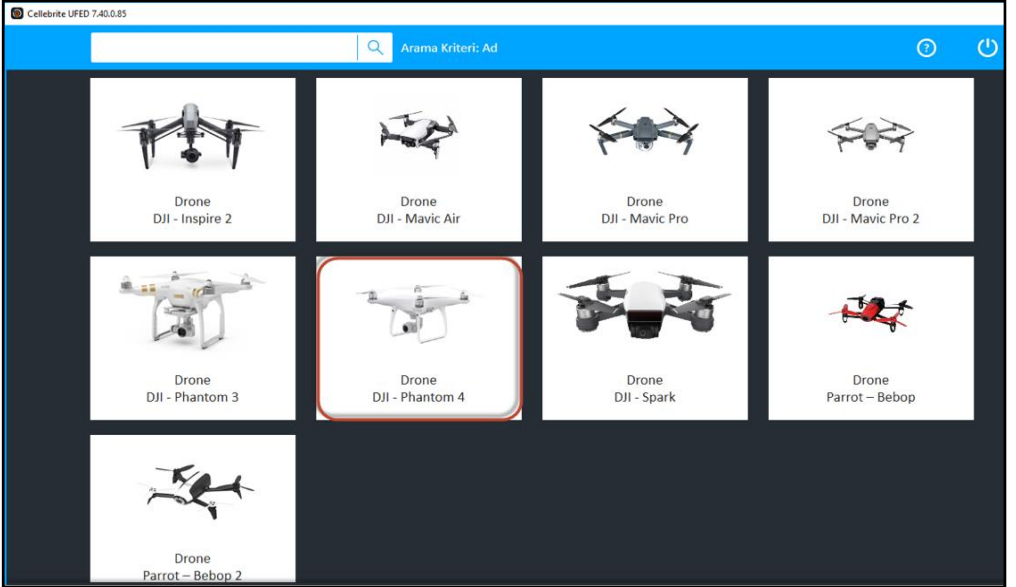
2.2.1 Döner Kanatlı DJI Phantom 4 İHA'nın İncelenmesi

- a. Söz konusu İHA, yeterli sayıda uçuşu yapıldıktan sonra her uçuş sonrasında inceleme bilgisayarına UFED 4PC adli bilişim yazılım ve donanımı ile bağlanarak “Fiziksel” imajı alınmıştır (Şekil-4, Şekil-5).

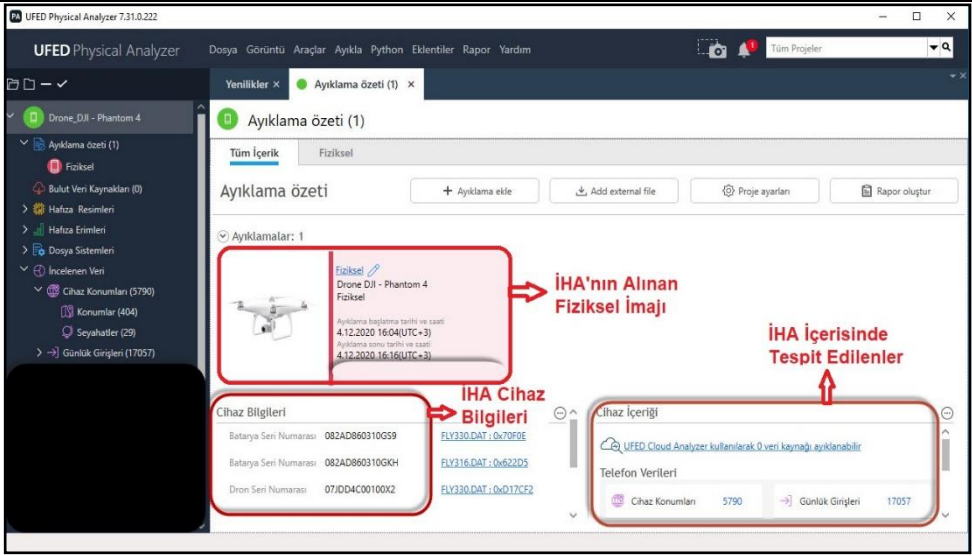
- b. UFED Physical Analyzer adli bilişim yazılımı ile incelemesi yapılmıştır (Şekil-6).



