
*Adnan Duraković*¹

IZVJEŠĆE IZ PROJEKTA- NAUČENE LEKCIJE

Sažetak

Mada postoji veliki broj tipova dronova i njihovih proizvođača oni se generalno mogu svrstati u nekoliko osnovnih tipova. Dronovi su promijenili ratovanje jer su učinili da se sa lakoćom mogu pronaći i likvidirati osobe koje predstavljaju sigurnosne prijetnje pri tome ne dovodeći u opasnost živote vojnika koji su na terenu. Današnji dronovi se ne razlikuju puno od ranijih radio kontrolisanih aviona, ali su današnji automatizovani. U ovom radu razmatraju se glavni izazovi u vezi sa problemom identifikacije dronova, koji uključuju otkrivanje, moguću verifikaciju i klasifikaciju. U fokusu su načini detekcije, verifikacije i zaustavljanja i zapljene dronova koji vrše ilegalne aktivnosti. S tim u vezi, dat je pregled najrelevantnijih tehnologija koje su u savremenim sistemima nadzora stavljene u mrežu prostorno distribuiranih senzora kako bi se obezbijedila potpuna pokrivenost nadgledanog područja. U slučaju da je dron upleten u kriminalne aktivnosti, njegovo oduzimanje i naknadna analiza u laboratoriju za digitalno forenzičko istraživanje ključni je dio postupka prikupljanje i analize dokaza. Izazovi povezani s forenzikom drona uključuju dekompoziciju drona i dijelove koji se nalaze rasuti unaokolo, a što zahtijeva skupljanje materijala i njegovo povezivanje.

Ključne riječi : dron, identifikacija, zapljena, vještačenje

1. Uvod

Projekt prijavljen početkom 2020. godine na Pravnom fakultetu pod naslovom „Izrada modela platforme za nadzor i djelovanje iz zraka“, vođen od strane prof. dr. sc. Adnana Durakovića imao je za cilj teorijski obraditi navedenu problematiku kao i izraditi dron po vlastitom dizajnu. Projekat je lično vođen i finansiran, te je rezultirao objavom većeg broja radova koji se tiču pravne regulative korištenja dronova, koji obrađuju zloupotrebe i detekcije dronova, korištenja dronova u istragama, vještačenjima dronova i sadržaja koji se nalaze u digitalnim zapisima. U projektnom zadatku navedeno je da će se izraditi letjelica van fakultetskih prostorija i van radnog vremena jer za isto ne postoje uslovi na fakultetu. U prvom dijelu ovog rada biće dat teorijski prikaz urađenog, a u drugom dijelu rada prezentiraće se u kratkim crtama praktični rad, odnosno ono što je realizirano u okviru projekta izrade prototipa. Projekat je kako će se vidjeti sinteza tehničkih, pravnih i operativno taktičkih elemenata upotrebe i vještačenja različitih letjelica

¹ Redovni profesor na Katedri za krivično pravo Pravnog fakulteta Univerziteta u Zenici.

koje se popularno nazivaju dronovi . Projekat je i dalje živ, jer kako ćemo kasnije u radu obrazložiti on ima svoj životni ciklus sve dok postoji potreba i mogućnost za daljnim istraživanjima i unaprjeđenjima.

2. Glavni dio rada

2.1. Kratki opis historije razvoja bespilotnih letjelica²

Iako je vojska proizvela sama mnoga svoja oružja privatni sektor ima veliki uticaj i određuje pravac vojne proizvodnje. Ove organizacije kao i neke druge imaju odlučujuću ulogu u razvoju UAV. Bespilotne letjelice historijski dobijaju svoj značaj u SAD od 1935. godine kada se Admiral *William Standley* vratio iz posjete *British Royal Navy* kod kojih je vidio napredak u proizvodnji dronova koji su služili kao mete, i naložio je da se za američku flotu razvije slična tehnologija. Još ranije, od 1930-tih godina *Northrop Aircraft* je počeo sa proizvodnjom OQ-2A target dronova koji je proizveden u 1000 primjeraka, a koji su služili kao mete za protivvazдушnu artiljeriju.³ Kasnije je proizvedeno još 15 000 ovakvih dronova za iste svrhe i vježbe vojske. *McDonnell Aircraft* (kasnije je postao dio *Boeing-a*) je proizveo neodređen broj dronova koji su trebali parirati njemačkim mlaznim bespilotnim avionima V1, a koji su bili lansirani sa platformi i još nisu bili prave rakete. Postojala je i ideja da se bombarderi B17 pretvore u radio kontrolisane letjelice, a i drugi proizvođači letjelica su pravili u ovom periodu razne dronove. Nakon kolapsa SSSR-a na sceni se kao neprijatelji pojavljuju mali i brojni neprijatelji prema kojima konvencionalne armije nisu podesne, a funkcija velikih armija umjesto ratovanja pretvara se u čuvanje mira – *peacekeepers*-i ili pružanje humanitarne pomoći⁴.

Umjesto punog vojnog angažiranja na terenu kao alternativa se pokazuje upotreba moderne tehnologije u malim operacijama dronova. Dronovi su letjelice koje djeluje bez pilota i u suštini su platforme kojima se upravlja sa zemlje ili su samostalni kompjuterizirani sistemi. Tek je 1935. godine razvijena prva operativno daljinski vođena platforma kojom je upravljao pilot - vozilo RVP radi podrške borbenim misijama u bliskoj borbi. Razvoj ovih tehnologija i njihova aplikacija se razvijala i u toku II svjetskog rata. Na ovakve letjelice su bila stavljana i protuavionska oružja radi upotpunjavanja njihove zaštite, a jednostavna tehnologija daljinskog upravljanja primjenjena kod ovih letjelica je nastavila svoju primjenu i u ratu u Vijetnamu. U tom periodu je obavljeno 3,434 letova iznad Vijetnama, a paralelno su primjenjivani i visoko tajni letovi iznad

² A. Duraković/S. Duraković, „Pitanje privatnosti u vremenu ekspanzije tehnologije i upotrebe dronova za nadzor“, 8. međunarodna znanstveno–stručna konferencija – *Dani kriznog upravljanja, Zbornik radova*, 14. i 15. svibnja 2015., Velika Gorica, Hrvatska, ISBN 978-953-7716-66-0, 135-153.

³ C. Coyne/A. R. Hall, *The political Economy of Drones*, 2013, 8.

⁴ *Ibid.*, 16.

Sovjetskog Saveza i Kine kroz 1970-te godine. Ono što se pokazalo kao posebna prednost u upotrebi letjelica ovakvog tipa je bilo izbjegavanje ljudskih žrtava, jer je samo u Vijetnamu uništeno 554 letjelica ovog tipa.⁵ Izraz *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs) i dron su sinonimi, mada je najprikladniji termin *Unmanned Aerial System* (UAS) koji su normalno upravljani od strane pilota sa zemlje, a ponekada djeluju autonomno.⁶

Izrael kao zemlja danas ima najrazvijeniji program bespilotnih letjelica čija primjena seže od 1973. godine i koji ih koriste za izviđanja u realnom vremenu, radi elektronskog ratovanja kao i zbunjivanja neprijatelja.⁷ U 1980-tim i 90-tim godinama SAD prepoznaju nove potencijale dronova prije svega na strategijskoj osnovi, a sa kojima je moguće ostvariti nove aplikacije i tehnološke mogućnosti. Ministarstvo odbrane SAD ulaže u razvoj ovih novih tehnologija koje rezultiraju pojavom dronova tipa *predator* i *scout* sa mogućnošću izviđanja, snimanja terena i napada na zemlji. Od 1999. godine kada su korišteni u operacijama na Kosovu svoju punu ekspanziju dronovi doživljavaju u Afganistanu, Iraku i Pakistanu⁸. Samo u prvom zalivskom ratu je 522 drona bilo u zraku sa ukupno 1600 sati leta. Njihovi efekti uticali su na proizvodnju novih dronova, jer suštinski doprinos je bio u fotografijama za marince, armiju i mornaricu u situacijama kada je vazdušni prostor bio opasan za ljudske posade i radi pronalaska ciljeva i procjenu šteta koja su nanesene neprijatelju.⁹

2.2. Podjela i tipologija dronova

Mada postoji veliki broj tipova dronova i njihovih proizvođača oni se generalno mogu svrstati u nekoliko osnovnih tipova¹⁰: - Veliki avioni sa fiksnim krilima. Primjer je izraelski Eitan koji je veličine Boinga 737, koji može u zraku ostati i

⁵ C. Schlag, „The New Privacy Battle: How the Expanding Use of Drones Continues to Erode Our Concept of Privacy and Privacy Rights”, *Journal of Technology Law & Policy*, Volume XIII, Spring, 2013, 3-4.

⁶ Surveillance Drones: Privacy Implications of the Spread of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Canada/A Report to the Office of the Privacy Commissioner of Canada, under the 2013-2014 Contributions Program, April 30 2014.

⁷ C. Schlag, „The New Privacy Battle: How the Expanding Use of Drones Continues to Erode Our Concept of Privacy and Privacy Rights”, *Journal of Technology Law & Policy*, Volume XIII, Spring, 2013, 5.

⁸ C. Schlag, „The New Privacy Battle: How the Expanding Use of Drones Continues to Erode Our Concept of Privacy and Privacy Rights”, *Journal of Technology Law & Policy*, Volume XIII, Spring, 2013, 5.

⁹ C. Coyne/A. R. Hall, *The political Economy of Drones*, 2013, 15.

