



REDAKCJA NAUKOWA
MARIUSZ FELTYNOWSKI

Wykorzystanie bezzałogowych platform powietrznych w operacjach

NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA PUBLICZNEGO



CNBOP-PIB

Wykorzystanie bezzałogowych platform powietrznych w operacjach

NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA PUBLICZNEGO

REDAKCJA NAUKOWA
MARIUSZ FELTYNOWSKI

Publikacja opracowana w ramach projektu nr DOB-BIO9/26/04/2018
pt. „Sterowanie autonomicznym dronem za pomocą gogli [monookularu]”,
finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Projekt realizowany jest przez konsorcjum naukowe w składzie:
SIMPRO Sp. z o.o. (lider)
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego
– Państwowy Instytut Badawczy



WYDAWNICTWO CNBOP-PIB
JÓZEFÓW 2019

Redakcja naukowa:

bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski

Recenzja:

prof. dr hab. inż. Andrzej Świętoniowski

dr hab. inż. Leszek Cwojdzński

Przygotowanie do wydania:

mgr Elżbieta Muszyńska-Połeć

mgr Katarzyna Szulejewska

mgr Radosław Fellner

Korekty i rewizje:

dr Klaudia Pujer

Opracowanie graficzne i skład:

Studio Diamond

Projekt okładki:

Arkadiusz Chorąży

Grafika na okładce: Adobe Stock

ISBN: 978-83-948534-6-4

DOI: 10.17381/2019.1

© Copyright by Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2019

Ta publikacja jest dostępna na licencji Creative Commons-Uznanie autorstwa-

Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0)

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej

im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

05-420 Józefów k/Otwocka ul. Nadwiślańska 213

www.cnbop.pl

SPIS TREŚCI

Wykaz skrótów i definicji 7

WPROWADZENIE 27

Mariusz Feltynowski

CZĘŚĆ I.

STAN OBECNY

Odpowiedzialność operatora BSP za wykonywane loty 33

Kamil Wasilewski

Korzyści i zagrożenia związane z wykorzystaniem BSP na lotnisku 43

Piotr Uchroński

BSP w poszukiwaniu osób zaginionych w praktyce policyjnej 61

Rafał Kochończyk

CZĘŚĆ II.

WYBRANE ASPEKTY BEZPIECZEŃSTWA OPERACJI

Determinanty operacyjnego zastosowania RPAS (wybrane zagadnienia) 75

Andrzej Fellner

Przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa lotów BSP.

Wyniki sondażu opinii 89

Maciej Zawistowski

Radosław Fellner

Beata Wojtasiak

Dominika Marzec

Bezpieczeństwo operacji lotniczych w aspekcie szkolenia i pracy operatorów bezzałogowych statków powietrznych 103

Wiktor Wyszywacz

Wybrane zagadnienia lotów BSP w przestrzeni powietrznej nad lotniskiem. Opinia kontrolerów ruchu lotniczego 117

Radosław Fellner

Dominika Marzec

CZEŚĆ III.

PERSPEKTYWY ROZWOJU

Wykorzystanie symulatorów VR do szkolenia operatorów i obsługi platform BSP	139
Jan K. Argasiński Natalia Lipp Natalia Dużmańska-Misiarczyk Łukasz Lesicki Paweł Strojny	
Taktyka pracy w roju oraz jej implementacja w środowiskach wirtualnej rzeczywistości	153
Maximilian Minta	
Systemy dostarczające usługę lokalizacji BSP dla przestrzeni U-Space.....	167
Piotr Sadowski	
Możliwości badawcze i certyfikacyjne CNBOP-PIB w zakresie BSP przeznaczonych do stosowania przez służby mundurowe	181
Grzegorz Zawistowski Dariusz Pietrzela Piotr Kaczmarzyk	
ZAKOŃCZENIE	193
Załącznik 1. Polskie porty lotnicze	196
Załącznik 2. Przykłady niebezpiecznych sytuacji przytoczonych przez KRL	197
Załącznik 3. Wypowiedzi KRL w pytaniu otwartym.....	199
Notki biograficzne	202

WYKAZ SKRÓTÓW I DEFINICJI

A

Aerostat – obiekt latający, który unosi się w powietrzu dzięki sile wyporu Archimedesesa; na przykład balon lub sterowiec.

Bielawski R., *Wybrane zagadnienia z budowy statków powietrznych. Definicje, pojęcia i klasyfikacje*, Wydawnictwo Akademii Sztuki Wojennej, Warszawa 2015, s. 50.

Aerodyna – obiekt, który unosi się w atmosferze poprzez wytworzenie siły nośnej na przeznaczonych do tego powierzchniach, która to siła powstaje poprzez dynamiczne oddziaływanie powietrza na nieruchome (stałopłaty) lub ruchome płaty nośne.

Bielawski R., *Wybrane zagadnienia z budowy statków powietrznych. Definicje, pojęcia i klasyfikacje*, Wydawnictwo Akademii Sztuki Wojennej, Warszawa 2015, s. 50.

ADIZ (ang. *Air Defense Identification Zone*) – strefa identyfikacji obrony powietrznej.

AFI (ang. *Africa and Indian Ocean*) – rejon Afryki i Oceanu Indyjskiego.

Akredytacja – formalne uznanie przez upoważnioną jednostkę akredytującą kompetencji organizacji działających w obszarze oceny zgodności, czyli jednostek certyfikujących.

Strona internetowa Polskiego Centrum Akredytacji, <https://www.pca.gov.pl/> [dostęp: 26.07.2019].

Agent – jednostka działająca w pewnym środowisku, zdolna do komunikowania się, monitorowania swego otoczenia i podejmowania autonomicznych decyzji.

Strona internetowa Polskiego Centrum Akredytacji, <https://www.pca.gov.pl/> [dostęp: 26.07.2019].

AIP (*Aeronautical Information Publication*) *Zbiór Informacji Lotniczych* – publikacja zawierająca informacje lotnicze o charakterze trwałym, które mają istotne znaczenie dla żeglugi powietrznej.

Załącznik 15 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Służby informacji lotniczej, wydanie 16, 2018, s. 1–8.

API (ang. *Application Programming Interface*) – interfejs programowania aplikacji.

APP (ang. *Approach*) – służba kontroli zbliżania.

ASM1 (ang. *AirSpace Management Cell*) – Ośrodek Planowania Strategicznego w PAŻP.

ATC (ang. *Air Traffic Control service*) – służba kontroli ruchu lotniczego ustanowiona w celu zapobiegania kolizjom: między statkami powietrznymi w locie, statków powietrznych na polu manewrowym, z przeszkodami i innymi statkami powietrznymi, i usprawniania oraz utrzymywania uporządkowanego przepływu ruchu lotniczego.

Załącznik 2 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym – Przepisy ruchu lotniczego, wydanie 10, Montreal 2005, s. 1–8.

ATM (ang. *Air Traffic Management*) – Zarządzanie Ruchem Lotniczym. Dynamiczne, zintegrowane zarządzanie ruchem i przestrzenią powietrzną, obejmujące służby ruchu lotniczego, zarządzanie przestrzenią powietrzną i przepływem ruchu lotniczego w sposób bezpieczny, ekonomiczny i skuteczny – realizowane poprzez ciągłość zapewniania służb i dostępu do urządzeń, we współpracy ze wszystkimi zainteresowanymi stronami i obejmujące funkcje pokładowe i naziemne.

Załącznik 15 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Służby informacji lotniczej, wydanie 16, 2018, s. 1–8.

ATS (ang. *Air Traffic Service*) – służby ruchu lotniczego, wyrażenie ogólne oznaczające odpowiednio: służbę informacji powietrznej, służbę alarmową, służbę doradczą ruchu lotniczego, służbę kontroli ruchu lotniczego (służba kontroli obszaru, służba kontroli zbliżania lub służba kontroli lotniska).

Procedury służb żeglugi powietrznej – zarządzanie ruchem lotniczym (PANS-ATM, Doc 4444), ICAO, Montreal 2016, s. 1–15.

ATZ (ang. *Aerodrome Traffic Zone*) – strefa ruchu lotniskowego. Oznacza przestrzeń powietrzną o określonych wymiarach, ustanowioną wokół lotniska w celu ochrony ruchu lotniskowego.

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 923/2012 z dnia 26 września 2012 r. ustanawiające wspólne zasady w odniesieniu do przepisów lotniczych i operacyjnych dotyczących służb i procedur żeglugi powietrznej (Dz. U. L 281 z 13.10.2012 z późn. zm.).

Automatyczny – działający samoczynnie, za pomocą odpowiedniego urządzenia (ale niepodejmujący samodzielnych decyzji na podstawie otoczenia – jak autonomiczny).

<https://sjp.pwn.pl/szukaj/Automatyczny.html> [dostęp: 26.07.2019].

Automatyka – dziedzina techniki i nauki zajmująca się zagadnieniami sterowania różnorodnymi procesami.

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/Automatyka.html> [dostęp: 26.07.2019].

Autonomiczny (starogr. αυτονομία – *autonomia*) – podejmuje samodzielnie decyzję (np. agent na podstawie danych z sensorów).

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/autonomiczny.html> [dostęp: 26.07.2019].

Afordancja charakterystyczna dla VR – doświadczenie pierwszoosobowe i poczucie obecności przekładające się na specyfikę poczucia przebywania w wirtualnej przestrzeni.

T.A. Mikropoulos, A. Nastis, *Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999–2009)*, „Computers & Education” 2011, 56(3), s. 769–780.