Şekil-4. İHA'nın UFED 4PC Yazılımı ile İmaj Alma Aşaması



Şekil-5 İHA'nın UFED 4PC Yazılımı ile İmaj Alma Aşaması



Şekil-6. İHA'nın Physical Analyzer Yazılımı ile İncelenmesi

2.2.2 Döner Kanatlı İHA'ya Harici Takılabilen MicroSD Hafıza Kartının İncelenmesi

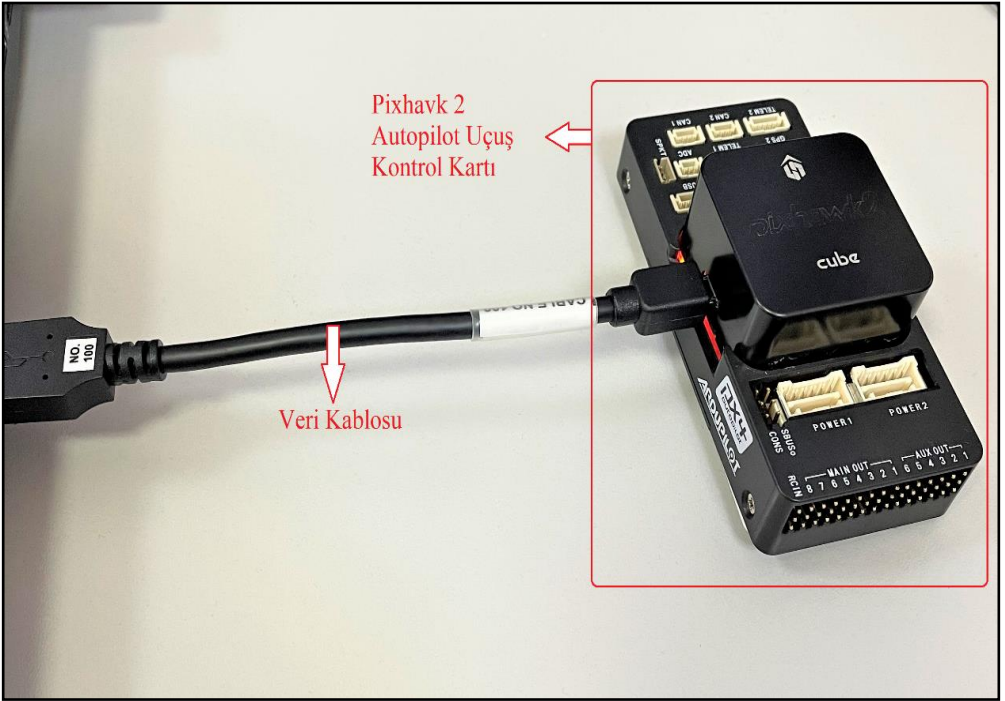
- İHA ile deneme uçuşları yapıp yeterince görüntü çekilip bir kısmı silindikten sonra yazma korumalı hafıza kart okuyucusu kullanılarak AccessData FTK Imager adli bilişim yazılımı ile MicroSD hafıza kartının yöntemlerde belirtilen şekilde imajları alınmıştır.
- X-Ways Forensic adli bilişim yazılımı ile incelemesi yapılmıştır.
- Açık kaynak kodlu yazılım olan ExifTool GUI yazılımı ile mevcut ve silinmiş görüntü dosyalarının öznelik bilgilerinin tespiti yapılmıştır.

2.2.3 Döner Kanatlı İHA ile Birlikte Kullanılan Android İşletim Sistemine Sahip Cep Telefonunun İncelenmesi

- Cep telefonuna, İHA'nın kullanılabilmesi için "DJI GO 4" uygulaması yüklenmiştir.
- Söz konusu İHA ile yeterince uçuş denemeleri ve görüntü çekimlerinin yapılmasına müteakip, UFED 4PC adli bilişim yazılım ve donanımı ile cep telefonunun "Fiziksel" imajı alınmıştır.
- UFED Physical Analyzer adli bilişim yazılımı ile incelemesi yapılmıştır.

2.2.4 Sabit Kanatlı İHA İçerisinde Takılı Bulunan Pixhawk 2 Auto pilot Uçuş Kontrol Kartının İncelenmesi

Pixhawk 2 uçuş kontrol cihazı, kullanıcının isteğine bağlı GPS modülüyle ara noktalarla programlanmış GPS görevlerini yerine getirebilen sabit kanatlı, döner kanatlı veya çok kanatlı taşıtları (tekne, araba vb.) tamamen otonom bir araca dönüştürmesini sağlar. Otonom stabilizasyon, yol noktası tabanlı navigasyon için destek sağlayabilen tam bir Aotu pilottur. Söz konusu uçuş kontrol kartı inceleme bilgisayarına bağlanarak Mission Planner yazılımı ile incelemesi yapılmıştır. (Şekil-7).



Şekil-7. Pixhawk 2 Auto Pilot Uçuş Kontrol Kartının Bilgisayara Bağlantısı

BULGULAR

1. DJI GO 4 Uygulamasının Kurulum Analizi

Android 7.0 sürümü yüklü LG marka H815TR (LG G4) model cep telefonuna Play Store'dan DJI GO 4 uygulaması yüklendikten sonra alınan imajı incelenmiştir. Uygulama kurulduktan sonra telefonun hafızasında "root\media\0\DJII" isimli

klasör dizini altında DJI GO 4 uygulamasına ait dosya ve klasörlerin oluştuğu görülmüştür.