¹⁰ J. Stanley/C. Crump, „Protecting Privacy From Aerial Surveillance: Recommendations for Government Use of Drone Aircraft”, American Civil Liberties Union, 125 Broad Street, 18th Floor, New York, NY 10004, 2011, www.aclu.org.

do 20 sati , a zatim i američki Predator koji u zraku ostaje 30 sati. - Mali avioni sa fiksnim krilima koji u zraku ostaje više od 24 sata i kojeg koristi npr. policija Hjustona. - Letjelice koje se mogu nositi i koristiti od strane jedne osobe bilo da imaju fiksna krila ili lete kao helikopteri, a ostaju u zraku do par sati. Ovakve letjelice mnogi amateri prave za vlastite potrebe. - Nano-dronovi minijaturnog su izgleda i služe za nevidljiv nadzor koji traje nekoliko desetaka minuta i sa radijusom leta od nekoliko kilometara. - Baloni koji mogu letjeli na velikim visinama ili ne niskim visinama za nadzor ulica. Efektivni su jer u zraku mogu ostati dugo vremena. - Sateliti o kojima ne postoje precizni podaci o njihovim mogućnostima za nadzor.

Policija je zainteresovana za dronove koji su mali i jeftini, a da nisu lako uočljivi, čija tehnologija je sve moćnija i jeftinija, da borave u zraku što je duže moguće, da postoji mogućnost korištenja solarne energije i/ili da se kreću kao jedrilice ili baloni.

- Mikro dronovi i mali multirotori su težine ispod dva kg, predominantno helikopterskog stila leta ili multirotorski konstruisani sa limitiranim radijusom leta i nosivošću. Cijena im se kreće po jedinici oko nekoliko stotina dolara.

- Veliki multirotorski dronovi i helikopteri su težine od dva do sedam kg sa električnim pogonom i povećanom stabilnošću, manevarskim sposobnostima i nosivošću sa operativnim radijusom od 250 metara i cijenom bez kamere od 2100 \$. Mali avioni sa fiksnim krilima imaju veliku aerodinamičnu efikasnost, dugačak radijus leta, ali i sa limitiranim mogućnostima leta u gradskom području, naročito blizu zgrada. Operativni radijus npr. modela Aerovironment Raven je 10 km i cijenom od 200 000 \$ cijelog sistema sa vojnom konfiguracijom.

- Avioni sa širokim fiksnim krilima koji su dominantno vojni modeli, ali i sa mogućim komercijalnim verzijama su razvijeni unazad dvije do tri godine. Raspon krila im je 3,6 m i cijena 100 000\$ kao osnovne platforme bez kamera, a sa kamerama za dan i noć i IC kamerom cijena iznosi 350 000\$¹¹

Kraljica američkog programa dronova je Predator koje je vojno bespilotno oružje veličine 27 stopa i teško 1300 funti i koje može provesti 24 sata u vazduhu bez prekida. Ima nevjerovatne kapaciteta za prikupljanje podataka, tako može da pročita tablice sa vozila sa udaljenosti do dvije milje, da pretražuje teren po svim vremenskim uslovima, danju i noć. Posada Predatora se sastoji od jednog pilota, dva operatera na senzorima, ali ukupno 82 osobe čine tehničko osoblje koje omogućava da bi uopšte mogao da leti. Njegova unaprijeđena verzija pod imenom Reaper može dvostruko brže da leti, na dvostruko većoj visini od Predatora, da nosi 3750 funti tereta, što je gotovo deset puta više od prethodnika. Iako mu je vrijeme leta nešto kraće i iznosi 18 sati sa dodatnim rezervoarima vrijeme boravka u vazduhu je 42 sata. Cijena ovog drona je 53,5 miliona \$.¹²

¹¹ DRONES & AERIAL ROBOTICS CONFERENCE LAW & POLICY GUIDEBOOK/NYU LAW, Engelberg Center on Innovation Law and Policy, DRONECONFERENCE.ORG, 3.

¹² W. C. Marra/S.K. McNeil, „Understanding „The Loop“: Regulating the Next Generation of

Očigledno je da postoji velika razlika kako se dronovi marketinški predstavljaju i kakva je stvarna njihova upotreba. Koriste se vrlo često oznake za dronove UAVs ili SUAS (*small unmanned aircraft system*), *aerial*, *video*, *news*, *systems*, *fire* i *monitoring*. Industrijske konferencije i trgovački sajmovi su mjesta gdje se daju informacije i prikazi mogućnosti dronova, ali najčešće informacije u formi pamfleta, brošura i video materijala, internet i web stranice proizvođača su put kojim se upoznaju potencijalni korisnici dronova.¹³ Reklamiranje i prodaja dronova se temelji na dva aspekta, na cijeni i troškovima kao i na mogućnostima dronova i tehnoloških rješenja koja se nude u njihovoj pozadini. Dronovi se za razliku od letjelica upravljanim ljudskim posadama pozicioniraju na one poslove koji su dosadni, prljavi i opasni, gdje se obavljaju istraživanja npr. na naftovodima ili vodenim prostranstvima što treba da pridobije javnost za njihovu upotrebu. Postoje velike razlike na tržištu između malih dronova i velikih dronova kao i malih i velikih kompanija, tržišnog pozicioniranja u odnosu na namjene dronova, prilike i izazove za njihovu aplikaciju. Tržišni pristup na bazi troškova ističe značajne uštede dronova u odnosu na klasične letjelice, sigurnost i kvalitetu informacija koje ovi dronovi mogu da daju svojim korisnicima. U promotivnom materijalu koji je bio istraživani u pogledu zaštite privatnosti proizvođači ne koriste negativan stav prema tome, nego upotrebljavaju neutralne termine kao što su „*imaging and monitoring*” i ostavljaju prostora za mnoge aplikacije i regulacije.

U izvještaju koji je sačinjen od strane OPC - *Research Report Drones in Canada* se kaže da uticaj dronova na privatnost ovisi od tipa profesionalnih informacija koje se dronovima prikupljaju, svhe, konteksta i lokacija na kojoj djeluju kao i vrste tehnologije koju nose platforme.¹⁴ Često se dronovi porede sa CCTV sistemima kao i helikopterima, međutim, ključna razlika je u tome što su dronovi neprimjetni i što svojim radom ne uznemiravaju i upozoravaju na svoje prisustvo. Dronovi će preuzeti funkcije policijskih poslova, poslove logistike i istovara kao i biti sredstvo komunikacije. Gašenja požara, nadzora nad prirodom i njenim očuvanjem, u poljoprivredi, inspekcijama u građevinarstvu i stanju konstrukcija, u novinarstvu i TV prenosima su samo neke od njihovih aplikacija. Zbog toga je na kongresu održanom 2012. godine u SAD donesen *The FAA Modernization and Reform Act* sa ciljem da se dronovi integriraju u domaći vazdušni prostor do 2015. godine. Opasnost koja postoji kod ove integracije je da će letjelice koje su beznačajne vrijednosti moći dovesti do sudara i nesreća komercijalnih i velikih letjelica. Ključno pitanje postaje sigurna upotreba javnog vazdušnog prostora. Javni prostor je onaj prostor koji se može koristiti od zajednice u najširem

War Machines”, *Harvard Law School*, 2012, 39, 40, 41.

¹³ Surveillance Drones: Privacy Implications of the Spread of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Canada/A Report to the Office of the Privacy Commissioner of Canada, under the 2013-2014 Contributions Program, April 30 2014, 27, 28.

¹⁴ *Ibid.*, 30.

smislu riječi u horizontalnoj ravni, a nedostatak jasne pravne definicije javnog prostora u uslovima pojave novih tehnologija može biti problematično za zaštitu privatnosti. U većini zemalja vazdušni prostor je podjeljen u klase po vertikali i u njima postoje pravila za visinu leta, način leta, interakciju između letjelica i vazdušne kontrole. Zone su podjeljene i označene slovima od A do G. Prostor neposredno iznad zemlje koji nije kontrolisan je označen sa slovom G, dok prostor iznad aerodroma i većih gradova podrazumijeva dozvolu za let i informacije o saobraćaju.¹⁵ Integriranje dronova u svakodnevni život podrazumijeva integriranje dronova u set vrijednosti kao što su privatnost, povjerenje, sigurnost, sloboda izražavanja, zajednica, respekt itd. Dizajn ovih letjelica mora odražavati upravo stav prema ovim vrijednostima, i ove vrijednosti moraju biti sprovedene kroz niz tehničkih, funkcionalnih, regulacijskih parametara, specifikacija i ograničenja materijalizirane u inženjerske komponente sa ciljem da se eliminišu zloupotrebe pa čak i uzgredne posljedice za ove vrijednosti uslijed upotrebe dronova.¹⁶ Sigurnost podrazumijeva da dijelovi dronova kao i on sam moraju ispunjavati standarde sigurne plovidbe, kvalitetu performansi u području treninga, korištenja interfejsa, planiranja i kontrole leta kao i drugih parametara važnih za sigurnost. Upotreba dronova u poslovne svrhe vodiće sigurno do važnosti osiguranja od šteta i menažiranja rizikom u odnosu na sigurnost ljudi i imovine.¹⁷

3.1. Tehnološke specifičnosti i korištenje

Dronovi su promijenili ratovanje jer su učinili da se sa lakoćom mogu pronaći i likvidirati osobe koje predstavljaju sigurnosne prijetnje pri tome ne dovodeći u opasnost živote vojnika koji su na terenu. Današnji dronovi se ne razlikuju puno od ranijih radio kontrolisanih aviona, jer u potpunosti nemaju autonomiju, ali su današnji automatizovani. To znači da jedan dio poslova mogu obavljati samostalno, ali su generalno zavisni od operatera. Bespilotne letjelice će uskoro biti u stanju da samostalno djeluju i da donose odluke. Već sada se u nekim zemljama dronovi koriste za čuvanje zatvorenika ili pružanje njege pacijentima.¹⁸ Dronove čini specifičnim tehnologija koja se drastično brzo mijenja, a da aktuelna pravna rješenja temeljena na sadašnjoj tehnologiji sutra možda neće biti validna i efektivna. Stoga, pravna rješenja moraju biti postavljena tako da jedno oko zakonodavca gleda na budućnost tih novih tehnologija koje će stvoriti autonomne robote, a ne sa aspekta tehnologija koja joj prethode.¹⁹ Autonomija je ključna riječ

¹⁵ DRONES & AERIAL ROBOTICS CONFERENCE LAW & POLICY GUIDEBOOK/NYU LAW, Engelberg Center on Innovation Law and Policy, DRONECONFERENCE.ORG, 7.