B

BARO – barometr.

BHIP (*Backward Hazard Identification Process*) – proces wstecznej identyfikacji niebezpieczeństwa.

Bionika (gr. *bios* – życie) – interdyscyplinarna nauka badająca budowę i zasady działania organizmów oraz ich adaptowanie w technice.

<https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/Bionika.html> [dostęp: 26.07.2019].

Błędy (ang. *Errors*) – działanie lub brak działania, które prowadzi do niezamierzonego odejścia od przepisów i procedur operacyjnych i organizacyjnych.

Definicja na podstawie: Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859, wydanie 3, ICAO, 2013, s. 13.

BPP – Bezzałogowe Platformy Powietrzne.

Brak kwalifikacji – błędne działanie wynikające z braku wiedzy, umiejętności, połączone z brakiem doświadczenia lub wyszkolenia.

Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006 r., poz. 43).

BRLOS (ang. *Beyond Radio Line-Of-Sight*) – poza zasięgiem łączności radiowej.

BSP – Bezzałogowy Statek Powietrzny, patrz też: UA, UAV.

C

C2 Link (ang. *Command and Control Link*) – łącze dowodzenia i kierowania.

CAT (ang. *Commercial Air Transport*) – zarobkowy transport lotniczy wykonywany w celu transportu pasażerów, towarów lub poczty za wynagrodzeniem lub na zasadzie innego świadczenia wzajemnego.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 z dnia 4 lipca 2018 r. (Dz. Urz. UE L 212/1 z 22.08.2018 r.).

CPDLC (ang. *Controller-Pilot Data Link Communication*) – łączność kontroler-pilot za pomocą łącza danych.

Rozporządzenie Komisji (WE) nr 29/2009 z dnia 16 stycznia 2009 r. ustanawiające wymogi dla usług łącza danych w jednolitej europejskiej przestrzeni powietrznej (Dz. Urz. UE L 13 z 17.1.2009 z późn. zm.).

CRM (ang. *Crew Resource Management*) – zarządzanie zasobami załogi lub zarządzanie zasobami kokpitu.

Certyfikacja – postępowanie w określonej procedurze, którego wynikiem w formie certyfikatu jest potwierdzenie, że dany wyrób, usługa, produkt, system, jednostka lub osoba spełnia określone

wymagania. Certyfikat wydawany jest przez niezależną, bezstronną jednostkę certyfikującą i może być ograniczony czasowo a nadzór nad nim wynika z dokumentu, którym jest akt normatywny stanowiący podstawę do certyfikacji (np. norma wyrobu, akt prawny). Certyfikacja zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17000:2006 jest częścią oceny zgodności.

PN-EN ISO/IEC 17000:2006 Ocena zgodności. Terminologia i zasady ogólne.

Choroba symulatorowa – syndrom ten składa się z szeregu objawów, pośród których wymienić można m.in. nudności, trudności z koncentracją, ból głowy czy potliwość. Poziom dotkliwości objawów jest zależny m.in. od cech symulatora czy samej osoby szkolonej. Nasilenie objawów choroby symulatorowej może być również związane z aspektami temporalnymi ekspozycji na VR, takimi jak długość szkolenia czy wcześniejsza adaptacja. Symptomy mogą być również odczuwane po zakończeniu wirtualnego treningu.

Definicja na podstawie: M.P. Biernacki, R.S. Kennedy, Ł. Dziuda, *Simulator Sickness and Its Measurement with Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)/Zjawisko choroby symulatorowej oraz jej pomiar na przykładzie kwestionariusza do badania choroby symulatorowej (SSQ)*, „Medycyna Pracy” 2016, 67(4), s. 545–556; Sh. Classen, M. Bewernitz, O. Shechtman, *Driving Symulator Sickness: An Evidence-Based Review of the Literature*, „American Journal of Occupational Therapy” 2011, 65(2), s. 179–188; J.J.-W. Lin i in., *Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory, and Simulator Sickness in a Virtual Environment*, „Proceedings IEEE Virtual Reality” 2002, s. 164–171; J.D. Moss, E.R. Muth, *Characteristics of Head-Mounted Displays and Their Effects on Simulator Sickness*, „Human Factors” 2011, 53(3), s. 308–319; K. Zużewicz i in., *Heart Rate Variability and Motion Sickness During Forklift Simulator Driving*, „International Journal of Occupational Safety and Ergonomics” 2011, 17(4), s. 403–410, N. Dużmanska, P. Strojny, A. Strojny, *Can Simulator Sickness Be Avoided? A Review on Temporal Aspects Of Simulator Sickness*, „Frontiers in Psychology” 2018, 9; A. Erfanian i in., *Mechanism of Integrating Force and Vibrotactile Cues For 3D User Interaction within Virtual Environments*, „IEEE Virtual Reality (VR)” 2017, s. 257–258.

Checkpoint – punkt kontrolny.

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/checkpoint.html> [dostęp: 26.07.2019].

CS (Commercial Service) – usługa komercyjna.

CNBOP-PIB – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy.

CPOZ – Centrum Poszukiwań Osób Zaginionych Komendy Głównej Policji.

CTR (ang. *Control Zone*) – strefa kontrolowana lotniska obejmująca przestrzeń powietrzną kontrolowaną poza obszarem kontrolowanym, rozciągająca się od powierzchni ziemi lub wody do określonej górnej granicy. Granice boczne CTR powinny sięgać co najmniej do 9,3 km (5 NM) od punktu odniesienia lotniska na kierunkach, z których mogą być wykonywane podejścia do lądowania.

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 923/2012 z dnia 26 września 2012 r. ustanawiające wspólne zasady w odniesieniu do przepisów lotniczych i operacyjnych dotyczących służb i procedur żeglugi powietrznej oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze (WE) nr 1035/2011 oraz rozporządzenia (WE) nr 1265/2007, (WE) nr 1794/2006, (WE) nr 730/2006, (WE) nr 1033/2006 i (UE) nr 255/2010 (Dz. Urz. UE L 281/1 z 13.10.2012 r.) oraz https://www.pansa.pl/index.php?menu_lewe=ops&opis=OPS/ops_know_how&lang=_pl [dostęp: 8.09.2019].

Czynnik ludzki (ang. *Human Factor*) – zasady stosowane w lotniczych procesach projektowania, certyfikacji, szkolenia, operacji i działalności eksploatacyjnej, zmierzające do bezpiecznego współdziałania pomiędzy człowiekiem i innymi składowymi systemu poprzez odpowiednie uwzględnianie możliwości człowieka, np. brak kwalifikacji, błędy w komunikowaniu, postępowanie umyślne.

Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006 r., poz. 43).

Czynnik organizacyjny – grupy przyczynowe w tej kategorii odnoszą się do systemu zarządzania bezpieczeństwem lotów w środowisku pracy podmiotu lotniczego, np. zarządzanie bezpieczeństwem, system szkolenia.

Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006 r., poz. 43).

Czynnik techniczny – grupy przyczynowe w tej kategorii odnoszą się szczególnie do systemów i komponentów konkretnego statku powietrznego w zakresie jego zdolności do lotu, np. poważna awaria silnika, awaria układu sterowania, nieuprawnione modyfikacje, nieoryginalne części zamienne.

Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006 r., poz. 43).

Czynnik środowiskowy – grupy przyczynowe w tej kategorii odnoszą się do świata fizycznego, w którym wykonuje lot konkretny statek powietrzny oraz urządzeń infrastrukturalnych niezbędnych do zapewnienia bezpieczeństwa lotu, np. warunki meteorologiczne, zwierzęta i inne obce obiekty.

Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006 r., poz. 43).

D

D (ang. *Dangerous Zone*) – strefa niebezpieczna. Oznacza przestrzeń powietrzną o określonych wymiarach, w której w danym czasie mogą odbywać się działania niebezpieczne dla lotów statków powietrznych.

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 923/2012 z dnia 26 września 2012 r. ustanawiające wspólne zasady w odniesieniu do przepisów lotniczych i operacyjnych dotyczących służb i procedur żeglugi powietrznej (Dz. Urz. UE L 281 z 13.10.2012 r.).

Detekcja Audio – polega na wykrywaniu charakterystycznych częstotliwości z zakresu infradźwięków. Są one emitowane np. poprzez obrót śmigieł i zbierane przez system w postaci cyfrowej interpretacji sygnału akustycznego (PCM). Są to tzw. sygnatury akustyczne.

<https://www.axis.com/pl-pl/solutions-by-application/sound-detection> [dostęp: 26.07.2019].

Detekcja Video – polega na wykrywaniu ruchu obiektu na tle statycznego obrazu (jakim jest obraz terenu).

<http://autodetekcja.pl/category/oferta/detekcja-wideo/> [dostęp: 26.07.2019].

DGNSS (ang. *Differential GNSS*) – różnicowe GNSS.

Dodatkowe biblioteki – istniejąca bogata baza gotowych modułów (bezpłatnych i płatnych), która może znacznie przyspieszyć budowanie prototypu. Przykładem może być gotowa biblioteka do symulacji efektów pogodowych, wody, zmian oświetlenia w cyklu dnia i nocy lub też gotowe rozwiązanie do symulacji efektów cząsteczkowych, takich jak dym czy ogień.

<https://docs.microsoft.com/pl-pl/dotnet/framework/additional-apis/> [dostęp: 26.07.2019].

DSA (ang. *Detect Sense and Avoid*) – technologia wykrywania i unikania przeszkód stosowna w statkach powietrznych.