“/Root/data/com.android.vending/databases/” isimli klasör dizini altında bulunan “localappstate.db” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda DJI GO 4 uygulamasının yüklenme tarihi (satın alma) ve indiren kullanıcı hesap ismi tespit edilmiştir.

“/Root/data/com.google.android.gms/databases/” isimli klasör dizini altında bulunan “herrevad” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda DJI GO4 uygulamasının yüklenirken kullandığı Wi-fi bağlantı adı tespit edilmiştir.

2. İHA ile Kullanılan Batarya Seri Numaralarının Tespiti

İHA’ını satın alan kişi veya kurumların tespit edilmesinin bu çalışmaya katkı sağlayacağı değerlendirildiğinden dolayı, DJI Phantom 4 İHA ile yapılan uçuş sonrasında seri numaralarının tespiti amacıyla İHA ve telefonun imajları ayrı ayrı alınmıştır.

2.1 Cep Telefonundan Batarya Seri Numarası Tespiti

DJI Phantom 4 İHA, İHA ile birlikte kullanılan bataryanın donanımsal seri numaraları “/Root/media/0/DJI/dji.go v4/FlightRecord/” isimli klasör dizini altında bulunan “DJIFlightRecord_2020-12-26_[14-53-09].txt” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda birinci uçuş sonrası İHA’nın seri numarası ve uçuş sırasında kullanılan birinci bataryanın seri numarası ile uyumlu oldukları tespit edilmiştir.

“/Root/media/0/DJI/dji.go.v4/FlightRecord/” isimli klasör dizini altında bulunan “DJIFlightRecord_2020-01-01_[07-57-57].txt” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda ikinci uçuş sonrası İHA’nın seri numarası ve uçuş sırasında kullanılan ikinci bataryanın seri numarası ile uyumlu oldukları tespit edilmiştir.

2.2 DJI Phantom 4 İHA’dan Batarya Seri Numarası Tespiti

İHA’nın alınan imajının analizi sonucunda İHA’nın seri numarası ve uçuş sırasında kullanılan bataryaların seri numarası da tespit edilmiş, DJI Phantom 4 İHA’nın ve İHA ile birlikte kullanılan bataryanın donanımsal seri numaraları ile uyumlu oldukları tespit edilmiştir. İHA’nın uçuş sırasında batarya şarj durum bilgisi ile ilgili herhangi bir kayıt tespit edilememiştir.