¹⁶ *Ibid.*, 10.

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ W. C. Marra/S.K. McNeil, „Understanding „The Loop“: Regulating the Next Generation of War Machines”, Harvard Law School, 2012, 5.

¹⁹ *Ibid.*

za robote i ona se definiše najčešće sa aspekta ljudske prirode i to kao kombinacija slobode i odgovornosti na osnovu koje se djeluje, kao jednakopravno i slobodno racionalno biće uz uvažavanje svih različitosti koje proizlaze iz spola, uvjerenja, statusa i cjelokupnog odnosa prema životu uključujući i smrt. *John Boyd* je dao doprinos vojnoj nauci, ali i poslovanju generalno, a zatim i robotike kroz ono što se zove „*OODA Loop*”. „*OODA Loop*” je proces odlučivanja kod ljudskog bića koja se pojednostavljeno može svesti na četiri koraka *Observe, Orient, Decide, Act*.²⁰ Razumna osoba oko sebe osmatra svijet i prikuplja informacije koje intepretira, a one mu pomažu da se orijentiše u tom svijetu. Potom odlučuje o daljnjem toku akciju i na kraju ih sprovodi. Ovi koraci nisu sekvencionalni nego se odvijaju istovremeno sa brojnim povratnim vezama i petljama odlučivanja. Isti procesi se odvijaju kod vještački izgrađene inteligencije i robota. Čovjek, ali i robot osmatra putem svojih senzora odnosno čula, sintetizira informacije i pretvara ih u znanje, donosi odluke uvažavajući sve moguće i poznate rizike, poduzimajući akcije materijalizirajući veliki broj operacija koje su svjesne ili podsvjesne.²¹ Ako je rezonovanje odnosno percepcija svijeta nepotpuna ili pogrešna dolazi do greške u kasnijim koracima. Robot mora donijeti odluku koja je limitirana najviše postojećom tehnologijom koja je ugrađena. Današnja tehnologija omogućuje robotima prije svega da mogu dobro da osmatraju svijet oko sebe, a manje da donose odluke. Osamostaljivanje robota od operatora kod donošenja odluka, instrukcija ili preporuka čini izlazni rezultat ponašanja robota odnosno drona značajnijim kod procjene da li se radi o robotu koji je autonoman ili automatiziran. Autonomnost nasuprot automatizacije mjeri se frekvencijom interakcija spoljnog operatora ili nezavisnošću od njega, mjerom kako se mašina nosi sa neizvjesnošću okruženja kao i stepenom pouzdanosti odluka koje može mašina sama da donosi.²²

Adaptibilnost znači da se robot može nositi sa preprekama u svom okruženju i da se prilagodi mnoštvu mogućih scenarija. Adaptibilnost ovisi od toga koliko senzora ima robot i koliko je fleksibilan sam proces odlučivanja. Autonomija je realizacija plana bez ili sa vrlo malo uticaja od strane operatora. Snaga robota i njegov kapacitet da dovrše misiju bez obzira na prepreke čini njegovu pouzdanost. Pouzdanost je u direktnoj vezi sa rizikom odnosno sa situacijom u kojoj će robot reći da nema izlaza, naročito je to značajno u onim misijama kada već ljudska inteligencija nalazi da ima malo šansi za uspjeh.²³ Kada je laboratorija ratnog vazduhoplovstva *The Air Force Research Lab (AFRL)* dala svoju skalu sa 11 nivoa za procjenu autonomije u odnosu na ljudskog operatera moglo se precizno razgraničiti stepen razvoja pojedine generacije robota na način da je:

0 – Daljinski upravljano vozilo, 1 - Daljinski izvršavanje prethodno planirane

²⁰ *Ibid.*, 10.

²¹ *Ibid.*, 12, 13.

²² *Ibid.*, 18, 19.

²³ *Ibid.*, 21, 22, 23.

misije, 2 -Promjenjiva misija, 3 - Robusni odgovor na događaje u realnom vremenu, 4 - Vozilo koje je adaptibilno na greške i događaje, 5 - Koordinacija između više vozila u realnom vremenu, 6 - Kooperacija u realnom vremenu, 7 - Znanje o bojištu, 8 - Pojedinačna spoznaja o bojištu, 9 -Spoznaja o bojištu u rojevima, 10 - Puna autonomija.²⁴

Inženjeri određuju kada će mašina i u kojim funkcijama biti autonomna, a kada automatizirana. Npr. autonomna može biti funkcija leta koja određuje kada će dron poletjeti, kuda će letjeti, kada će sletjeti, ali kada treba donijeti odluku da se ispali raketa ili otvori vatra tu odluku će apsolutno imati pravo da donese samo operater sa zemlje.

Inženjeri također određuju kada mašina postaje autonomna, a kada automatizirana, dajući mogućnost operatoru sa zemlje da odredi kada će mašini dati autonomnost, a kada će on da preuzme kontrolu. Zatim operater određuje stepen autonomije zavisno od različitih misija.²⁵ Današnji vojni dronovi imaju tri moguća režima rada. Jedan je poptuno ručno vođenje, poluautomatsko nadzirano i praćeno letenje, i treći, let koji je unaprijed programiran.²⁶ Kada se govori o legislaturi kod dronova treba reći da je je to vrlo intenzivno područje razvoja i da opšta publika nema informacije do kojeg stepena je autonomnost dronova razvijena, jer je to klasifikovano područje nacionalne sigurnosti. Osim za ratne svrhe dronovi se mogu koristiti i za borbu sa kriminalom i hvatanje kriminalca kao i druge usluge.²⁷ Rast kompjuterske tehnologije praćen padom cijena i pojačanim zahtjevom armija za robotsko i automatizovano ratovanje doveli su do razvoja dvije ključne tehnologije dronova, a to je navođenje oružja do mete i minimiziranje skretanja projektila ili bombi sa putanje. Tehnološka rješenja koja su prethodila dronovima su laserko vođenje bombi i tehnologije krstarećih projektila. Posebno značaj je doprinos dao je sistem globalnog pozicioniranje letjelice.

Letjelice zvane dronovi omogućavaju aplikacije bez presedana²⁸, ali se istovremeno pojavljuju nove prijetnje povezane sa njihovom mogućom zloupotrebom (npr. krijumčarenje droge, teroristički napadi, špijunaža). Dron je obično male veličine, s mogućnošću vrlo brzog leta u manevru, što čini ove letjelice kategorijom ciljeva koje je mnogo teže otkriti u poređenju s tradicionalnim letjelicama. Ove letjelice se mogu koristiti unutar vazdušnog prostora jedne zemlje ili u pograničnom pojasu, odnosno jurisdikcijama više zemalja. U tom

²⁴ *Ibid.*, 25.

²⁵ *Ibid.*, 27.

²⁶ *Ibid.*, 28.

²⁷ *Ibid.*, 29.

²⁸ A. Duraković/M. Simović, „Detekcija i zapljena dronova koji se koriste za ilegalne aktivnosti“, sa 14. međunarodne naučno-stručne konferencije „Narko kriminalitet – prevencija i represija“, Srpsko udruženje za krivičnopravnu teoriju i praksu Beograd, Republika Srbija i Istraživački centar Banja Luka, Višegrad, april 2023. godine, ISSN 2831-0144.

kontekstu, sistemi za detekciju, prepoznavanje i zaustavljanje dronova suočavaju se sa brojnim problemima. Mnoge policijske i vojne organizacije pokušavaju da izvuku iskustva iz upotrebe i suzbijanja upotrebe dronova iz Iraka, Avganistana i Ukrajine kako bi preduzeli odgovarajuće mjere za suzbijanje njihove zloupotrebe. Pošto upotreba dronova postaje sve popularnija i u privredne, naučne, sportske i privatne svrhe, aktuelizovano je pitanje njihove bezbjednosti i potrebe za donošenjem zakonske regulative kako bi se spriječili mogući incidenti.

U ovom radu razmatraju se glavni izazovi u vezi sa problemom identifikacije dronova, koji uključuju otkrivanje, moguću verifikaciju i klasifikaciju. U fokusu su načini detekcije, verifikacije i zaustavljanja i zapljene dronova koji vrše ilegalne aktivnosti. S tim u vezi, dat je pregled najrelevantnijih tehnologija koje su u savremenim sistemima nadzora stavljene u mrežu prostorno distribuiranih senzora kako bi se obezbijedila potpuna pokrivenost nadgledanog područja. Preciznije, glavni fokus je na ključnim tehnologijama zbog svoje niske cijene i sposobnosti rada na relativno velikim udaljenostima. Iako je jasno da glavni posao oko letenja obavlja hardverski dio, činjenica je da se u unutrašnjosti drona nalazi vrlo složen sistem koji zapravo omogućava let dronom. Što se tiče hardverskih komponenti, u svojoj osnovi svaki dron ih ima nekoliko, i to važnih. Tijelo drona, s nožicama za sigurno slijetanje, glavni je element drona na koji se vežu razni drugi hardverski dijelovi. Na tijelo drona pričvršćena je jedna (ili više) kamera, čiji je zadatak praćenje leta drona i snimanje događanja ispod linije leta.