DTM (ang. *Drone Traffic Management*) – system lokalnego zarządzania lotami bezzałogowych statków powietrznych w określonym wolumenie przestrzeni powietrznej.

Biała Księga Rynku Bezzałogowych Statków Powietrznych, Polski Instytut Ekonomiczny, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2019, s. 31.

Dynamiczny geofencing – usługa pozwala na dynamiczną dystrybucję informacji o geofencingu bezpośrednio do systemów sterowania BSP i autonomiczne separowanie się statków powietrznych od granic stref i przeszkód terenowych. Wymaga linku danych do systemów pokładowych w celu integracji z systemami zarządzania ruchem BSP.

<https://geofencing.pl/> [dostęp: 26.07.2019].

E

EASA (ang. *European Aviation Safety Agency*) – Europejska Agencja Bezpieczeństwa Lotniczego.

EAPS ID (ang. *Extended Area Protection and Survivability Integrated Demonstrator*) – system zbudowany w 2016 r. na potrzeby armii amerykańskiej opiera się na specjalnym pocisku, który po wyrzeleniu utrzymuje, a w razie potrzeby wykonuje korektę trajektorii, tak aby cel został trafiony.

Feltyński, M., Zawistowski, M., *Zagrożenia związane z wykorzystaniem bezzałogowych platform w służbach ratunkowo-porządkowych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2018, 51, s. 145.

ECR (ang. *European Central Repository*) – Centralne Archiwum Europejskie.

e-Identyfikacja – usługa umożliwiająca, przy zastosowaniu cyfrowych narzędzi, identyfikację operatora i bezzałogowego statku powietrznego (pozycja, wysokość i czas) wykonującego operację lotniczą. Usługa ogólnie dostępna umożliwiająca również określenie legalności wykonywanej operacji lotniczej. Realizowana za pośrednictwem elektronicznej emisji identyfikatora przez wyposażenie BSP w korelacji z danymi dostępnymi w rejestrach (poziom e-Rejestracji).

Definicja na podstawie: <https://sjp.pwn.pl/slowniki/identyfikacja.html> [dostęp: 26.07.2019].

EGNOS (ang. *European Geostationary Navigation Overlay Service*) – Europejski Satelitarny System Wspomagania.

ELT (ang. *Experiential Learning Theory*) – teoria uczenia się przez doświadczenie.

e-Rejestracja – usługa umożliwiająca rejestrację bezzałogowych statków powietrznych i operatorów wraz z zestawem danych niezbędnych do realizacji procesu przygotowania i realizacji operacji lotniczej wynikającego z przepisów. Usługa w pełni cyfrowa z odpowiednimi mechanizmami bezpieczeństwa.

Definicja na podstawie: <https://sjp.pwn.pl/slowniki/rejestracja.html> [dostęp: 26.07.2019].

ESSP (ang. *European Satellite Services Provider*) – Europejski Dostawca Usług Satelitarnych

EWA (ang. *EGNOS Working Agreement*) – Porozumienie Robocze ws. EGNOS

F

Failsafe – funkcja programowalna wykonania zawisu, lądowania lub powrotu do miejsca startu i lądowania w przypadku wylotu poza zasięg łączności lub utraty łączności z nadajnikiem kontrolera; rodzaj automatycznej funkcji kontrolera lotu.

FIS (ang. *Flight Information Service*) – Służba Informacji Powietrznej. Jest służbą ustanowioną w celu udzielania wskazówek i informacji użytecznych dla bezpiecznego i sprawnego wykonywania lotów, dostępną dla załóg wszystkich statków powietrznych znajdujących się w polskiej przestrzeni powietrznej.

FL (ang. *Flight Level*) – poziom lotu, powierzchnia baryczna o określonym ciśnieniu oddzielona od innych takich powierzchni o określoną różnicę ciśnienia i odniesiona do specyficznej wartości ciśnienia zwanego ciśnieniem standardowym o wartości 1013,25 hPa (760 mm Hg).

FMS (ang. *Flight Management System*) – system zarządzania lotem.

FOD (ang. *Foreign Object Debris*) – przedmioty obce. Nieożywione przedmioty znajdujące się w polu ruchu naziemnego, które nie posiadają żadnej funkcji operacyjnej lub lotniczej, a które posiadają potencjał, aby stanowić zagrożenie dla operacji lotniczych.

Załącznik 14 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, „Lotniska”, tom I, wydanie 7, ICAO, 2016.

FPV (ang. *First Person View*) – operacje z widokiem z pierwszej osoby, w których operator pilotuje model latający, nie utrzymując z nim bezpośredniego kontaktu wzrokowego, określając jego położenie w przestrzeni powietrznej przez obraz przekazywany w czasie rzeczywistym na ziemię przez urządzenia zamontowane na pokładzie modelu latającego.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy - Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. 2019 poz. 1497).

G

GAGAN (ang. *GPS Aided Geo Augmented Navigation*) – indyjski satelitarny system wspomagający.

Geofencing – oznacza automatyczną funkcję ograniczającą dostęp BSP do obszarów przestrzeni powietrznej określonych jako ograniczenia geograficzne na podstawie pozycji BSP i danych nawigacyjnych.

JARUS Glossary, DOCUMENT IDENTIFIER : JAR_DEL_Glossary_D.4, 2018, s. 54.

GND (ang. *Ground*) – teren/ziemia.

GNSS (ang. *Global Navigation Satellite System*) – Globalny System Nawigacji Satelitarnej, obejmuje konstelację satelitów i światową sieć stacji naziemnych, których zadaniem jest precyzyjne wyznaczenie współrzędnych położenia punktu bądź poruszającego się obiektu.

Fellner A., Fellner R., Balcerzak T., Osowski M., Piechoczek E., Szarama P., Uchroński, P., Prawno-techniczny leksykon lotniczy z akronimami, AIRCOM, 2015, s. 65.

Gotowość – właściwość, zdolność do wykonania zadania lotniczego natychmiast bądź w zakładanym czasie.

Lewitowicz J., Kustron K., Podstawy eksploatacji statków powietrznych, ITWL, Warszawa 2003.

GPS (ang. *Global Positioning System*) – globalny system pozycjonowania oparty na satelitarnych sygnałach radiowych. Pozwala na wyznaczenie pozycji punktów i obiektów ruchomych znajdujących się w dowolnym miejscu na powierzchni Ziemi, niezależnie od warunków pogodowych, pory dnia i nocy.

<http://www.kosmos.gov.pl/index.php?link=70&page=2> [dostęp: 26.07.2019].

GPST (ang. *GPS Time*) – czas GPS.

Gry poważne – gry tworzone w celach innych niż rozrywkowe. Najczęściej są to (elektroniczne lub nieelektroniczne) interaktywne systemy oparte na regułach, stawiające użytkownikom pewien rodzaj wyzwania. Cele gier poważnych mogą być bardzo różnorodne: szkoleniowe, edukacyjne, terapeutyczne, informacyjne, ale również publicystyczne, reklamowe, artystyczne czy filozoficzne itp.

Serious games. Gry z zastosowaniami, <http://www.cs.put.poznan.pl/jmarszalkowski/PGK/Serious%20games.pdf> [dostęp: 26.07.2019].

GSA (ang. *European GNSS Agency*) – Agencja Europejskiego GNSS.

GUGiK – Główny Urząd Geodezji i Kartografii.

H

Hardware – wyrażenie obejmujące: sprzęt, urządzenia, pozdespoły, maszyny.

HLA (ang. *High-Level Architecture*) – Architektura Wysokiego Poziomu. Ogólna architektura dla rozproszonych systemów komputerowych, ze szczególnym uwzględnieniem systemów symulacyjnych.

Gudzbeler G., Nepelski M., *Zintegrowana Platforma Symulacyjna Podmiotów Zarządzania Kryzysowego – spójne środowisko wirtualne*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2015, 2, s. 91.

HMD (ang. *Head Mounted Device*) – urządzenie nagłowne, również: *Head Mounted Display* – mocowany na głowie interfejs wizualny (wyświetlacz).

I

IATA (ang. *International Air Transport Association*) – Międzynarodowe Zrzeszenie Przewoźników Powietrznych.

ICAO (ang. *International Civil Aviation Organization*) – Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego.

IFR (ang. *Instrument Flight Rules*) – przepisy wykonywania lotów według wskazań przyrządów.

Implementacja (ang. *implementation*) – wdrożenie, przystosowanie, realizacja.

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/implementacja.html> [dostęp: 26.07.2019].

IMU (ang. *Inertial Measurement Unit*) – jednostka do nawigacji inercyjnej.

INOP (ang. *Operational Instruction*) – instrukcja operacyjna.

IRNSS (ang. *Indian Regional Navigation Satellite System*) – Indyjski Regionalny System Nawigacji Satelitarnej.

K

KPB – Krajowy Plan Bezpieczeństwa.

Krajowy program bezpieczeństwa (ang. *State Safety Programme*) – scalony komplet przepisów i działań nastawionych na poprawienie bezpieczeństwa.

Definicja na podstawie: Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859, wydanie 3, ICAO, 2013, s. 13.

KRL – kontroler ruchu lotniczego.

L

Lokalizacja w czasie rzeczywistym (tracking) – usługa zapewniająca pozyskanie i dystrybucję danych lokalizacyjnych (o czasie, położeniu i wysokości) bezzałogowych statków powietrznych. Wykorzystuje odpowiednio zaprojektowaną infrastrukturę składającą się z telekomunikacyjnych modułów stanowiących wyposażenie BSP, telekomunikacyjnych modułów naziemnych oraz systemów przetwarzania danych dozorowania (*surveillance*). Jakość danych i terminowość ich dostarczania może różnić się znacząco od zastosowanych rozwiązań i technologii.