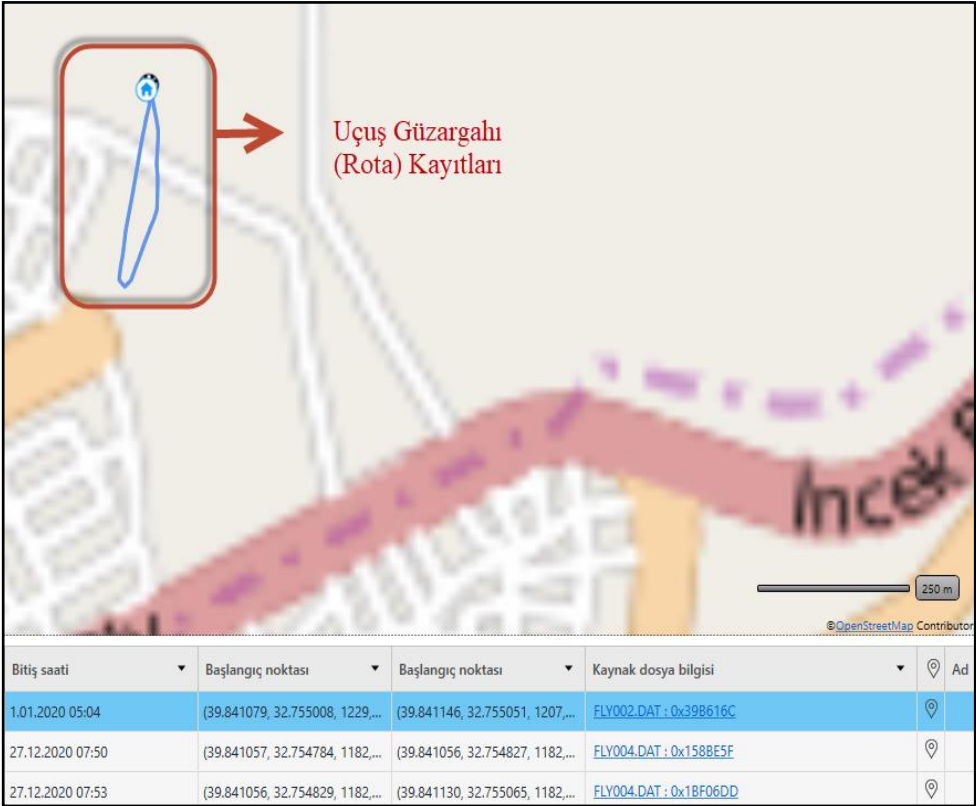
3. DJI Phantom 4 İHA’nın Analizi

3.1 Çalışma Durumunda Oluşan Kayıtlar

İHA'nın deneme uçuşlarına müteakip imajı alınarak incelenmiş olup İHA'nın her açılışında dahili hafızasında "FLY001.DAT, FLY002.DAT..." sırasıyla kayıt olduğu ve her kaydın bir oluşturma tarihi ile çalışma süresine göre dosya boyutunun bulunduğu tespit edilmiştir.

3.2 İHA'nın Çalışma Durumunda Oluşan ".DAT" Dosyalarının Analizi

".DAT" dosyalarının her birinin cihazın her bir açılışına karşılık geldiği ve koordinat bilgisi ile rota kayıtlarını verdiği tespit edilmiştir. (Şekil-8).



Şekil-8. Uçuş Sonunda Tespit Edilen Rota Bilgileri

3.3 İHA'da Oluşan Kayıtların Zaman Tespiti

Deneme uçuşlarına müteakip birinci uçuşta cep telefonunda güncel tarih saat kullanılmış olup ikinci uçuşta cep telefonunun tarihi "01.01.2020" olarak değiştirilip alınan imajların incelemesi yapıldığında tarih bilgisinin "01.01.2020" olarak değiştiği görülmüştür (Şekil-9).

Şekil-9’da belirtilen son üç uçuş kaydı cep telefonu ile İHA’nın bağlantısı olmadan yapılmıştır. Yani sadece İHA çalıştırılıp kapatılmıştır. Son üç kaydın yapılan incelemesinde zaman bilgilerinin en son cep telefonu ile bağlantı sağlanıp yapılan uçuş kaydının tarih/saat bilgisi ile aynı olduğu tespit edilmiştir.

FLY001.DAT	26.12.2020 14:50	DAT Dosyası	3.208 KB
FLY002.DAT	1.01.2020 08:04	DAT Dosyası	160.512 KB
FLY003.DAT	1.01.2020 07:55	DAT Dosyası	4.196 KB
FLY004.DAT	27.12.2020 10:53	DAT Dosyası	91.124 KB
FLY005.DAT	27.12.2020 10:48	DAT Dosyası	3.780 KB
FLY006.DAT	27.12.2020 10:50	DAT Dosyası	34.668 KB
FLY007.DAT	27.12.2020 10:48	DAT Dosyası	468 KB
FLY008.DAT	27.12.2020 10:48	DAT Dosyası	2.264 KB
FLY009.DAT	27.12.2020 10:48	DAT Dosyası	2.240 KB

Şekil-9. İHA’nın Çalıştırılması ile İHA’nda Oluşan Tarih Saat Bilgileri

4. Cep Telefonunun Analizi

4.1 DJI GO 4 Uygulamasına Giriş Yapılarak Kullanılan Mail Adreslerinin Tespiti

“/Root/data/com.android.vending/databases/” isimli klasör dizini altında bulunan “localappstate.db” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda DJI GO 4 uygulaması ile kullanılan ilk mail adresi olan “jkdbdrone@gmail.com” mail adresi tespit edilmiştir.

“/Root/media/0/DJI/dji.go.v4/FlightRecord/” isimli klasör dizini altında bulunan “userinfo.json” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda DJI GO 4 uygulamasına daha sonradan eklenen “dronejkdb@gmail.com” mail adresi tespit edilmiştir.

4.2 Koordinat Bilgisi ve Rota Tespiti

“/Root/media/0/DJI/dji.go.v4/FlightRecord/MCDatFlightRecords/” isimli klasör dizini altında bulunan “20-01-01-07-55-32_FLY001.DAT” isimli dosyanın yapılan analizi sonucunda koordinat bilgisi ile rota kayıtlarını verdiği tespit edilmiştir.

4.3 Uçuş Bilgisi ve Batarya Durumu Tespiti

Mobil cihaz içerisinde tespit edilen log kayıtları, “https://airdata.com/” internet adresine yüklenerek İHA’nın uçuş zamanı, rakımı, yaptığı mesafe ve yapmış




olduğu rotada oluşan (Motorların çalışma durumu, kalkış ve iniş modu (P-GPS veya ATTI), GPS, pusula, batarya ve kumanda sinyal durumu, vb.) değerleri tespit edilmiştir.

Yapılan farklı iki uçuş sonucu oluşan log kayıtlarının “https://airdata.com/” internet adresine yapılan yükleme sonrasında oluşan değerler aşağıda görülmektedir. İlk uçuşta batarya %30 a düştükten sonra İHA pilotu tarafından inişi gerçekleştirilmiştir (Şekil-10).