Rotori drona sastoje se od motora i propelera. Zavisno od svoje veličine i karakteristika, dronovi imaju različite motore koji pogone različite veličine propelera. Na dronovima se obično nalaze četiri rotora. Svi dronovi su opremljeni sensorima, među kojima su najvažnija dva (*Accelerometer and Altimeter*). Prvi je zadužen za praćenje brzine leta, dok drugi senzor korisniku u svakom trenutku otkriva visinu leta, ali i pomaže prilikom spuštanja i podizanja drona. Dronovi mogu biti opremljeni i raznim drugim sensorima koji pomažu u upravljanju dronom.

Dronovi imaju i sve veću ulogu u kriminalističkom istraživanju²⁹, prije svega u provođenju uviđaja ali i u drugim kriminalističkim radnjama naročito pretraživanja lica mjesta nakon što je događaj završen ili nadzor još aktivnog događaja. Organ koji provodi uviđaj, a to je prije svega policija mora brzo i vidljivo osigurati lice mjesta kao i sve predmete i tragove na njemu.

Pretraživanje, snimanje i dokumentovanje, prikupljanje i analiza sa lica mjesta mora biti obavljeno bez uznemiravanja lica mjesta i kontaminacije. Ulazak osoblja u navedeno područje nosi rizik i zahtijeva vrijeme, osoblje i kompleksne aktivnosti. U tom smislu upotreba vještačke inteligencije može olakšati provođenje navedenih aktivnosti.

²⁹ A. Duraković/M. Simović/S. Duraković, „Upotreba dokaza prikupljenih dronovima u krivičnim istragama”, *Međunarodna naučna konferencija: Digitalizacija u kaznenom pravu i pravosuđu*, Institut za kriminološka i sociološka istraživanja, 25. novembar 2022. godine.

Borba protiv zloupotrebe dronova uključuje upotrebu svih dostupnih načina i sredstava kao i iskorištavanje svih slabosti koje imaju dronovi generalno i pojedine vrste dronova. Prije svega onemogućavanje djelovanja dronova se odnosi na fokus djelovanja na bespilotnu letjelicu prije nego na ostale komponente sistema kao što je, daljinska kontrola, komunikacija i personal koji upravlja letjelicom.

Zapljenjena drona, njegova analiza i forenzička analiza drona i sadržaja je osnova za prikupljanje dokaza i njihovu analizu. Pored dronova, pametni telefoni igraju ključnu ulogu u navedenom procesu jer su oni osnov za komunikaciju telefon – dron, za određivanje statusa u letu, kao i sve produkte u vidu fotografija i videa. Sve to treba da rasvijetli ulogu korisnika odnosno vlasnika drona ukoliko je neko drugi uzurpirao tu komunikaciju i preuzeo upravljanje dronom.

Dijelovi drona imaju jedinstvene oznake i analiza fizičkih komponenti provodi se u sklopu forenzike fizičkih dijelova, kao i podaci nastali u toku leta koji se analiziraju u sklopu digitalne forenzike. Sve to će omogućiti prikaz leta drona. S druge strane, adekvatno razvijanje zaštite od ilegalne upotrebe dronova kao i istrage vezano za iste podrazumijeva praćenje trendova. Ono što je posebno važno istaknuti je da se djelovanje dronovima razlikuje značajno u periodu mira, krize i rata.

Uviđajna ekipa na mjestu izvršenja krivičnog djela kroz provođenje faza uviđaja pored rutinskih koraka koje poduzima često nailazi na specifične situacije i zahtjeve, a koje mora riješiti zbog specifičnosti lica mjesta, specifičnosti načina izvršenja djela ili specifičnosti tragova i dokaza koje treba pronaći, izazvati, fiksirati i izuzeti. Svaki uviđaj ograničen je sposobnošću da se organizacijski i tehnički osigura lice mjesta, da se dokazi zaštite od kontaminacije i uništenja, kao i da se obezbijedi sljedivost dokaza. Kontaminacija, uništavanje ili odnošenje dokaza dešava se ljudskim i životinjskim aktivnostima, kao i djelovanjem vremenskih i meteroloških pojava. Brz pristup licu mjesta kao i brzo bilježenje i fiksiranje svih tragova i promjena je ključno za daljnja forenzička i kriminalistička istraživanja, kao i za daljnji sudski postupak.

Uporedo sa provođenjem svih faza uviđaja (informacijska, statička, dinamička, kontrolna) je stalna procjena sigurnosti osoblja i lica mjesta, a provodi se i misaona rekonstrukcija događaja. Srž dokumentiranja unutar uviđaja je fotografiranje i snimanje uz upotrebu novih tehnologija. Upotreba dronova je izazov i potreba novih okolnosti. Dronovi ne samo da se koriste u navedene svrhe nego se i sami pojavljuju kao sredstva za izvršenje krivičnih djela ili su posljedice njihove upotrebe zahtijevale provođenje uviđaja, vještačanja, ili drugih radnji kako bi se oni sami neutralisali.

Dronovi su dio novih okruženja u kojima se odvija život, zajedno sa mobilnim telefonima, tabletima, pohranjivanjem podataka u oblacima, upotrebom raznih hardverskih i softverskih rješenja za činjenje i rješavanje krivičnih djela. U tom smilu dronovi su predmeti forenzičkih ispitivanja ali i sami su predmet antiforenzičkih mjera koje su usmjerene na uništavanje podataka, ili

onemogućavanja pristupa istim od službi za provođenje zakona kada za tim postoji potreba.

Bespilotne letjelice bez obzira kojih veličina, modela i načina rada (npr. sa fiksni krilima ili rotorima) se mogu koristiti za beskonačno mnogo zadataka i samo mašta limitira njihovu upotrebu. Pored industrijski rađenih bespilotnih letjelica brojni hobisti prave i orginalne vlastite kreacije. Njihova korisnost definisana je *cost-benefit* analizom i to je nešto što podržava njihovu upotrebu u odnosu na klasične avione i helikoptere. Primjenjuju se najčešće za snimanje određenog prostora, nekada i sa prenosnom slike uživo, za snimanje scene sa različitim sensorima i detekciju promjena u sredini (npr. kod ekoloških incidenata), kod praćenja požara, poplava, u građevinarstvu za inspekcije objekata i postrojenja, za razne hobiste i filmske aktivnosti, za snimanje mjesta nesreće, za pretraživanje određenih prostora i potragu za predmetima, leševima, ljudima, vozilima. Dometi kao i nosivost dronova, cijenovni raspon, broj osoblja koje je potrebno za održavanje i korištenje su teme o kojima su napisani brojni radovi i ti parametri su od značaja za temu ovog rada u smislu da li letjelica djeluje van optičke vidljivosti operatera i koliko dalek ima radijus leta, koliko opreme i sofisticiranosti opreme nosi, koliko dugo ostaje u zraku, na kojoj visini leti, doba dana ili noći, na koji način se ostvaruje komunikacija sa letjelicom, da li su to radio talasi, Wi-Fi, preko mobilnog uređaja, bazne stanice na zemlji ili preko satelita.

Za kriminalističko forenzičke potrebe, kao i za poslove generalnog ili specijalnog nadzora, prikupljanje obavještajno interesantnih podataka o aktivnostima mali dronovi su sa aspekta cijena i koristi, veoma pogodni. Pogled iz vazduha, upotreba vještačke inteligencije za interpretiranje rezultata nadzora kao i upotreba raznih senzora omogućava djelovanje u realnom vremenu ili uz naknadnu interpretaciju prikupljenog materijala pomoću odgovarajućih algoritama.

Uviđaji dronovima omogućuju u ranoj fazi procjenu lica mjesta događaja, brz pregled lica mjesta, foto, video i grafičko snimanje mjesta, identifikovanje predmeta i njihovih lokacija, dodjeljivanje bar kodova svakom pojedinačnom predmetu ili tragu, automatsko vođenje dnevnika o svemu navedenom u formi datuma, sata, GPS lokacije, 3D prikaza. Sve to je kod letjelica koje se nose u prtljažniku automobila cjenovno nisko u poređenju sa letom helikopterom, ili sa velikim bespilotnim letjelicama koje koristi vojska za strateška snimanja.

Operater na zemlji definiše prostornu zonu koju će letjelica obraditi bilo da koristi manuelni ili automatski rad. Fotografije sa odgovarajućim kamerama su takve kvalitete da u uvećanju daju prikaz detaljnosti kao da gledate u stvarnosti snimljeni objekat. Pošto je riječ o upotrebi ili zloupotrebi dronova, odnosno upotrebi dronova za kriminalistička i forenzička istraživanja ili su sami predmet forenzičkih i kriminalističkih istraživanja potrebno je nešto reći o njima samima.