<http://integraav.pl/produkty-i-rozwiazania/systemy-sledzenia-w-czasie-rzeczywistym.html> [dostęp: 26.07.2019].

Lotnisko – wydzielony obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub w części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego lub nawodnego ruchu statków powietrznych, wraz ze znajdującymi się w jego granicach obiektami i urządzeniami budowlanymi o charakterze trwałym, wpisany do rejestru lotnisk.

Definicja na podstawie: Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. Nr 130, poz. 1112 z późn. zm.).

LTE (ang. *Long Term Evolution*) – standard szybkiej bezprzewodowej transmisji danych (dosłownie długoterminowa ewolucja).

LVP (ang. *Low Visibility Procedures*) – procedury ograniczonej widzialności.

M

MATZ (ang. *Military Aerodrome Traffic Zone*) – strefa ruchu lotniskowego lotniska wojskowego.

MCTR (ang. *Military Control Zone*) – strefa kontrolowana lotniska wojskowego.

MEMS (ang. *Micro Electro-Mechanical Systems*) – Mikroukład Elektromechaniczny. Zintegrowana struktura elektromechaniczna, której co najmniej jeden wymiar szczególnie znajduje się w skali mikro (0,1–100 µm).

Karbowiczek M., *Układu MEMS*, „Elektronika Praktyczna” 2010, 2, <https://ep.com.pl/files/1505.pdf> [dostęp: 26.07.2019].

MOPS (ang. *Minimum Operational Performance Standards*) – standardy minimalnych osiągnięć operacyjnych.

MPL Katowice – Międzynarodowy Port Lotniczy Katowice.

MSAS (ang. *Multifunctional Satellite Based Augmentation System*) – Wielofunkcyjny Wspomagający System Nawigacji Satelitarnej.

MTOM (ang. *Maximum Take-off Mass*) – maksymalna masa startowa.

N

NATO (ang. *North Atlantic Treaty Organization*) – Organizacja Paktu Północnoatlantyckiego.

NCBR – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

NM (ang. *Nautical Miles*) – mile nautyczne.

NOTAM (ang. *Notice to Airmen*) – krótka wiadomość tekstowa rozpowszechniana za pomocą środków telekomunikacyjnych, zawierająca informacje mające istotne znaczenie operacyjne (o ustanowieniu, stanie lub zmianach urządzeń lotniczych, służbach, procedurach, a także o niebezpieczeństwie), adresowana do personelu związanego z operacjami lotniczymi oraz służb ruchu lotniczego odpowiedzialnego za zapewnienie służby informacji powietrznej i za przygotowanie oraz zapewnienie informacji przed rozpoczęciem lotu.

Załącznik 11 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, wydanie 13, ICAO, Montreal 2001, s. 1–4.

O

Ocena zgodności – to wykazanie, że wyspecyfikowane wymagania (rozumiane jako potrzeba lub określone oczekiwanie) dotyczące wyrobu, procesu, systemu, osoby lub jednostki zostały spełnione.

PN-EN ISO/IEC 17000:2006 Ocena zgodności. Terminologia i zasady ogólne.

Odległość bezpieczna – odległość modelu latającego od innych statków powietrznych, przeszkód, osób lub zwierząt, umożliwiająca uniknięcie kolizji. Wynika z analizy panujących warunków meteorologicznych, otoczenia i przeszkód znajdujących się w obszarze wykonywania lotu oraz rodzaju używanego modelu latającego i kwalifikacji operatora.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).

Odpowiedniość – właściwość, przystosowanie do wykonania zadania operacyjnego z uwzględnieniem czynników destrukcyjnych zewnętrznych.

Lewitowicz J., Kustroń K., Podstawy eksploatacji statków powietrznych, ITWL, Warszawa 2003.

Open source (ang. *open source movement*) – oprogramowanie o otwartym kodzie źródłowym.
<https://evolpe.pl/open-source/> [dostęp: 26.07.2019].

Operacje w zasięgu widoczności wzrokowej VLOS (ang. *Visual Line of Sight Operation*) – operacje, w których operator lub obserwator modelu latającego utrzymują bezpośredni kontakt wzrokowy z modelem latającym.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).

Operacje z widokiem z pierwszej osoby FPV (ang. *First Person View*) – operacje, w których operator pilotuje model latający, nie utrzymując z nim bezpośredniego kontaktu wzrokowego, określając jego położenie w przestrzeni powietrznej przez obraz przekazywany w czasie rzeczywistym na ziemię przez urządzenia zamontowane na pokładzie modelu latającego.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).

Operacje poza zasięgiem widoczności wzrokowej BVLOS (ang. *Beyond Visual Line of Sight Operation*) – operacje, w których operator bezzałogowego statku powietrznego nie utrzymuje bezpośredniego kontaktu wzrokowego z bezzałogowym statkiem powietrznym.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).

Operator – osoba zdalnie pilotująca bezzałogowy statek powietrzny albo nadzorująca lot i zarządzająca lotem bezzałogowego statku powietrznego lub grupą bezzałogowych statków powietrznych w lotach automatycznych, a w przypadku wykonywania operacji wojskowym statkiem powietrznym – również wyszkolony personel posiadający uprawnienia do wykonywania operacji na danym typie bezzałogowego statku powietrznego.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).

OS (ang. *Open Service*) – otwarta usługa systemu EGNOS.

P

P (ang. *Prohibited Zone*) – strefa zakazana. Oznacza przestrzeń powietrzną o określonych wymiarach nad obszarami lądowymi lub wodami terytorialnymi państwa, w której loty statków powietrznych są zabronione.

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 923/2012 z dnia 26 września 2012 r. ustanawiające wspólne zasady w odniesieniu do przepisów lotniczych i operacyjnych dotyczących służb i procedur żeglugi powietrznej (Dz. Urz. UE L 281 z 13.10.2012 r.).

PAŻP – Polska Agencja Żeglugi Powietrznej.

PBN (ang. *Performance-Based Navigation*) – nawigacja w oparciu o charakterystyki systemów. Oznacza nawigację obszarową w oparciu o wymagania dotyczące osiągnięć dla statku powietrznego eksploatowanego na trasie ATS, o procedurę podejścia według wskazań przyrządów lub w wyznaczonej przestrzeni powietrznej.

Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1178/2011 z dnia 3 listopada 2011 r. ustanawiające wymagania techniczne i procedury administracyjne odnoszące się do załóg w lotnictwie cywilnym (Dz. Urz. UE L 311 z 25.11.2011 r. z późn. zm.).

Parsowanie – polega na przetwarzaniu informacji, ich porządkowaniu i dostarczaniu gotowych danych.

<https://sjp.pl/parsowa%C4%87> [dostęp: 26.07.2019].

Pilot bezzałogowego statku powietrznego (ang. *remote pilot*) – oznacza osobę fizyczną odpowiedzialną za bezpieczne wykonanie lotu przez bezzałogowy statek powietrzny poprzez ręczne sterowanie lotem albo – w przypadku gdy bezzałogowy statek powietrzny lata automatycznie – poprzez monitorowanie jego kursu i utrzymywanie zdolności do interwencji i zmiany kursu w każdej chwili.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 z dnia 4 lipca 2018 r. w sprawie wspólnych zasad w dziedzinie lotnictwa cywilnego i utworzenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (tekst jedn.: Dz. Urz. UE L 212 z 22.8.2018 r.), art. 3, pkt 31.

PKB – Punkt Kontroli Bezpieczeństwa.

PKBWL – Państwowa Komisja Badania Wypadków Lotniczych.

Planowanie operacji lotniczych – usługa dostarczająca możliwość zaplanowania operacji lotniczej w dedykowanej, określonej przestrzeni powietrznej. Udostępnia narzędzia do identyfikacji kolizji z jej elementami oraz na etapie przed taktycznym z planowanymi trasami lotów innych BSP wykorzystując predykcję trajektorii 4D.

<https://ulc.gov.pl> [dostęp: 26.07.2019].

Port lotniczy – wydzielony obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub w części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego lub nawodnego ruchu statków powietrznych, wraz ze znajdującymi się w jego granicach obiektami i urządzeniami budowlanymi o charakterze trwałym, wpisany do rejestru lotnisk, otwarte dla wszystkich statków powietrznych w terminach i godzinach ustalonych przez zarządzającego tym lotniskiem i podanych do publicznej wiadomości, wykorzystywane do lądowania w celu zabrania lub pozostawienia pasażerów, bagażu, towarów lub poczty, przewożonych odpłatnie.

Definicja na podstawie: Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. Nr 130, poz. 1112 z późn. zm.).

Poziom lotu (ang. *Flight level*) – powierzchnia baryczna o określonym ciśnieniu oddzielona od innych takich powierzchni o określoną różnicę ciśnienia i odniesiona do specyficznej wartości ciśnienia zwanego ciśnieniem standardowym o wartości 1013,25 hPa (760 mm Hg).

Załącznik 11 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, wydanie 13, ICAO, Montreal 2001, s. 1–5.

Predykcja trajektorii 4D – proces i algorytmy estymujące położenie statku powietrznego w czasie na etapie planowania operacji lotniczej na podstawie danych planu lotu, meteo, osiąarów.

<http://www.pansa.pl> [dostęp: 26.07.2019].

PRS (*Public Regulated Service*) – usługa regulowana publicznie.