Uçuş zamanı	Rakım	Ana Sayfa	Tip	Bildirim
00m 00s	0,0 m	0 m	mod	Mod, Motorlar Çalıştırıldı olarak değiştirildi
00m 00s	0,0 m	0 m	Uç	✓ Yeni Eve Dönüş yüksekliğinin 300m (984 ft) olarak avarlanması . ✓ Veri Kaydedici Dosya İndeksi 91'dir . ✓ Yeni Maksimum Uçuş Yüksekliğini 30m (98 ft) olarak avarlama
00m 01s	0,0 m	0 m	mod	Mod, Yardımlı Kalkış olarak değiştirildi
00m 16s	0,0 m	0 m	Uç	✓ Yeni Maksimum Uçuş Yüksekliğini 500m'ye (1640 ft) avarlama
00m 19s	0,0 m	0 m	mod	Mod P-GPS olarak değiştirildi
00m 19s	0,0 m	0 m	mod	Mod P-GPS olarak değiştirildi
00m 21s	1,4 m	1 m	Uç	✓ Ev Noktası kaydedildi . ✓ Eve Dönüş Yüksekliği:300M
01m 42s	53,2 m	115 m		%90 Pil
04m 17s	90,0 m	151 m		%80 Pil
04m 28s	109,0 m	248 m	Düşük risk	⚠ Yetersiz Kuvvet/ESC Hatası (13 kez tekrarlandı)
04m 42s	121,0 m	388 m	Düşük risk	⚠ Kalkış noktasının üzerindeki irtifa 120'vi aşılıyor. Daima irtifa sınırlamalarına uygun olarak uçun. (3 kez tekrarlandı)
05m 11s	151,6 m	462 m	Düşük risk	⚠ Yetersiz Kuvvet/ESC Hatası (19 kez tekrarlandı)
06m 11s	164,6 m	609 m		Maksimum mesafede %72 Pil
06m 39s	180,7 m	577 m		%70 Pil
09m 29s	13,5 m	171 m		%60 Pil
12m 06s	6,0 m	66 m		%50 Pil
13m 46s	49,2 m	145 m	Düşük risk	⚠ Yetersiz Kuvvet/ESC Hatası (8 kez tekrarlandı)
14m 33s	15,1 m	153 m		%40 Pil
16m 45s	42,9 m	233 m	Düşük risk	⚠ Kalan pil sadece RTH için yeterlidir. Şimdi eve dön.
16m 59s	77,2 m	223 m		%30 Pil
17m 09s	99,4 m	223 m	Düşük risk	⚠ Kalan pil sadece RTH için yeterlidir. Şimdi eve dön.
17m 44s	52,6 m	21 m	Düşük risk	⚠ Kalan pil sadece RTH için yeterlidir. Şimdi eve dön.
18m 06s	-0,4 m	9 m	mod	Mod, İniş Onayla olarak değiştirildi
18m 10s	0,0 m	9 m	mod	Mod P-GPS olarak değiştirildi

Şekil-10. Uçuş Sonunda Tespit Edilen Değerler

İkinci uçuşta uçuş bölgesi yakınında bulunan bir sinyal kesici sonucu rüzgarında etkisi ile İHA 20 Km mesafe ileriye giderek batarya %58 değerinde iken zayıf sinyal sonucu İHA ile bağlantı kopmuştur (Şekil-11-12).