Dron se sastoji od fizičkog dijela odnosno same letjelice, kontrolne stanice

(daljinski upravljač radio kontroler koja omogućuje podatkovne veze za prenos podataka, podrške za naknadnu obradu podataka) softverske i ili digitalne komponente koju čine operativni sistemi najčešće isti oni koje koriste mobiteli, tableti, uređaji za čuvanje medija, fotografija i video zapisa, bilo da su integrisani u sam dron ili su odvojivi, datoteke, *firmware* i ROM. Zahvaljujući svojoj hardverskoj i softverskoj konfiguraciji dronovi su korisni za mjerenja, fotografiranje, pronalazke predmeta u uviđaju i naknadnoj rekonstrukciju, koriste metodu fotogrametrije za stvaranje točnog prikaza mjesta izvršenja krivičnog djela zajedno s udaljenostima dokaza i to na kompliciranim ili nepristupačnim mjestima zločina.³⁰ Različite tehnike osvjetljenja uz korištenje UV-zraka, infracrvenih zraka za mnoge situacije je pogodno. U kriminalističkoj praksi, primjene poput gledanja udaljene zone lica mjesta, hvatanje iz zraka perspektive, fotografiranje mjesta događaja i s više karakteriziranih tačaka, snimanje, mapiranje mjesta zločina su od iznimne važnosti kako u ranoj fazi uviđaja tako i u analiza nakon istog. Mapiranje mjesta zločina može se postići korištenjem softvera npr. *Autodesk, REVIT* (za informacije o zgradama modeliranje) itd.³¹ Ako je opremljen odgovarajućim tehnikama osvjetljenja (UV i IR), dron može tražiti nevidljive tragove kao što su latentni otisci prstiju, otisci obuće, isprani tragovi krvnih mrlja itd., a može ih lako fotografirati bez ugrožavanje integriteta dokaza.³²

Mogu mjeriti toksine u zraku, pratiti požare, poplave, pronalaziti tijela u svim fazama raspadanja, dijelova tijela kao što su lobanje, dijelova odjeće i predmeta. Zavisno od vrste senzora i broja senzora zavisi veličina i cijena dronova i senzora. U vezi s tim zavisi upotreba

u zemaljskim stanicama podataka za prenos uživo ili nakon slijetanja drona i skidanja podataka softverskih programa i algoritama, moguće je pravilno očitavanje, tumačenje, mapiranje i prikaz tih podataka u odgovarajućem obliku. Mogu se koristiti laseri, 3D kamere, koji zajedno sa GPS sistemom i zapisima koje stvara dron detaljni su izvor informacija i vjerodostojna interpretacija onoga što je pronađeno. U stanju su da daju bar kodove za dokaze i da održavaju lanac nadzora nad dokazima bez kontaminacije. Organizacijska faza uviđaja pretpostavlja da postoji opremljen i obučen organ, osoblje koje je operativno sposobno da provede navedene aktivnosti.

Forenzička ispitivanja dronova su usmjerena na ispitivanje hardvera, odnosno tijela drona, serijskih brojeva, motora, propelera, baterija, tereta i senzora, softvera i sadržaja koje je dron generirao u obliku datoteka, GPS podataka. Sve to sa ciljem da bi se identifikovao dron ako je registrovan, njegov vlasnik, ili osoba

³⁰ K. Sharma/G. Chandra/P. M. Ved, *Comparitive Analysis and Implication of UAV and AI in Forensic Investigations*, IEEE, 2019. https://www.researchgate.net/publication/332758621_Comparitive_Analysis_and_Implication_of_UAV_and_AI_in_Forensic_Investigations

³¹ *Ibid.*

³² *Ibid.*

koja je uzurpirala dron, da bi se nedvosmisleno utvrdio način upotrebe drona (npr. nagib drona, nagib kamere i smjer leta ukazuju da li je na toj lokaciji samo prelijetao ili snimao), potrošnja baterija uz procjenu da li je dron nosio teret i koje težine, ako isti nije nađen. Grafički prikazi uz rekonstrukciju putanje leta sa značajnim tačkama polijetanja i slijetanja su od značaja. Za pristup podacima potrebni su portovi na dronu, kartice, pristup podacima bez ili sa mjerama kojima se neutrališu antiforezičkim mjere onoga ko je koristio dron. Na samom dronu mogu biti instalirani softveri koji onemogućavaju pristup podacima bez lozinke, ili koji brišu podatke nakon nekog vremena ili koji daljinski aktiviraju brisanje podataka. Puno tehnologija u igri s obzirom na način kako se dronovi zaustavljaju u letu, bilo fizičkim mjerama ili elektronskim mjerama. Pametni telefoni igraju važnu ulogu u procesu upravljanja dronovima. Oni imaju dvije svrhe u interakciji telefon-dron, gdje se korisnici mogu prebacivati između ručnih i automatskih/autonomnih načina upravljanja. Dronovi preko pametnih telefona šalju svjetlosne naredbe, status drona, slike i video putem Wi-Fi komunikacijskih kanala. Pametni telefon može izdati skup unaprijed definiranih naredbi koje mijenjaju rad rotora drona za promjenu položaja drona u ručnom načinu rada. Alternativno, algoritmi za obradu i strojno učenje mogu se realizovati na pametnom telefonu klijenta, generirati naredbe koje dron vraćaju u autonomne načine letenja. Za veće udaljenosti prijenos podataka između dronova i pametnih telefona koristi se radio komunikacijski kanal od 2,4 GHz. Između odašiljača i kontroler prijemnika spojenog na pametni telefon putem USB kabela i montiran na prijemnik na sklopu drona, dok se autonomna navigacija drona može postići na temelju proračuna leta i obrade temeljene vizije leta koja se realizuje na pametnom telefonu. Lažni agent može koristiti lažnu adresu e-pošte i prijaviti se u mobilnu pametnu aplikaciju drona i sakriti svoj identitet dok dron leti i počinuti neke krivične radnje kao što je povreda zračnog prostora ili provođenje nezakonitih aktivnosti kao što je fotografiranje strateških ili osjetljivih lokacija kod onih letjelica koje imaju malo ili nikakve sigurnosne kontrole za sprječavanje ugrožavanja uređaja.³³

U slučaju da je dron upleten u kriminalne aktivnosti, njegovo oduzimanje i naknadna analiza u laboratoriju za digitalno forenzičko istraživanje ključni je dio postupka prikupljanje i analize dokaza. Izazovi povezani s forenzikom drona uključuju dekompozicije drona i dijelovi se nalaze rasuti unaokolo, a što zahtjeva skupljanje materijala i njegovo povezivanje. Oni digitalni forenzički alati koji su upotrebljivi na određenim dronovima i komponentama neće moći biti upotrijebljeni na drugim tipovima dronova i drugim komponentama, tako da je za potpun forenzički postupka potrebno mnoštvo softvera i hardvera. Pojedini dronovi nemaju određenih portova i moguć je samo bežičan prenos slika pa to predstavlja ozbiljan problem. Pristup podacima sa drona može biti onemogućen jer su forenzičari blokirani nemogućnošću pristupa uslijed mehanizama zaštite

³³ Z. Baig/M. A. Khan/N. Mohammad/G. B. Brahim, „*Drone Forensics and Machine Learning: Sustaining the Investigation Process*“, Sustainability, 2022.

koje je instalirao ili sam proizvođač ili je to učinjeno naknadno manipulacijom visokotehnološki edukovanog vlasnika ili korisnika.

Ako je vlasnik i identificiran on sam možda neće biti voljan da omogući pristup podacima čak i pod prijetnjom zakonske kazne. Dronovi imaju višestruke datoteke i neke od njih mogu biti čitljive a neke ne, uslijed ne postojanja odgovarajućih alata i softvera za skidanje podataka i njihovo čitanje. *Flash* memorija i RAM mogu izgubiti podatke nakon pada, ako se baterija drona isprazni. Podaci mogu biti enkriptirani, što otežava ili onemogućuje očitavanje. Poznato je da komponente drona imaju različite identifikacijske brojeve. Takve informacije mogu sadržavati serijske brojeve drona (dodijelio proizvođač), njegovih propelera, motora, kamera i ugrađeni GPS uređaja. Ovisno o vrsti drona, takve informacije mogu, ali i ne moraju biti dostupne istražitelja, ali ako je dostupno, korisno je utvrditi vezu između drona i njegovog potencijalnog korisnika.³⁴

Dron tokom samog leta u svojim datotekama bilježi podatke koji su generirani tokom leta, a kada se skinu sa drona moguće je rekonstruisati različiti aspekti kretanja i operacija drona, kao što su: vremenske odrednice, trajanje leta, brzina, snage, skretanje, nagib, kotrljanje, visina .

Ako su podaci čitljivi moguće je i grafički prikaz leta drona što sliku čini preglednom i daje jasne okvire za zaključke o prirodi leta i aktivnostima. Forenzika dronova je ukratko usmjerena na preuzimanje, i korištenje podataka o mrežnom prometu između drona i kontrolera, preuzimanje zapisnika iz dnevnika koje automatski vodi dron u odgovarajućim datotekama, analiza sistema datoteka i skidanje i pregledavanje produkata kao što su fotografije i video snimci.

Hardverska forenzika kao i kod svakog uviđaja uključuje pregled drona, njegovog tereta (npr. eksploziv, droga, oružje koje je instalirano na njemu), obrada drona da bi se skinuli otisci prstiju sa njega i komponenti kao što su baterije, kamere, kartice. Zatim analiza tehničkih karakteristika drona: vrstu drona, opis nosivosti, maksimalna udaljenost, maksimalno vrijeme leta, visina leta, radna frekvencija, vrsta veze između drona i kontrolera, putanja leta, moguće tačke polijetanja i dovođenje u vezu drona sa osobom i mobilnim telefonom ili kontrolerom. Sve navedeno je vrlo složeno s obzirom da postoji veliki broj dronova i da njihov hardver i softver nije isti kao količina i vrsta podataka koje oni generiraju i čuvaju.