Przyczyna zdarzenia lotniczego (wypadku lub incydentu) – działania, niedopatrzenia, wydarzenia, warunki lub połączenie tych czynników, które doprowadziły do zaistnienia wypadku lub incydentu. Określenie przyczyn nie skutkuje orzeczeniem winy lub stwierdzeniem odpowiedzialności administracyjnej, cywilnej lub karnej.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 996/2010 w sprawie badania wypadków i incydentów w lotnictwie cywilnym oraz zapobiegania im (Dz. Urz. UE L 295 z 12.11.2010 r.).

Q

QZSS (ang. *Quasi-Zenith Satellite System*) – japoński regionalny system pozycjonowania satelitarne.

R

R (ang. *Restricted Zone*) – strefa ograniczona. Oznacza przestrzeń powietrzną o określonych wymiarach nad obszarami lądowymi lub wodami terytorialnymi państwa, w której loty statków powietrznych są ograniczone zgodnie z pewnymi określonymi warunkami.

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 923/2012 z dnia 26 września 2012 r. ustanawiające wspólne zasady w odniesieniu do przepisów lotniczych i operacyjnych dotyczących służb i procedur żeglugi powietrznej (Dz. Urz. UE L 281 z 13.10.2012 r.).

Radar (ang. *Radio Detection And Ranging*) – urządzenie do wykrywania oraz wyznaczania odległości za pomocą fal radiowych.

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/radar.html> [dostęp: 26.07.2019].

RAIM (ang. *Receiver Autonomous Integrity Monitoring*) – autonomiczne monitorowanie integralności odbiornika.

RC (ang. *Radio Control*) – sterowanie radiowe.

RLOS (ang. *Radio Line-Of-Sight*) – w zasięgu łączności radiowej.

RNAV (ang. *Area Navigation*) – nawigacja obszarowa. Metoda nawigacji, która pozwala na loty statków powietrznych po dowolnie określonym torze lotu w zasięgu naziemnych lub umieszczonych w przestrzeni urządzeń nawigacyjnych lub w granicach możliwości urządzeń autonomicznych, albo przy stosowaniu kombinacji tych urządzeń.

Załącznik 11 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, wydanie 13, ICAO, Montreal 2001, s. 1–4.

RPS (ang. *Remote Pilot Station*) – stacja zdalnego sterowania, komponent RPAS.

RPA (ang. *Remotely Piloted Aircraft*) – bezzałogowy statek powietrzny, który jest pilotowany ze stacji zdalnego sterowania.

Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), Doc 10019, ICAO, wydanie 1, Montreal 2015, s. 18.

RPAS (ang. *Remotely Piloted Aircraft System*) – system zdalnie pilotowanego statku powietrznego. Obejmuje zdalnie pilotowany statek powietrzny i powiązane z nim: stacje zdalnego pilotowania, wymagane łącza dowodzenia i kontroli oraz wszelkie inne komponenty określone w projekcie systemu

Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), Doc 10019, ICAO, wydanie 1, Montreal 2015, s. 18.

Ryzyko dotyczące bezpieczeństwa (ang. *safety risk*) – przewidywane prawdopodobieństwo (możliwość, szansa wystąpienia szkody) i dotkliwość konsekwencji lub wartości wynikowej zagrożenia.

Definicja na podstawie: Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859, wydanie 3, ICAO, 2013, s. 13.

S

SACCSA (hiszp. *Solucin de Aumentación para Caribe, Centro y Sudamérica*) – projekt ICAO, którego celem jest poprawa wspomagające w regionie Karaibów, Ameryki Środkowej i Południowej.

SAR (ang. *Search and Rescue*) – poszukiwanie i ratownictwo.

SDCM (ang. *System of Differential Correction and Monitoring*) – rosyjski system różnicowej korekty i monitoringu, będący komponentem GLONASS.

Sensor – fizyczne bądź biologiczne narzędzie, którego zadaniem jest wychwytywanie sygnałów z otaczającego środowiska.

<https://sjp.pwn.pl/sjp/sensor;2575212.html> [dostęp: 26.07.2019].

SG – Straż Graniczna.

Silnik gry komputerowej – kluczowa część kodu gry komputerowej (również – symulacyjnej gry poważnej). Silnik może odpowiadać m.in. za wyświetlanie grafiki, sterowanie, obsługę sprzętu, sztuczną inteligencję, fizykę i wiele innych elementów. Na potrzeby gier i symulacji autorzy mogą stworzyć własne silniki lub korzystać z dostępnych na rynku bardzo rozbudowanych rozwiązań darmowych i płatnych (np. Unity, Unreal Engine, Godot itp.). Silniki bardzo często posiadają własne środowiska programistyczne i różnego rodzaju edytory.

<https://www.erainformatyki.pl/silniki-gier-komputerowych.html> [dostęp: 26.07.2019].

SIM (ang. *Subscriber Identity Module*) – moduł identyfikacji abonenta.

Skaning laserowy – laserowy pomiar odległości.

<http://progea.pl/> [dostęp: 26.07.2019].

Skrypt – czyli kod programu (najczęściej w języku C#) realizujący logikę prototypu, obsługujący wszystkie elementy interaktywne, a także wszelkie zewnętrzne podsystemy, z których korzysta prototyp.

<http://progea.pl/> [dostęp: 26.07.2019].

SNAS (ang. *Satellite Navigation Augmentation System*) – chiński satelitarny wspomagający system nawigacyjny.

SPI (ang. *Safety Performance Indicator*) – wskaźnik działania bezpieczeństwa. Parametr bezpieczeństwa, pobrany z bazy danych i stosowany do monitorowania i oceniania tego jak bezpieczeństwo jest realizowane.

SoL (*Safety of Life*) – usługa bezpieczeństwa życia systemu EGNOS.

SOL – Służba Ochrony Lotniska będąca wewnętrzną służbą ochrony lub specjalistyczną uzbrojoną formacją ochronną działającą na podstawie ustawy z dnia 22 sierpnia 1997 r. o ochronie osób i mienia. Realizuje zadania na rzecz ochrony lotnictwa cywilnego i podlega zarządzającemu lotniskiem.

Definicja na podstawie: Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. Nr 130, poz. 1112 z późn. zm.).

SMS (ang. *Safety Management System*) – system zarządzania bezpieczeństwem. Oznacza systematyczne podejście do zarządzania bezpieczeństwem, obejmujące niezbędne: strukturę organizacyjną, zakresy odpowiedzialności, politykę (strategiczne sposoby postępowania) oraz procedury.

Definicja na podstawie: Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859, wydanie 3, ICAO, 2013, s. 13.

Szczególna ostrożność – ostrożność polegająca na zwiększeniu uwagi, dostosowaniu zachowania operatora lub zabezpieczeniu i przystosowaniu miejsca startu i lądowania bezałogowego statku powietrznego lub obszaru, nad którym lot się odbywa, do warunków i sytuacji zmieniających się podczas wykonywania lotu, w stopniu umożliwiającym bezpieczne wykonanie lotu.

<https://www.ulc.gov.pl/pl/drony/zasady-wykonywania-lotow-uav/4590-slowniczek-pojec> [dostęp: 26.07.2019].

Środowisko VR – program komputerowy wspomagający implementowanie wirtualnej rzeczywistości.

<http://progea.pl/> [dostęp: 26.07.2019].

T

TAI (ang. *International Atomic Time*) – międzynarodowy czas atomowy.

Taktyczny geofencing – usługa pozwalająca na dynamiczną dystrybucję i wykorzystanie informacji o geofencingu podczas realizacji operacji lotniczej z uwzględnieniem możliwości adaptacji i korekcji lotu w aspekcie przekazanych zmian. W połączeniu z funkcją lokalizacji (trackingu w czasie rzeczywistym) daje możliwość monitoringu położenia BSP względem granic stref i podnoszenia alarmu w sytuacjach ich bezprawnego naruszenia. Usługa pozwala na definiowanie stref buforowych, których naruszenie może notyfikować operatora i zarządzającego strefą o potencjalnej możliwości naruszenia strefy geofencingu.

Polski demonstrator U-Space, JSW Innowacje, https://www.jswinnowacje.pl/odpowiedzialny-biznes/wydarzenia/wydarzenie/news/polski-demonstrator-u-space/?no_cache=1&type=1 [dostęp: 26.07.2019].

Telemetria – dziedzina telekomunikacji zajmująca się technikami przesyłu wartości pomiarowych na odległość.

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/telemetria.html> [dostęp: 26.07.2019].

Termowizja – jest to obraz cieplny obserwowanego obiektu. Istotnym czynnikiem jest tu ilość produkowanego ciepła przez statek latający w zależności od zastosowanego rodzaju napędu.

<https://sjp.pwn.pl/slowniki/termowizja.html> [dostęp: 26.07.2019].

TRA (ang. *Temporary Reserved Area*) – strefa czasowo rezerwowana. Wlot do niej BSP jest możliwy, gdy jest aktywna i uzyskano zgodę zarządzającego strefą.

TWR (ang. *Tower*) – wieża kontroli lotów, a także zwyczajowe określenie na wieżowych kontrolerów ruchu lotniczego.

U

UA (ang. *Unmanned Aircraft*) – 1) bezzałogowy statek powietrzny – dowolny statek powietrzny eksploatowany lub przeznaczony do eksploatacji bez pilota na pokładzie, który może działać samodzielnie lub być pilotowany zdalnie; 2) każdy statek powietrzny wykonujący operację lub przeznaczony do wykonywania operacji samodzielnie lub mogący być pilotowanym zdalnie bez pilota na pokładzie.