Uçuş zamanı	Rakım	Ana Sayfa	Tip	Bildirim
00m 00s	0,0 m	0 km	mod	Mod, Motorlar Çalıştırıldı olarak değiştirildi
00m 00s	0,0 m	0 km	Uç	✓Yeni Eve Dönüş yüksekliğinin 30m (98 ft) olarak avarlanması , ✓Yeni Kaydedici Dosya İndeksi 273'tür , ✓Yeni Maksimum Uçuş Yüksekliğini 500m (1640 ft) olarak avarlama
00m 01s	0,0 m	0 km	mod	Mod, Yardımlı Kalkış olarak değiştirildi
00m 04s	0,0 m	0 km	mod	Mod P-GPS olarak değiştirildi
00m 04s	0,0 m	0 km	Uç	✓Ev Noktası Kaydedildi , RTH Rakım: 30m
00m 15s	46,7 m	0 km	mod	Mod Atti olarak değiştirildi
00m 15s	46,7 m	0 km	Uyan	Uydu Konumlandırma Kapalı. Dikkatli uçuş
00m 16s	49,8 m	0 km	Düşük risk	⚠Zayıf GPS sinyali. Konumsal doğruluk tehlikeye girebilir. Lütfen dikkatli uçuş.
01m 20s	336,8 m	0 km	Uyan	Anormal pusula işlevi veya GPS sinyali algılandı. Uçak ATTI moduna geçti. (6 kez tekrarlandı)
01m 39s	392,0 m	1 km		%90 PİL
02m 30s	348,7 m	2 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (18 kez tekrarlandı)
08m 51s	222.6 m	16 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (40 kez tekrarlandı)
08m 56s	217.3 m	17 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (34 kez tekrarlandı)
09m 01s	217.1 m	17 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (47 kez tekrarlandı)
09m 06s	217.8 m	17 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (33 kez tekrarlandı)
09m 09s	217.7 m	17 km	Uç	Yetersiz DJI Cihaz Depolaması
09m 09s	217.7 m	17 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (14 kez tekrarlandı)
09m 11s	218.5 m	17 km		%60 PİL
09m 11s	218.5 m	17 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (28 kez tekrarlandı)
09m 16s	212.6 m	18 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (44 kez tekrarlandı)
09m 21s	204.1 m	18 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (37 kez tekrarlandı)
09m 26s	206.6 m	18 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (24 kez tekrarlandı)
09m 31s	200.4 m	18 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (24 kez tekrarlandı)
09m 36s	200.6 m	19 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (4 kez tekrarlandı)
09m 41s	199.8 m	19 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (42 kez tekrarlandı)
09m 46s	199.7 m	19 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (30 kez tekrarlandı)
09m 51s	200.2 m	20 km	Düşük risk	⚠Pusula Hatası (6 kez tekrarlandı)
09m 57s	200.5 m	20 km	Uyan	Anormal pusula işlevi veya GPS sinyali algılandı. Uçak ATTI moduna geçti.
09m 57s	200.6 m	20 km	Uyan	Zayıf sinyal. Anteni avarların ve sinyal bloğundan kaçın.
09m 57s	200.6 m	20 km		Maksimum mesafede %58 PİL

Şekil-11-12. Uçuş Sonunda Tespit Edilen Değerler

5. İHA'na Harici Takılabilen Hafıza Kartının Yapılan Analizi

5.1 “SRT” Uzantılı LOG Kayıtlarının Analizi

Deneme uçuşlarında çekilen görüntülerin tespitine yönelik her uçuş sonrasında harici hafıza kartının imajı alınmış olup alınan imajların X-Ways adli bilişim yazılımı ile yapılan incelemesinde; mevcut ve silinmiş (X-Ways adli bilişim yazılımı ile silinen dosyaların kurtarılabildiği tespit edilmiştir.) görüntülerin tespit edilebildiği, videolara ait “SRT” uzantılı LOG kayıtlarının oluştuğu görülmüştür. Söz konusu LOG kayıtlarından İHA ile yapılan uçuş sırasında çekilen video dosyalarının, koordinat ve tarih/saat bilgileri tespit edilmiştir.

5.2 İHA'na Takılan Hafıza Kartında Tespit Edilen Video Kayıtlarının Analizi

a. Yapılan uçuş sırasında hafıza kartı dolana kadar video kaydı başlatılmış olup

hafıza kartı dolduğunda video kaydının durduğu görülmüştür. Hafıza kartının yapılan incelemesinde söz konusu video kaydının sorunsuz bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir.

- b. İHA çalıştırılarak video kaydı başlatılmış olup bataryası çıkartılıp İHA'nın enerjisi kesilmiş, tekrar batarya takılarak İHA çalıştırılmıştır. Hafıza kartının yapılan incelemesinde söz konusu video kaydının sorunsuz bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir.
- c. İHA çalıştırılarak video kaydı başlatılmış olup bataryası çıkartılıp İHA'nın enerjisi kesilmiş, ancak İHA tekrardan çalıştırılmamıştır. Hafıza kartının yapılan incelemesinde söz konusu video kaydının çalışmadığı, söz konusu video ile oluşan “.SRT” uzantılı dosyanın oluştuğu fakat içerisinde herhangi bir kayıt oluşmadığı tespit edilmiştir.
- d. Hafıza kartı içerisinde bulunan görüntü dosyalarının ExifTool GUI yazılımı ile yapılan incelemesinde dosyanın oluşturma, değiştirme, erişim tarih/saat, koordinat bilgileri vb. kayıtlar tespit edilmiştir. Fotoğraf dosyalarında, kullanılan kameraya ait bilgiler mevcut iken video dosyalarında, kullanılan kameraya ait herhangi bir bilgi bulunmadığı tespit edilmiştir.

6. Pixhawk 2 Auto Pilot Uçuş Kontrol Kartından Koordinatların Tespiti

Sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartının Mission Planner yazılımı ile yapılan incelemesinde daha önceden söz konusu yazılım ile girilmiş rota bilgisi, bu rotalara ait koordinat bilgileri ve koordinatlara atanan görevlere ait kayıtlar tespit edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; İHA, İHA ile birlikte kullanılan materyallerin incelemesi sonucunda adli bilişim açısından önem arz edebileceği değerlendirilen kayıtların tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu kayıtlar soruşturma makamları tarafından gelen inceleme istekleri doğrultusunda seçilmiştir.