Neki od alata usvojenih za forenzičku istragu uključivali su 2D i 3D rendgenske uređaje, *DataCon*, *CSVView*, *EnCase/FTK Imager* i *Compact Forensic Imaging Device* (CFID). Preuzimanje hardvera uključuje pažljivo rastavljanje matične ploče drona i *flash* memorijskog čipa. Kao što je prethodno istaknuto, ako je model drona poznat kroz registraciju korisnika istog, lakše je prepoznati pravu tehničku podatkovnu tablicu za referencu koja zauzvrat pomaže u razumijevanju usvojene tehnike pohrane podataka. Mogu se koristiti i rendgenski aparati za traganje strujnih krugova i pinova/tačaka u čipu te za čitanje podataka ako nisu bili

³⁴ *Ibid.*

dostupni za čitanje izravno s memorijskog čipa preko čitača čipa. Sažetak bi bio da su forenzički ispravne i održive stavke podataka uključivale mapu crne kutije (informacije o letu), mapu sistema (informacije o operativnom sistemu i procesu), nadogradnja mape (informacije o firmveru), datoteku dnevnika (pojednosti o sistemu, disku i procesu), FTP datoteku (naredbe, vrijeme početka i podaci za prijavu), serijski broj ploče i kamera, serijski broj senzora. Enkripcija podataka opterećuje forenzičare i istražni proces, a proces će se stoga morati oslanjati na one podatke koji su izdvajanjem u formatu otvorenog teksta. Podaci se mogu prikupljati putem USB veze i Wi-Fi veze, pristupnu tačku, koju uspostavlja dron tokom pokretanja. Daljinski upravljač se također može koristiti za prikupljanje podataka o putanji leta. Slike i videozapisi pohranjeni su u unutarnjoj *flash* memoriji uređaja i mogu se preuzeti putem FTP-a. GPS koordinate uključene su samo kada su bile dostupne tokom leta. Analiza različitih tehnika za pronalaženje slike i podataka o snimanju videa iz drona. Korištene su kako bežične veze FTP, Telnet i žičane veze putem USB priključka ili serijskog (UART) priključka. Cijeli medij Serijski (UART) veza je donijela prednost u pogledu količine dostupnih podataka, odnosno medija datoteke kao i datoteke sistema bespilotne letjelice i podatke sa drona. Koriste se različiti operativni sistemi kako oni licencirani tako i *open source*.³⁵

Otkrivanje i dokumentiranje zemaljskih tajnih grobnica i površinskih ostataka ljudi su područje u kojem se koriste bespilotne letjelice i senzori kao i automatski algoritmi obrade. To je problem složenog odlučivanja u uvjetima neizvjesnosti koji zahtijeva identifikacija inteligentno zaključivanje o izravnim dokazima o ljudskim ostacima i njihovom okolišu. Kao takav, to je koliko inženjerski i geoprostorni problem, toliko i antropološki problem.³⁶

3.2. Identifikacija drona

Identifikacija drona³⁷ se sprovodi kroz tri faze koje su prilično zahtjevne. Prva faza je detekcija mete koja ukazuje na njenu prisutnost. U drugoj fazi se vrši provjera da li se zaista radi o prisustvu mete – kako bi se isključio ili smanjio broj lažnih alarma. Provjera se vrši i drugim autonomnim sistemima radi potvrde prisustva mete – kombinovanjem radara i kamera ili akustičnih senzora ili putem osmatrača, uz korištenje akustičnih senzora (multispektralnih), kamera s

³⁵ *Ibid.*

³⁶ B. Murray/D. T. Anderson/ D. J. Wescott/R. Moorhead/M. F. Anderson, *Survey and Insights into Unmanned Aerial Vehicle-Based Detection and Documentation of Clandestine Graves and Human Remains Article in Human Biology*, 2018, <https://www.researchgate.net/publication/326586150>

³⁷ A. Duraković/M. Simović, „Detekcija i zapljena dronova koji se koriste za ilegalne aktivnosti“, sa 14. međunarodne naučno-stručne konferencije „Narko kriminalitet – prevencija i represija“, Srpsko udruženje za krivičnopravnu teoriju i praksu Beograd, Republika Srbija i Istraživački centar Banja Luka, Višegrad, april 2023. godine, ISSN 2831-0144, 251.

video-analitikom, LIDAR-a (svjetlosna detekcija i domet) i radio-frekvencijskih (RF) senzora za detekciju (bilo da su pasivni ili aktivni). Nakon potvrde ide se u sljedeću, treću fazu klasifikacije drona u određene kategorije. Kategorizacija se vrši prema tipu letjelice, npr. fiksna krila, broj rotora, veličina, postojanje tereta itd.³⁸ Složenost problema otkrivanja i praćenja kretanja letjelice povećava nesigurnosti u ishod procesa i donošenja odluka o djelovanju na letjelicu. Fokus je na razvijanju tehnika koje pokrivaju određeni užji geografski prostor od značaja, uz upotrebu različitih senzora koji iz suštinski različitih podataka potvrđuju prisustvo letjelice i omogućavaju praćenje kretanja i aktivnosti drona, kao i određenih tereta na dronovima. Zaključak treba biti holistički, bez greške u uslovima slabe vidljivosti, raznih ometanja ili u uslovima urbanog ambijenta sa brojnim preprekama i smetnjama.

Uključene tehnologije³⁹ su 3D LIDAR senzor pasivni radio-detektori, video-analitika i pasivni akustični senzori. Sve ove tehnologije treba da onemoguće zamjenu drona za ptice i obrnuto. Cilj je za svaku od primijenjenih tehnika izdvojiti neke karakteristike za različite vrste letjelica: kategorija bespilotnih letjelica (s fiksnim krilima, s jednim rotorom ili više rotora); razlika između dronova i ptica koje su najslabije po veličini i radarskom presjeku (RCS) i evaluacija prisustva bilo kakvog korisnog tereta koji utiče na RCS cijele mete.

Neke tehnike su korisnije u prvoj fazi otkrivanja, dok su druge korisnije radi potvrde prisustva i klasifikacije vrste letjelice. U prvoj fazi se obično koriste različiti radari, dok u drugoj fazi dominira upotreba kamera i algoritama za identifikaciju dronova, uz aktivnu ulogu operatera. Kamere su limitirane efektima svjetlosti, refleksija i sjena, a u noćnim uslovima korištenja infracrvene kamere. Povoljni uslovi vidljivosti i pozicija letjelice na manjim udaljenostima, uzimajući u obzir rezoluciju i domete, kao i cjenovne raspone opreme – prilično su pouzdani. Jasno je da se za bolje i kvalitetnije rezultate koriste skuplji i precizniji sistemi. Od značaja su i elektrooptički (EO) senzori u obliku kamera koje su osjetljive na vidljivo svjetlo ili infracrveno zračenje. Infracrveni EO senzori identifikuju toplotu motora ili baterija dronova i omogućavaju razlikovanje od ptica. Ovo je jedno od najisplativijih i na sadašnjem nivou razvoja tehnologije vrlo praktično rješenje, mada nema podataka o nekim već izgrađenim komercijalnim umreženim sistemima.⁴⁰ Audio - senzori detektuju zvuk motora i propelera i služe za njihovu potvrdu i razlikovanje dronova od

³⁸ A. Coluccia/G. Parisi/A. Fascista, *Detection and Classification of Multirotor Drones in Radar Sensor Networks: A Review*, 2020.

³⁹ *Ibid.*, 252.

⁴⁰ T. Humphreys, *Statement on the security threat posed by unmanned aerial systems and possible countermeasures*, The University of Texas at Austin, Submitted to the Subcommittee on Oversight and Management Efficiency of the House Committee on Homeland Security, March 16 2015.

ptica. Njihov domet je vrlo ograničen zbog šumova i buke iz okruženja. Oni služi za razlikovanje letjelice sa fiksnim krilima od one sa više rotora i veličine letjelice. Mogu biti beskorisni ukoliko se radi o letu letjelice koja je ugasila motore i kreće se kao jedrilica u završnoj fazi leta, naročito kod samoubilačkih misija ili kod spuštanja sa teretom u završnim fazama leta. Senzori za analizu radio-spektra otkrivaju bespilotne letjelice kada postoje *uplink/downlink* prenosi između drona i njegovog radio-upravljača. To je važno i sa stanovišta identifikacije osobe koja stoji iza drona. Senzori radijskih emisija su korisni kod bespilotne letjelice jer obično šalju podatke nazad svom pilotu putem bežične veze, kao i datoteke. Radio-emisija otkriva i locira letjelicu pod uslovom da su signali snažni i konstantni.⁴¹ Pored direktne radio-veze, postoji i mogućnost autonomnog kretanja letjelice po unaprijed zadatom planu letenja. Autonomni način se zasniva na GPS lociranju i ometanju ovih signala, kao i radio-signala i stvara ogromne probleme za funkcionisanje građana, privrede, industrije i javnih službi, tako da se ove mjere samo izuzetno primjenjuju u urbanom prostoru.⁴²

Elektronska odbrana dronova sposobnih za autonomni let oslanja se na dvije vitalne bežične veze: veza s operaterom i (pasivna) navigaciona signalna veza s nadzemnom GPS⁴³/GNSS⁴⁴ letjelicom. Ova veza se može pokušati prekinuti ili se poslati lažni signali. Još uvijek se koriste tradicionalni RC kontrolori kao rezervno sredstvo upravljanja, čak i za bespilotne letjelice s visokim stepenom autonomije. Za kontrolu na višem nivou, kontrolna stanica može komunicirati nezavisno od RC kontrolora. Poput RC kontrolora, ova se veza često uspostavlja unutar nelicenciranih pojaseva. Da bi se preuzela komunikacija, potrebno je utvrditi koji protokol se koristi, a zatim odabrati jedan od mogućih brojeva kanala za komunikaciju, te potom utvrditi da li je veza šifrovana.