(1) Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. UE L 152 z 11.6.2019 r.).

(2) Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 z dnia 4 lipca 2018 r. w sprawie wspólnych zasad w dziedzinie lotnictwa cywilnego i utworzenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (Dz. Urz. UE L 212 z 22.8.2018 r.), art. 3, pkt 30.

UAS (ang. *Unmanned Aircraft System*) – bezzałogowy system powietrzny. System składający się z bezzałogowego statku powietrznego, systemu wsparcia oraz całości wyposażenia i personelu niezbędnego do kierowania bezzałogowym statkiem powietrznym.

AAP-6 Słownik terminów i definicji NATO – zawierający wojskowe terminy i ich definicje stosowane w NATO, NATO, 2017, s. 464.

UAV (ang. *Unmanned Aerial Vehicle*) – bezzałogowy statek powietrzny.

Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir 328, ICAO, Montreal 2011, s. 7.

UAVO (ang. *Unmanned Aerial Vehicle Operator*) – operator bezzałogowego statku powietrznego.

<https://www.ulc.gov.pl/pl/drony/zasady-wykonywania-lotow-uav/4590-slowniczek-pojec> [dostęp: 26.07.2019].

UDP (ang. *User Datagram Protocol*) – Protokół Pakietów Użytkownika.

UTM (ang. *Unmanned Aerial Vehicles Traffic Management*) – system zarządzania lotami bezzałogowych statków powietrznych, będący źródłem nadrzędnych informacji o operatorach, dostępności przestrzeni i możliwości wykonywania lotów w danym obszarze przestrzeni, przetwarzającym m.in. informacje dotyczące planowanych lotów i dostępności przestrzeni.

Biała Księga Rynku Bezzałogowych Statków Powietrznych, Polski Instytut Ekonomiczny, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2019, s. 31.

ULC – Urząd Lotnictwa Cywilnego.

U-space – zestaw nowych usług systemu teleinformatycznego o wysokim poziomie digitalizacji i automatyzacji oraz specjalnych procedur zaprojektowanych w celu wspierania bezpiecznego i optymalnego dostępu do przestrzeni powietrznej dla dużej liczby dronów.

Biała Księga Rynku Bezzałogowych Statków Powietrznych, Polski Instytut Ekonomiczny, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2019, s. 9.

V

VBS (ang. *Virtual BattleSpace*) – środowisko wirtualne wykorzystywane do symulacji i szkoleń.

VFR (ang. *Visual Flight Rules*) – przepisy wykonywania lotów z widocznością.

VLOS (ang. *Visual Line of Sight Operation*) – operacje w zasięgu widoczności wzrokowej. To operacje, w których operator lub obserwator bezzałogowego statku powietrznego utrzymują bezpośredni kontakt wzrokowy z bezzałogowym statkiem powietrznym.

Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).

VR (ang. *Virtual Reality*) – wirtualna rzeczywistość. Rodzina technologii, której ogólnym zadaniem jest stworzenie u użytkownika wrażenia obecności w wygenerowanym cyfrowo środowisku – najczęściej przez specyficzne ograniczenie jego pola widzenia wyświetlaczami oraz mapowanie ruchów ciała do aplikacji.

W

WAAS (ang. *Wide Area Augmentation System*) – amerykański satelitarny system wspomagający.

Wielowirnikowiec – wiropląt utrzymywany w locie głównie przez reakcję powietrza na więcej niż dwóch wirnikach nośnych.

<https://www.ulc.gov.pl/pl/drony/zasady-wykonywania-lotow-uav/4590-slowniczek-pojec> [dostęp: 26.07.2019].

Wypożażenie do zdalnego sterowania bezałogowym statkiem powietrznym (ang. *equipment to control unmanned aircraft remotely*) – przyrząd, wyposażenie, mechanizm, aparatura, oprzyrządowanie, oprogramowanie lub wyposażenie dodatkowe, które są niezbędne do bezpiecznej eksploatacji bezałogowych statków powietrznych, które nie są częścią, i które nie są przewożone na pokładzie bezałogowego statku powietrznego.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 z dnia 4 lipca 2018 r. w sprawie wspólnych zasad w dziedzinie lotnictwa cywilnego i utworzenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (Dz. Urz. UE L 212 z 22.8.2018 r.), art. 3, pkt 32.

Z

Zagrożenie (ang. *hazard*) – źródło potencjalnej szkody, niepożądana okoliczność lub sytuacja (wynikająca z awarii, niesprawności, zdarzeń zewnętrznych, błędów lub ich kombinacji), która może prowadzić do niebezpiecznego wydarzenia lub zdarzenia.

Definicja na podstawie: *JARUS guidelines on SORA*, Annex I – Glossary of Terms, 2017.

Wprowadzenie

bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski

Oddajemy w Państwa ręce publikację wydaną w ramach projektu „Sterowanie autonomicznym dronem za pomocą gogli (monookularu)” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa realizowanego w ramach konkursu nr 9/2018 NCBR DOB-BIO9/26/04/2018.

Z uwagi na ograniczenia formalne, w publikacji nie mogły zostać zaprezentowane bezpośrednio wyniki projektu, a sama monografia jest jednym z elementów jego promocji.

Publikacja składa się z trzech zasadniczych części. Część I zawiera opracowania poświęcone współczesnym, wybranym sposobom wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych (BSP) z uwzględnieniem aspektów prawnych. Rozważania skupiają się na odpowiedzialności operatorów, korzyściach i zagrożeniach związanych z wykorzystaniem BSP na lotnisku. Przedstawiono również możliwe wykorzystanie BSP przez Policję jako wsparcie jej działań operacyjnych w poszukiwaniu osób zaginionych. Część II to blok tematyczny poświęcony wybranym zagadnieniom dotyczącym bezpieczeństwa lotów, takim jak: szkolenie, świadomość operatorów, własności i właściwości eksploatacyjno-operacyjne BSP. W Części III uwzględniono prace na temat perspektyw rozwoju technologii i usług związanych z BSP. Zwrócono uwagę na stosowanie symulatorów wirtualnej rzeczywistości do szkolenia operatorów i obsługi platform, taktyki pracy BSP w roju, systemy dostarczające usługę lokalizacji dla przestrzeni U-space. Blok tematyczny wieńczy przedstawienie możliwości badawczych i certyfikacyjnych w zakresie BSP przeznaczonych do stosowania przez służby mundurowe.

Dla większej przejrzystości publikacji zdecydowano o przedstawieniu części treści w postaci załączników. Mając na uwadze fakt, że wdrożenie wyników projektu ma służyć rozwojowi priorytetowej zdolności operacyjnej Straży Granicznej, przy doborze treści do niniejszej publikacji redaktor naukowy, na bazie swego kilkunastoletniego doświadczenia w działaniach operacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (w tym organizacji

ćwiczeń praktycznych, zabezpieczeń imprez masowych typu EURO 2012, Szczytu NATO) oraz zarządzaniu i nadzorze nad projektami badawczo-rozwojowymi,¹ starał się przede wszystkim kierować kryterium oceny użyteczności poruszanych zagadnień dla służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo powszechne i porządek publiczny, w tym także bezpieczeństwo granicy państwa. Potrzebę podjęcia prac nad taką monografią i jej zakresem tematycznym uzasadnia niewielka liczba publikacji tego typu na rynku wydawniczym, a także jednoczesne zapotrzebowanie interesariuszy i członków sektora „dronowego”. Publikacja ta dedykowana jest zarówno dla Czytelnika reprezentującego sferę praktyki, ale także zainteresowanego ciągłym rozwojem technologicznym branży.

W monografii znajdują się publikacje opracowane przez grono specjalistów i praktyków. W celu jak najszerszego spojrzenia na tematykę BSP uznano, że zasadne jest podejście interdyscyplinarne i zaproszenie autorów reprezentujących różne punkty widzenia i środowiska. Opracowania zawierają rozważania, wyniki badań prowadzonych w ramach badań naukowych i prac rozwojowych, które dotyczą kwestii: techniki, technologii, praktyki, wymagań, oczekiwań, prawa, norm, organizacji, logistyki, działań operacyjnych, a także proponowanych rozwiązań czy istniejących zagrożeń i ograniczeń.