Yapılan literatür taraması sonucunda döner kanatlı İHA'nın kullanıldığı görülmüştür. Literatürden farklı olarak ayrıca sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan Pixhawk 2 Auto Pilot uçuş kontrol kartı ve İHA ile birlikte kullanılan android işletim sistemine sahip mobil cihazın incelemesi de gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışma döner kanatlı İHA olan DJI Phantom 4 modeli, sabit kanatlı İHA içerisinde kullanılan Pixhawk 2 Auto Pilot Uçuş Kontrol Kartı ile android

işletim sistemine sahip cep telefonu kullanılmıştır. İleriki yapılacak olan çalışmalarda farklı marka model döner kanatlı İHA, farklı marka model uçuş kontrol kartı ile farklı marka model ve işletim sistemine sahip mobil cihazlarda kullanılmalıdır.

Soruşturma makamlarına yol gösterebileceği değerlendirilen ve tarafımızca tespit edilen hususlar;

1. Soruşturma esnasında ele geçirilmiş İHA, İHA ile birlikte kullanılan mobil cihazlardan, İHA seri numarası ve İHA ile birlikte kullanılmış batarya seri numaraları tespit edilebilmektedir.

2. Ele geçirilen İHA'nın kimin adına (şahıs, kurum vb.) kayıtlı olduğunun tespit edilebilmesi amacıyla, tespit edilen seri numaralarından faydalanılarak SHGM ve ülkemizde satışını yapan yetkili satıcı distribütörler ile yazışma yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

3. Ülkemizde ve dünya genelinde OPTES (Parmak izi), Balistika (Fişek kovanı), DNA vb. veri tabanları bulunmaktadır. Bu veri tabanları adli suça karışmış faillerin tespit edilmesinde önem arz etmektedir. Aynı şekilde soruşturmanın hızlıca aydınlatılabilmesi amacıyla, İHA seri numarası ve İHA ile birlikte kullanılmış batarya seri numaralarına ait oluşturulabilecek olan veri tabanı sayesinde şüpheliye hızlıca ulaşılabileceği değerlendirilmektedir.

4. İHA her çalıştığında oluşan “.DAT” uzantılı dosyaların İHA ile uçuş sırasında kullanılan mobil cihazın tarih ve saatini vermesinden dolayı inceleme talepleri arasında herhangi bir tarih/saat aralığı talebinde bu hususun dikkate alınması gerekmektedir.

5. İHA'nın uçurulmasında kullanılan mobil cihazın log kayıtlarının yapılan incelemesinde plotaj hatası veya donanımsal (batarya durumu vb.) bir arıza ile kazaya uğrayıp uğramadığı tespit edilebilmektedir. Ancak kazaya uğramış İHA'nın dahili hafızasında yer alan log kayıtlarının yapılan analizinde plotaj hatası veya donanımsal (batarya durumu vb.) bir arıza ile kazaya uğrayıp uğramadığı tespit edilememektedir.

6. Adli (Terör ve asayiş) olaylarda kullanıldığı değerlendirilen ve ele geçirilen İHA ile İHA'na ait olduğu değerlendirilen diğer materyallerin (mobil cihaz, hafıza kartı, batarya, kamera vb.) delil toplama usullerine göre toplanması gerektiği, özellikle İHA üzerinde bulunan hafıza kartları çıkarılmadan ve İHA

çalıştırılmadan bulguların Kriminal, Adli Tıp Laboratuvarlarına vb. gönderilmesi gerektiği hususu dikkate alınması gerekmektedir.

7. Sabit kanatlı İHA içerisinde takılı bulunan uçuş kontrol kartı inceleme amaçlı geldiğinde söz konusu uçuş kontrol kartına daha önceden rota bilgisi, bu rotalara ait koordinat bilgileri ve koordinatlara atanan görevlerin girilmiş olabileceği ve bu kayıtların suç ve suçlunun tespitine etki edebileceğinden dolayı söz konusu kayıtlar ivedilikle çıkartılıp adli makamlara gönderilmesi gerektiği hususu dikkate alınmalıdır.