GPS/GNSS signali omogućavaju autonomiju dronova signalima iz satelita, nisu šifrovani i autentifikovani. Stalno i snažno ometanje GNSS-a uzrokovalo bi znatnu štetu, onemogućavajući korištenje civilnog GNSS-a na širokom području oko zaštićenog područja, remeteći civilni život i navigaciju vozilima, a ometan bi bio i vazduhoplovni saobraćaj i rad vazdušnih luka. Poređenja radi, onemogućavanje ovog signala dronu u dometu jednog kilometra od štice objekta ometa se vazdušni saobraćaj u istoj liniji od pet kilometara.⁴⁵

⁴¹ *Ibid.*

⁴² *Ibid.*, 253.

⁴³ *Global Positioning System*. GPS koncept se zasniva na vremenu i poznatoj poziciji GPS specijalizovanih satelita. Sateliti nose veoma stabilne atomske satove koji su sinhronizovani jedni sa drugima i sa zemaljskim satovima.

⁴⁴ *Global navigation satellite system* (GNSS) je opšti termin koji opisuje bilo koju satelitsku konstelaciju koja pruža usluge pozicioniranja, navigacije i tajminga (PNT) na globalnoj ili regionalnoj osnovi

⁴⁵ T. Humphreys, *Statement on the security threat posed by unmanned aerial systems and possible countermeasures*, The University of Texas at Austin, Submitted to the Subcommittee on

U normalnim vremenskim uslovima LIDAR (laserski skener) može biti vrlo efikasan za detekciju dronova i osnovnu klasifikaciju. Međutim, mete slične veličine, posebno dronovi i ptice, ne mogu se razlikovati. Stoga se LIDAR može smatrati komplementarnom tehnologijom s obzirom na RF senzore. RF signali su otporni na vremenske uslove i uslove osvjetljenja, te mogu pružiti srednje i dugotrajne signale pokrivenosti i raspona. Oni su prikladan alat za rukovanje primarnom fazom otkrivanja koja pokreće cijeli proces identifikacije. Najvažniji uređaj za aktivnu RF detekciju dronova je radarski senzor, ali su relevantne i pasivne tehnologije. Radari s frekvencijskim moduliranim kontinuiranim talasom (FMCW–*Frequency Modulated Continuous Wave*⁴⁶) i kontinuiranim talasom (CW²⁷) trenutno najprivlačnije i najisplativije rješenje za rješavanje ovog problema.⁴⁷ Proizvođači komercijalnih bespilotnih letjelica mogu odigrati ključnu ulogu, i to implementacijom *geofencinga* koje provodi GPS unutar njihovih sistema autopilota. Oni sprečavaju let njihovih UAV-ova unutar zabranjenih zona, vazdušnih luka, sportskih stadiona, vladinih zgrada i drugih bezbjednosno osjetljivih mjesta. Pred senzorima za detekciju i zaustavljanje mogu se koristiti snažne i brze bespilotne letjelice – presretači, koji bi mogli djelovati kao tim i zarobiti i odnijeti mali broj istovremenih „uljeza“. Upadima bespilotnih letjelica novije generacije biće se mnogo teže suprotstaviti jer bi sofisticirani napadač mogao izvesti napad u stilu kamikaze protiv osjetljive mete. Uz samo manje izmjene na softveru, dron može da radi u „radio-tišini“, ignorišući vanjske radio-upravljačke naredbe i ne emitujući vlastite radio-signale. UAV bi stoga bilo teško otkriti i bio bi nepropusan za ometanje naredbene veze. Za posebno kritična mjesta sistemi detekcije i praćenja, zasnovani na elektrooptičkim senzorima, biće najefikasniji, posebno oni koji primjenjuju prepoznavanje uzoraka infracrvenog senzora. Kinetička odbrana drona obuhvata sve tehnike koje uključuju mehanički kontakt s UAV „uljezom“, kao npr. bespilotne letjelice presretači, gumeni meci, sačma, rakete ili mreže.⁴⁸ Razvijene su nove radarske postavke koje pokušavaju iskoristiti za procjenu, povratno dejstvo raspršenja radarskih zraka rotirajućih dijelova, poput propelera i rotora. Mikrodoplerska analiza može posebno pružiti korisne informacije o broju propelera i rotora. Također, u slučaju lažne uzbune zbog ptica, vremensko- frekvencijska analiza može omogućiti tačnu identifikaciju.

Oversight and Management Efficiency of the House Committee on Homeland Security, March 16 2015.

46 Automobilski radarski sistemi rade pomoću tzv. frekventnog modulisanog kontinuiranog talasa (FMCW). Sistem prenosi kontinuirani talas na određenoj frekvenciji, koji se zatim moduliše tokom vremenskog perioda. To daje prenesenom signalu „vremensku oznaku“.

47 A. Coluccia/G. Parisi/A. Fascista, *Detection and Classification of Multirotor Drones in Radar Sensor Networks: A Review*, 2020, 4.

48 T. Humphreys, *Statement on the security threat posed by unmanned aerial systems and possible countermeasures*, The University of Texas at Austin, Submitted to the Subcommittee on Oversight and Management Efficiency of the House Committee on Homeland Security, March 16 2015.

Problem je i kod stacioniranih ciljeva koji ne stvaraju Doplerov efekat. Uglavnom, u literaturi se predlaže postavljanje mreže jeftinih radarskih senzora, što omogućava otkrivanje i razlikovanje dronova od drugih letećih objekata. Laserski sistemi su jeftiniji i efikasniji od drugih tehnologija za onesposobljavanje drona. Visokoenergetski fiksni laserski topovi mogu probušiti rupe u bespilotnoj letjelici i uništiti autonomno programirani dron. Izazov je držati laser fokusiran na fiksnu tačku na tijelu drona.⁴⁹

4. Izvještaj o izgradnji

Za let, letjelica mora biti lagana i laka za letenje. Mora da ima raspon brzina barem uporediv sa postojećim letjelicama sa mogućnošću da se kao cjelina ili u dijelovima transportuje, a motor mora biti u stanju da se održava na relativno lagan način.

Eksperimentirali smo sa dronovima za hobiste i mikrodronovima. Kada smo procijenili svoje snage i slabosti odlučili smo za projektiranje i izradu veće letjelice. Pregledali smo projekte koji su rađeni i to su bili projekti rukotvorine, a dosta je bilo i projekata koji su rađeni kao naučni projekti za UAV sa formiranom dokumentacijom. Oni su nam služili za analizu i komparaciju.

Sve aktivnosti izvodile su se ručnim alatom, na mjestu na kojem nismo imali hangar ili prostor u kojem bi se mogla smjestiti letjelica dužine 4 metra i raspona krila nešto većeg od 5 metara. Time nismo mogli da u dužem vremenskom periodu imamo na raspolaganju letjelicu kao cjelinu. To nam je otežavalo rad jer smo mogli da radimo samo na pojedinačnim dijelovima, a kasnije da je sklapamo u nekoliko navrata da bi vidjeli kako se svi elementi uklapaju i pratimo uzajamne odnose kao cjelinu.

Niti jedan dio letjelice, osim propelera, nije industrijski rađen za potrebe avijacije i sve smo morali sami da izradimo. Mogućnosti transporta materijala su bili limitirani na dužine maksimalno dva i po metra koji su mogli stati u vozilo. Alat smo napajali malim agregatom pa nismo mogli koristiti aparat za varenje nego isključivo bušenje i vezanje zakovicama i šarafima. Iz ovoga su proizašla ograničenja u projektovanju, izradi, sklapanju i demontaži. Naime, letjelica se može sklopiti do izgleda na datoj na fotografiji iz dijelova za dva i po sata, a demontaža izvršiti do mogućnosti transporta u automobilu za jedan i po sat. Dizajn i izrada su učinjeni do tačke kada je trebalo odrediti centar gravitacije, a to znači da se svi dijelovi i svi tereti postave na letjelicu i da se onda odredi centar gravitacije, što je bila otežavajuća okolnost jer nismo imali adekvatan avionski motor, a kombinacija sa automobilskim motorom bi povećala ukupnu težinu aviona. Na fotografiji je prikazan na mjestu motora benzinski agregat za struju težine oko 20 kg. Zbog toga krila nisu fiksno vezana za trup niti limovi za krila.

⁴⁹ M. Z. Chaari/S. Al-Maadeed, „Testing the efficiency of laser technology to destroy the rogue drones“, *Security and Defence Quarterly*, 2020, 32(5): 31–38.

Na fotografijama se vide dva kvadratna profila jedan ispred točkova dužine dva metra i drugi na krilu dužine jedan metar. Oni nam služe kao razmjernik ili neka vrsta mjerne pantljičke za mjerenje veličina na slici.

Pored toga konstruktor i vođa projekta se nalazi na slici radi dobijanja dojma o veličina letjelice. Čitava letjelica bez motora je teška oko 60 kilograma. Potreba za prihvatljivom aerodinamikom krila u letu nas je vodila ideji da osnovna linija bude traktorska konfiguracija sa niskim krilima, uz limitirani prostor za pilota.