¹ a) projekt „e-Notice” – European Network of CBRN Training Centres, realizacja 2017–2022, źródło Horyzont 2020, tematyka: Utworzenie paneuropejskiej sieci centrów prowadzących szkolenia, testy oraz demonstracje funkcjonalne z zakresu ochrony przed zagrożeniami CBRN; funkcja w projekcie: z-ca kierownika projektu u konsorcjanta (CNBOP-PIB);

b) projekt FIRE-IN: Fire and Rescue Innovation Network, realizacja 2017–2022, źródło Horyzont 2020, tematyka: Stworzenie europejskiej sieci koordynacyjnej, która będzie służyła do celów badań naukowych, innowacji i normalizacji oraz tworzenia zaleceń dotyczących wdrażania perspektywicznych rozwiązań, które odpowiadają na potrzeby praktyków zajmujących się pożarnictwem i ratownictwem; funkcja w projekcie: z-ca kierownika projektu u konsorcjanta (CNBOP-PIB);

c) projekt OZAB – Opracowanie innowacyjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych w zurbanizowanych centrach miast, realizacja 2015–2018, źródło: NCBR, konkurs NCBR DOB-BIO7/08/01/2015, funkcja w projekcie – przedstawiciel konsorcjanta (CNBOP-PIB) w Komitecie Sterującym;

d) projekt EASeR: Enhancing Assessment in Search and Rescue, realizacja 2018–2020, tematyka: opracowanie rekomendacji i standardowych procedur operacyjnych dotyczących rozpoznania wstępnego prowadzonego przez grupy poszukiwawczo-ratownicze w trakcie działań ratowniczych po trzęsieniach ziemi uwzględniając przeszkody składające się na tzw. efekt bariery, źródło: Mechanizm Ochrony Ludności UE; funkcja w projekcie: kierownik projektu ze strony konsorcjanta (CNBOP-PIB);

e) projekt ASSISTANCE: Adapted situation awareness tools and tailored training curricula for increasing capabilities and enhancing the protection of first responders; realizacja: 2019–2021, źródło Horyzont 2020, tematyka: Integracja nowoczesnych narzędzi i technologii (np. drony/roboty wyposażone w różne czujniki itp.), budowa platformy, której głównym celem jest zwiększenie ochrony i wydajności organizacji „first responders”, które współpracują ze sobą podczas łagodzenia skutków dużych katastrof. Utworzenie europejskiej sieci szkoleniowej, która zapewni szkolenia w oparciu o nowoczesne rozwiązania VR, AR (wirtualną, mieszaną i/lub rozszerzoną rzeczywistość); funkcja w projekcie: główny wykonawca projektu u konsorcjanta (CNBOP-PIB);

f) projekt: e-Pionier – wykorzystanie potencjału uczelni wyższych na rzecz podniesienia innowacyjności rozwiązań ICT w sektorze publicznym, realizacja 2017–2019, źródło: NCBR, Program Operacyjny Polska Cyfrowa, Oś III. Cyfrowe kompetencje społeczeństwa, Działanie 3.3. „e-Pionier – wsparcie uzdolnionych programistów na rzecz rozwiązywania zidentyfikowanych problemów społecznych lub gospodarczych”; tematyka: Opracowanie Systemu (MPV) precyzyjnego lądowania UAV na niestabilnej platformie dla jednostki bezałogowej, funkcja w projekcie: Product Owner wg metodyki Agile, członek zespołu wykonawcy, mentor metodyczny zespołu.

W większości prac przyjęto stosowanie terminu „bezzałogowe statki powietrzne”, powszechnie używanego w literaturze naukowej. Gdy przedmiot i charakter analiz wymaga odwołania się do „systemu” (nie tylko statku powietrznego, platformy, ale i takich komponentów, jak stacja kontroli, łączność itp.) przyjęto termin RPAS.

Redaktor naukowy i zespół autorów zdają sobie sprawę, że przedstawione w niniejszej publikacji analizy, rozważania, wyniki badań i propozycje rozwiązań nie wyczerpują szerokiej problematyki stosowania bezzałogowych statków powietrznych. Mają jednak nadzieję, że chociażby stanowią one istotny głos w toczącym się na ten temat dyskursie naukowym.



CZEŚĆ I

STAN OBECNY



Odpowiedzialność operatora BSP za wykonywane loty

The Liability of the UAV Operator for the Performed Flights

Kamil Wasilewski

STRESZCZENIE

W Polsce z roku na rok obserwuje się wzrost zainteresowania bezzałogowymi statkami powietrznymi. Przede wszystkim zwykła tendencja dotyczy operacji wykonywanych z użyciem bezzałogowych statków powietrznych używanych w celach innych niż rekreacyjne lub sportowe (tzw. komercyjnych). Potwierdza to chociażby liczba wydawanych zgodnie z treścią art. 95 ust. 2 pkt 5 a ustawy – Prawo lotnicze¹ przez Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego świadectw kwalifikacji. Z danych dostępnych na stronie internetowej Urzędu Lotnictwa Cywilnego wynika, że na dzień 19 kwietnia 2019 r. wydano łącznie 6846 świadectw kwalifikacji UAVO (dla operatorów BSP), z czego 352 świadectwa wydano kobietom i 6494 świadectwa – mężczyznom². Trzy lata wcześniej, tj. na dzień 16 listopada 2016 r., wydano dokładnie 3523 świadectwa kwalifikacji UAVO³. Statystyki te wskazują, że użytkownicy dronów coraz częściej dostrzegają możliwość ich komercyjnego wykorzystania. Szanse na skuteczne zastosowanie bezzałogowców w swojej działalności zauważyły również podmioty publiczne oraz prywatne, m.in. służby mundurowe, firmy, samorządy, organizacje pozarządowe, agencje rządowe. BSP to już nie tylko „hobbystyczna zabawka”, ale profesjonalne narzędzie do działań operacyjnych realizowanych na potrzeby aktywności związanych z ochroną bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, poszukiwawczych lub ratowniczych czy specjalistycznych dotyczących dozoru lub kontroli osób i mienia. Operator BSP musi być świadomy, iż w związku z wykonywaniem lotu narażony jest zarówno na odpowiedzialność karną, jak i cywilną. Niniejsze opracowanie ma zatem na celu przybliżenie użytkowni-

¹ Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze (Dz. U. z 2012 r., poz. 933 z późn. zm.).

² Urząd Lotnictwa Cywilnego, *Raport – liczba ważnych świadectw kwalifikacji UAVO na dzień 19.04.2018 r.*, http://www.ulc.gov.pl/_download/personel_lotniczy/UAV/%C5%9Awiadectwa_kwalifikacji_i_uprawnienia_w_UAVO_wazne_na_dzien_20180419.pdf [dostęp: 05.2019].

³ Urząd Lotnictwa Cywilnego, *Raport – liczba ważnych świadectw kwalifikacji UAVO na dzień 16.11.2016 r.*, <http://www.swiatdronow.pl/wp-content/uploads/2016/11/raport-swiadectwa-kwalifikacji-ulc-11-2016.pdf> [dostęp: 30.08.2019].

kom dronów – w szczególności przedstawicielom służb mundurowych, takich jak Policja, Straż Graniczna czy Państwowa Straż Pożarna – najważniejszych kwestii związanych z odpowiedzialnością cywilną oraz karną za wykonywane przez nich loty.

Słowa kluczowe: bezzałogowy statek powietrzny, BSP, dron, UAS, UAV, operator, UAVO, odpowiedzialność karna, odpowiedzialność cywilna, „prawo dronowe”

WSTĘP

Użytkując bezzałogowe statki powietrzne czy to w celu komercyjnym, czy też jako narzędzie do działań operacyjnych realizowanych na potrzeby działań związanych z ochroną bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, poszukiwawczych lub ratowniczych, specjalistycznych dotyczących dozoru lub kontroli osób bądź mienia, należy liczyć się z ryzykiem wyrządzenia szkody na mieniu, jak i na osobie. Dlatego też tak ważnym aspektem jest używanie BSP prawidłowo, bezpiecznie oraz zgodnie z przepisami prawa. Zanim w sposób szczegółowy zostanie przedstawiona kwestia odpowiedzialność prawnej użytkownika drona należy tytułem wstępu przybliżyć ogólne zasady odpowiedzialności cywilnej.

Odpowiedzialność cywilna operatora BSP za wykonywane loty

W polskim prawie cywilnym wyróżnia się następujące zasady (podstawy) odpowiedzialności cywilnej:

1. **Zasadę winy** – jest najczęściej występującą podstawą odpowiedzialności. Pomimo braku definicji winy w ustawie kodeks cywilny⁴, należy ją rozumieć jako bezprawne działanie naruszające pewne wymogi i zasady obowiązujące w stosunkach międzyludzkich. Wina badana jest zawsze w odniesieniu do sprawcy czynu i można ją przypisać jedynie wtedy, gdy działał on z pewnym rozeznanieniem i mógł przewidzieć skutki swojego zachowania.
2. **Zasadę ryzyka** – w tym przypadku odpowiedzialność dotyczy wszelkich skutków działania, bez względu na to, czy sprawca ponosi za nie winę. Z uwagi na tak szeroki zakres odpowiedzialności, zasada ta stosowana jest wyłącznie w przypadkach wskazanych w przepisach prawa, np. odpowiedzialność za zawalenie się budowli.
3. **Zasadę słuszności** – jest stosowana bardzo rzadko i przejawia się w sytuacjach, gdy mimo braku winy po stronie sprawcy, poszkodowanemu należy się odszkodowanie, biorąc pod uwagę np. jego stan majątkowy, czy zdrowotny.

BSP jako statek powietrzny podlega bezpośrednio przepisom prawa lotniczego⁵. Zgodnie z treścią art. 206 ustawy Prawo lotnicze odpowiedzialność za szkody spowodowane

⁴ Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (Dz. U. Nr 16, poz. 93 z późn. zm.).

⁵ Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze (Dz. U. z 2012 r., poz. 933 z późn. zm.), dalej: u.p.l. lub ustawa Prawo lotnicze.

wane ruchem statków powietrznych podlega przepisom prawa cywilnego o odpowiedzialności za szkody wyrządzone przy posługiwaniu się mechanicznymi środkami komunikacji poruszonymi za pomocą sił przyrody. W praktyce oznacza to, że odpowiedzialność operatorów BSP za spowodowane szkody jest taka sama, jak odpowiedzialność osób prowadzących pojazdy mechaniczne, np. samochody. Przepis art. 206 u.p.l. stanowi wprost odesłanie do art. 436 w zw. z art. 435 k.c. Zgodnie z treścią art. 435 k.c.: „prowadzący na własny rachunek przedsiębiorstwo lub zakład wprawiany w ruch za pomocą sił przyrody (pary, gazu, elektryczności, paliw płynnych itp.) ponosi odpowiedzialność za szkodę na osobie lub mieniu, wyrządzoną komukolwiek przez ruch przedsiębiorstwa lub zakładu, chyba że szkoda nastąpiła wskutek siły wyższej albo wyłącznie z winy poszkodowanego lub osoby trzeciej, za którą nie ponosi odpowiedzialności”.