8. Uygulamaların ve kullanılan adli bilişim yazılımlarının sürüm bilgileri çalışmada belirtilmiş olup bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu hususa dikkat edilmesi gerekmektedir. Uygulamalar ve incelemelerde kullanılan adli bilişim yazılımları sürekli güncellenmektedir. Uygulamalar yeni sürümlerinde sakladıkları verileri bir önceki sürümden farklı konumlarda veya yeni veri tabanı dosyalarında barındırabilmektedirler. Adli bilişim yazılımları da uygulamalardaki bu gelişmeleri ve açıklıkları takip ederek bir önceki sürümlerinde erişemedikleri bilgilere bir sonraki sürümde erişebilmektedirler. Dolayısıyla bu uygulamalar incelenirken sadece adli bilişim yazılımlarında raporlaması yapılmamalı aynı zamanda manuel olarak da incelemeleri yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Ağrı'da PKK'ya ait bomba yüklü drone ele geçirildi. (2017). Erişim tarihi: 11 Ocak 2020, <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/agrida-pkkya-ait-bomba-yuklu-drone-ele-gecirildi/963223>.
- Anıtkabir'de havadan çekim yapan bir drone paniğe neden oldu. (2015) Erişim tarihi: 11 Ocak 2020, <https://www.haberturk.com/gundem/haber/1122090-anitkabirde-havadan-cekim-yapan-bir-drone-panige-neden-oldu>.
- Aydın, M., Bostancı, E., Güzel, M. S., & Kanwal, N. (2020). Multiagent Systems for 3D Reconstruction Applications. *Multi Agent Systems: Strategies and Applications*, 25.
- Clark, D. R., Meffert, C., Baggili, I. ve Breitinger, F. (2017). DROP (DRone Open Source Parser) Your Drone: Forensic Analysis Of The DJI Phantom III, *Digital Investigation*, 22(1), 3-14. doi:10.1016/j.diin.2017.06.013
- Cumhurbaşkanlığı Saray'ında drone skandalı. (2016). Erişim tarihi: 11 Ocak 2020, <https://www.sozcu.com.tr/2016/gundem/ak-sarayda-drone-skandalı-1090494/>.
- DAEŞ Türk askerine karşı ilk kez drone kullandı. (2016). Erişim tarihi: 11 Ocak 2020, <https://www.milliyet.com.tr/gundem/daes-turk-askerine-karsi-ilk-kez-drone-kullandi-2317691>.
- Demirtaş, O. ve Yalçın M. K. (2018). *Dikey iniş kalkış yapabilen üç rotorlu hava aracı*, (Yayımlanmamış Lisans Bitirme Tezi). Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Niğde.
- Drone iki uçağı pas geçti. (2015). Erişim tarihi: 11 Ocak 2020, <http://www.gazetevatan.com/-drone-iki-ucagi-pas-gecirtti-871070-yasam/>.
- Gülataş, İ. ve Baktır, S. (2018). Unmanned Aerial Vehicle Digital Forensic Investigation. *Graduate School Of Natural And Applied Sciences Computer Engineering, İstanbul*.
- Gülataş, İ. ve Baktır, S. (2018). Unmanned Aerial Vehicle Digital Forensic Investigation Framework. *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 14(1), 32-53.
- Havalimanı üzerinde İHA uçurdu. (2015). Erişim tarihi: 11 Ocak 2020, <https://www.cumhuriyet.com.tr/haber/havalimani-uzerinde-iha-ucurdu-6-yila-kadar-hapsi-isteniyor-226449>.

- Hıra, Y., Akar, T. ve Demirel, B. (2018). Drone Kazasına Bağlı İlk Adli Vaka Bildirimi. *Adli Tıp Bülteni*, 23(3), 212-214. doi:10.17986/blm.2018345612
- Kahveci, M. ve Can, N. (2017). İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535. doi:10.15317/Scitech.2017.109.
- Ling, G., & Draghic, N. (2019). Aerial drones for blood delivery. *Transfusion*, 59(S2), 1608- 1611.
- Silvagni, M., Tonoli, A., Zenerino, E., & Chiaberge, M. (2017). Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(1), 18-33.
- SHGM (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü). (2017). *2017 Faaliyet raporu*. Erişim tarihi: 04 Ekim 2021
- SHGM. (2018). *2018 Faaliyet Raporu*. Erişim tarihi: 04 Ekim 2021
- SHGM. (2019). *2019 Faaliyet Raporu*. Erişim tarihi: 04 Ekim 2021
- SHGM. (2020). *2020 Faaliyet Raporu*. Erişim tarihi: 04 Ekim 2021
- Torun, A. (2017). İnsansız hava aracı (İHA) sektörü ve İHA fotogrametrisinin ölçme bağlamında konumlandırılması. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı bildiriler kitabı içinde* (ss. 1-8). Ankara. https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/ee7bb21c93fa52e_ek.pdf
- Yavuz, D., Akbıyık, H., & Bostancı, E. (2016, May). Intelligent drone navigation for search and rescue operations. In 2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU) (pp. 565-568). IEEE.
- Yeşilay, R. ve Macit, A. (2020). Dünyada ve Türkiye’de drone ekonomisi: geleceğe yönelik beklentiler. *Beykoz Akademi Dergisi*, 8(1), 239-251. doi: 10.14514/byk.m.26515393.2020.8/1.239-251.