Metodologija projektovanja i početak procesa dizajna zahtijeva počeli su iz prepoznavanja potrebe. Iza projekta je stajala puka znatiželja i entuzijizam, a u fazi pripreme analizirali smo letjelice različitih veličina od mikrodronova, dronova za zabavu, do ultralakih aviona i žirokoptera. Projekat ja nastao kao znatiželja vezana za mogućnost da se produkuje letjelica koja se može koristiti i kao dron i kao laki avion sa posadom. Kako je vrijeme odmicalo ovo drugo je postajalo dominantni izazov. Kako je projekat napredovao, tako su se mogli prepoznati vanjski i unutrašnji faktori su uticali na dizajn i prije samog formalnog procesa dizajna. Od vanjskih uticaja imali smo materijalna ograničenja u vidu budžeta, dostupnost materijala i dijelova. Na kraju procesa dizajna, mi smo u potpunosti specifikovali svoj dizajn i konfiguraciju prikazanu na fotografiji. Gledajući na vremensku crtu razvoja projekta ova faza je negdje na sredini sličnih projekata u kojima rade i po nekoliko desetina ljudi uz sav potreban budžet i eksperte. Dizajn i procesi u projektnom menadžmentu nikada se ne završavaju jer su na avionu moguće izmjene i poboljšanja tokom cijelog radnog vijeka. U ranoj fazi dizajna aviona, glavni kriterij je bila masa aviona kao najjednostavniji minimizirajući kriterijum koji smo mogli pratiti i kontrolisati. Ona utiče na većinu performansi i na aspekte troškova, te snagu motora. Jednostavnost dizajna je postignuta tako što smo koristili analize sličnih projekata koji se daju referencirati i iskoristiti poput nekih primjeraka mikro i lake avijacije, oldtajmera avijacije sa početka razvoja avijacije.

Početni nacrt dokumenta koja uključuje studiju izvodljivosti, odnosno preliminarnu fazu rezultirala je detaljnim opisom aviona odnosno tipom aviona i minimalnom specifikacijom.

Sljedeća faza (dizajn projekta) vodi definisanju precizne konfiguracije aviona i to je kraj faze idejnog projekta i uključuje provođenje detaljne analize do nivoa poboljšanih tehničkih karakteristika i povjerenja u dizajn. Ispitivanje i razumijevanje integriteta konstrukcije, stabilnosti i kontrole, te simulacije za procjenu karakteristika letenja ostaju da budu istraženi u momentu kada to okolnosti budu dozvoljavale. Troškovi, održavanje i proizvodni procesi koji bi inače bili predmet istraživanja u konkretnom projektu nisu bili u fokusu istraživača zbog ograničenih materijalni resursa.

Mi smo u ovom radu prezentirali rezultate do faze dizajna jer za prelaz u sljedeću fazu bili su potrebni tehnički preduslovi koje u datom momentu nismo mogli ispuniti. U normalnim uslovima povećava se broj osoba koje su

anagažirane na projektu kako projekat ide iz faze u fazu. Na ovom projektu radila je samo jedna osoba, a pojedine faze rada i izrada dijelova su dokumentovane fotografski da bi se ostavio trag za kasnije analize i poboljšanja. U projektima timskog dizajniranja zahtjeva za dizajn, svi članovi projektnog tima daju doprinos timskom procesu odabira koncepta njihovog aviona. Paralelno sa razvija plan upravljanja timom i vremenski okvir projekta. Faza dizajna projekta završava se ili kada se donese odluka o prihvatanju dizajna ili kada je projekat otkazan. Treća faza procesa projektovanja (detaljnog dizajna) počinje kada se donese odluka o izgradnji aviona. U ovoj fazi se materijalizuju svi detalji o avionu. Jasno je sa koliko smo se izazova morali suočiti u projektu. Ovo se manifestovalo prije svega u pitanjima modifikacija na koje su uticali brojni faktori. Neosporno je da se u projektu moraju učiniti još brojne druge modifikacije koje se odnose na izbor materijala, težinu i druge elemente, ali to je jedno iskustvo koje smo izvukli iz projekta.

Na fotografijama koje su urađene vidi se napor da se dočara proces sklapanja dijelova u vremenskom okviru od dva i po sata, i proces rasklapanja u vremenu od jednog sata. Platforma se sastavljala iz većih dijelova koji se mogu transportovati, rep sa dva vertikalna stabilizatora, dva krila, i trup koji smo maksimalno pojednostavili. Veći dio projekta se odvijao kao mentalna analiza, jer mi nismo imali posebne softvere, pa je ručno crtanje i analiza dokumentacije bilo nužno sa procjenom mogućnostima da se izrade dijelovi od materijal koji je bio dostupan, i sa priručnim alatom.



5. Zaključak:

Identifikacija drona se sprovodi kroz tri faze koje su prilično zahtjevne. Prva faza je detekcija mete koja ukazuje na njenu prisutnost. U drugoj fazi se vrši provjera da li se zaista radi o prisustvu mete – kako bi se isključio ili smanjio broj lažnih alarma. Provjera se vrši i drugim autonomnim sistemima radi potvrde prisustva mete – kombinovanjem radara i kamera ili akustičnih senzora ili putem osmatrača, uz korištenje akustičnih senzora (multispektralnih), kamera s video-analitikom, LIDAR-a (svjetlosna detekcija i domet) i radio-frekvencijskih (RF) senzora za detekciju (bilo da su pasivni ili aktivni). Nakon potvrde ide se u sljedeću, treću fazu klasifikacije drona u određene kategorije. Kategorizacija se vrši prema tipu letjelice. Složenost problema otkrivanja i praćenja kretanja letjelice povećava nesigurnosti u ishod procesa i donošenja odluka o djelovanju na letjelicu, uz upotrebu različitih senzora koji iz suštinski različitih podataka potvrđuju prisustvo letjelice i omogućavaju praćenje kretanja i aktivnosti drona, kao i određenih tereta na dronovima.

U slučaju da je dron upleten u kriminalne aktivnosti, njegovo oduzimanje i naknadna analiza u laboratoriju za digitalno forenzičko istraživanje ključni je dio postupka prikupljanje i analize dokaza. Izazovi povezani s forenzikom drona uključuju dekompozicije drona jer se dijelovi nalaze rasuti unaokolo, a što zahtijeva skupljanje materijala i njegovo povezivanje. Oni digitalni forenzički alati koji su upotrebljivi na određenim dronovima i komponentama neće moći biti upotrebljeni na drugim tipovima dronova i drugim komponentama, tako da je za potpun forenzički postupak potrebno mnoštvo softvera i hardvera. Pristup podacima sa drona može biti onemogućen jer forenzičari su blokirani nemogućnošću pristupa uslijed mehanizama zaštite koje je instalirao ili sam proizvođač ili je to učinjeno naknadno manipulacijom visokotehnološki edukovanog vlasnika ili korisnika.

Dron tokom samog leta u svojim datotekama bilježi podatke koji su generirani tokom leta, a kada se skinu sa drona moguće je rekonstruisati različite aspekte kretanja i operacija drona, kao što su: vremenske odrednice, trajanje leta, brzina, snage, skretanje, nagib, kotrljanje, visina.

Ako su podaci čitljivi moguće je i grafički prikaz leta drona što sliku čini preglednom i daje jasne okvire za zaključke o prirodi leta i aktivnostima. Forenzika dronova je ukratko usmjerena na preuzimanje, i korištenje podataka o mrežnom prometu između drona i kontrolera, preuzimanje zapisnika iz dnevnika koje automatski vodi dron u odgovarajućim datotekama, analiza sistema datoteka i skidanje i pregledavanje produkata kao što su fotografije i video snimci.

Hardverska forenzika kao i kod svakog uviđaja uključuje pregled drona, njegovog tereta (npr. eksploziv, droga, oružje koje je instalirano na njemu), obrada drona da bi se skinuli otisci prstiju sa njega i komponenti kao što su baterije, kamere, kartice. Zatim analiza tehničkih karakteristika drona: vrstu drona, opis nosivosti, maksimalna udaljenost, maksimalno vrijeme leta, visina

leta, radna frekvencija, vrsta veze između drona i kontrolera, putanja leta, moguće tačke polijetanja i dovođenje u vezu drona sa osobom i mobilnim telefonom ili kontrolerom. Sve navedeno je vrlo složeno s obzirom da postoji veliki broj dronova i da njihov hardver i softver nije isti, kao ni količina i vrsta podataka koje oni generiraju i čuvaju.

PROJECT REPORT - LESSONS LEARNED

Summary

Although there are a large number of types of drones and their manufacturers, they can generally be classified into several basic types. Drones have changed warfare because they have made it possible to easily find and eliminate security threats without endangering the lives of soldiers on the ground. Today's drones are not much different from earlier radio-controlled planes, but they are fully automated. This paper discusses the main challenges related to the drone identification problem, which include detection, possible verification and classification. The focus is on methods of detection, verification and stopping and confiscation of drones that perform illegal activities. In this regard, an overview of the most relevant technologies, which in modern surveillance systems are placed in a network of spatially distributed sensors, is given in order to ensure complete coverage of the monitored area. In the case where a drone is involved in criminal activities, its seizure and subsequent analysis in a digital forensics laboratory is a key part of the evidence collection and analysis process. Challenges associated with drone forensics include decomposition of the drone and parts being found scattered around, which requires collecting the material and connecting the pieces.

Key words: drone, identification, seizure, expert opinion