Odpowiedzialność przewidzianą powyżej ponosi również samoistny posiadacz mechanicznego środka komunikacji poruszanego za pomocą sił przyrody. Jednakże, gdy posiadacz samoistny oddał środek komunikacji w posiadanie zależne, odpowiedzialność ponosi posiadacz zależny (art. 463 k.c.). Przekładając treść tych regulacji prawnych na ewentualną odpowiedzialność operatora drona, wyjaśnić należy, iż w przypadku wyrządzenia szkody ponosi on odpowiedzialność co do zasady zawsze. Z odpowiedzialności tej nie zwalnia operatora BSP przede wszystkim fakt, iż wykonywał on lot dronem zgodnie z zasadami i przepisami prawa⁶. Nie jest to jednak odpowiedzialność absolutna. Operator BSP nie będzie ponosił odpowiedzialności, jeżeli szkoda nastąpiła:

1. **wskutek siły wyższej** (np. nagły porywisty wiatr – w tym przypadku sytuacja nie jest jasna, bowiem należy pamiętać, że użytkując drona należy brać pod uwagę również warunki meteorologiczne);
2. **wyłącznie z winy poszkodowanego lub innej osoby, za którą nie ponosimy odpowiedzialności** (np. jeżeli poszkodowany umyślnie rzucał jakimś przedmiotem w drona w celu jego strącenia, następnie dron spadł i uszkodził samochód rzucającego albo jeżeli osoba trzecia przeszkadzała w sterowaniu dronem).

Niezależnie od powyższego wskazać należy, iż zgodnie z treścią art. 207 u.p.l. odpowiedzialność za szkody ponosi osoba eksploatująca statek powietrzny. Za osobę eksploatującą statek powietrzny uważa się osobę, która używała drona w czasie spowodowania szkody (art. 207 ust. 2 u.p.l.).

Inaczej kształtuje się odpowiedzialność operatora BSP w razie zderzenia z innym bezałogowcem lub statkiem powietrznym. W tym przypadku odpowiedzialność jest również taka, jak odpowiedzialność kierowców samochodów osobowych w przypadku wypadku komunikacyjnego, z tym, że na zasadzie winy. Zatem za zderzenie statków powietrznych odpowiedzialność będzie ponosił ten operator, który

⁶ Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków wraz z załącznikami nr 6, 6 a i 6 b (Dz. U. poz. 440).

wykonywał lot w sposób nieprawidłowy, tj. naruszając przepisy lub obowiązujące zasady wykonywania lotów.

Analizując przepisy w zakresie odpowiedzialności użytkowników dronów, na uwagę należy mieć również wchodzące w życie z dniem 1 lipca 2020 r. nowe prawo unijne, w szczególności Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych⁷. Akt ten ustanawia szczegółowe przepisy dotyczące eksploatacji bezzałogowych systemów powietrznych oraz personelu, w tym operatorów bezzałogowych statków powietrznych, oraz organizacji zaangażowanych w operacje wykonywane z ich użyciem. Istotnym novum jest rozróżnienie użytkowników dronów na dwie kategorie: operatorów bezzałogowych systemów powietrznych oraz pilotów bezzałogowych statków powietrznych. Zgodnie z treścią art. 2 pkt 1 rozporządzenia operator bezzałogowego systemu powietrznego oznacza dowolną osobę prawną lub fizyczną eksploatującą lub zamierzającą eksploatować co najmniej jeden bezzałogowy system powietrzny. W ww. akcie nie znajdziemy natomiast definicji pilota. Lektura treści r.b.s.p. pozwala jednak wywnioskować, że pilot to osoba sterująca bezzałogowym statkiem powietrznym. Rozporządzenie wprowadza również nowe kategorie lotów. W każdej z operacji wykonywanej w danej kategorii, rozporządzenie nakłada na pilota BSP obowiązek spełnienia licznych wymagań. Jako przykład należy wskazać operacje z wykorzystaniem dronów w kategorii otwartej w podkategorii A1, w ramach których pilot BSP zobowiązany jest do zapoznania się z instrukcją użytkownika dostarczoną przez producenta bezzałogowego systemu powietrznego oraz ukończenia szkolenia *online* z następujących dziedzin: bezpieczeństwa lotniczego, regulacji lotniczych czy procedur operacyjnych. Odrębne obowiązki muszą dopełnić również operatorzy BSP. Przykładowo w operacji w podkategorii A3 operator bezzałogowego systemu powietrznego:

- 1) opracowuje procedury operacyjne dostosowane do rodzaju operacji oraz związanego z nią ryzyka;
- 2) zapewnia, aby w ramach wszystkich operacji efektywnie wykorzystywano widmo radiowe oraz wspierano efektywne wykorzystanie widma radiowego w celu uniknięcia szkodliwych zakłóceń;
- 3) wyznacza pilota bezzałogowego statku powietrznego do każdej operacji z użyciem bezzałogowego systemu powietrznego;
- 4) zapewnia, aby piloci bezzałogowych statków powietrznych oraz wszyscy pozostali członkowie personelu wykonujący zadania wspierające daną operację znali instrukcję użytkownika dostarczoną przez producenta bezzałogowego systemu powietrznego oraz:
 - a) mieli odpowiednie kompetencje – w podkategorii, w ramach której mają być wykonywane planowane operacje z użyciem bezzałogowego systemu

⁷ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. UE L 152 z 11.6.2019 r.), dalej jako: rozporządzeni lub r.b.s.p.

- powietrznego zgodnie z sekcjami UAS.OPEN.020, UAS.OPEN.030 lub UAS.OPEN.040 – do wykonywania swoich zadań lub w przypadku członków personelu innych niż pilot bezzałogowego statku powietrznego – ukończyli szkolenie w miejscu pracy opracowane przez operatora;
- b) byli w pełni zaznajomieni z procedurami operatora bezzałogowego systemu powietrznego;
 - c) uzyskali informacje istotne z punktu widzenia planowanej operacji z użyciem bezzałogowego systemu powietrznego dotyczące wszelkich stref geograficznych opublikowanych przez państwo członkowskie, w którym operacja ma mieć miejsce, zgodnie z art. 15 r.b.s.p.;
- 5) w stosownych przypadkach aktualizuje informacje zawarte w systemie świadomości przestrzennej adekwatnie do planowanej lokalizacji operacji.

To tylko przykłady wymagań, jakie stawia przed pilotami i operatorami BSP ww. akt prawny. Szczegółowe informacje w tym zakresie reguluje Załącznik do rozporządzenia Operacje z użyciem bezzałogowych systemów powietrznych w kategorii „otwartej” i „szczególnej”. Niespełnienie przez pilota oraz operatora bezzałogowego statku powietrznego powyższych wymagań będzie miało istotne znaczenie dla oceny stopnia zawinienia w przypadku wyrządzenia przez nich szkody, a tym samym w kwestii ich odpowiedzialności zarówno cywilnej, jak i karnej. Dodać należy, że rozporządzenie wiąże w całości i jest bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich. Oznacza to, że kraje członkowskie Unii Europejskiej (UE), w tym Polska, mają rok na dostosowanie przepisów krajowych do przepisów tego rozporządzenia. Zmiana przepisów prawa w tym zakresie wpłynie również na ocenę odpowiedzialności użytkowników BSP.

Od odpowiedzialność karna operatora BSP za wykonywane loty

Operator BSP oprócz odpowiedzialności cywilnej, narażony jest także na poniesienie odpowiedzialności karnej. Szereg sytuacji związanych z możliwością odpowiedzialności karnej operatora BSP przewiduje art. 211 u.p.l. Zgodnie z tym przepisem karze grzywny, ograniczenia wolności lub pozbawienia wolności do roku podlegać będzie operator BSP, który wykonuje lot przy użyciu drona nieposiadającego wymaganej zdatności do lotów (np. lot wykonywany jest pomimo wiedzy o usterce) lub niezgodnie z ograniczeniami określonymi w świadectwie zdatności do lotów (zamiast lotu VLOS wykonuje się lot BVLOS) – art. 211 ust.1 pkt 1 u.p.l. Tej samej karze podlegać będzie użytkownik drona, który wykonuje lot nie mając ważnego świadectwa kwalifikacji lub niezgodnie z jego treścią i warunkami (art. 211 ust.1 pkt 5 u.p.l.). Operator BSP, który wykonując lot (art. 212 ust. 1 pkt 1 u.p.l.):

- a) narusza przepisy dotyczące ruchu lotniczego obowiązujące w obszarze, w którym lot się odbywa;
- b) przekracza granicę państwową bez wymaganego zezwolenia lub z naruszeniem warunków zezwolenia;

- c) narusza, wydane na podstawie art. 119 ust. 2 u.p.l., zakazy lub ograniczenia lotów w polskiej przestrzeni powietrznej wprowadzone ze względu na konieczność wojskową lub bezpieczeństwo publiczne;
- d) wbrew art. 122 u.p.l. nie stosuje się do poleceń organów państwa, w którym lot się odbywa, a także poleceń otrzymanych od jego państwowego statku powietrznego, nakazujących lądowanie na wskazanym lotnisku lub inne postępowanie załogi – podlegać będzie karze pozbawienia wolności do lat 5 (art. 212 ust.1 pkt 1 u.p.l.).

W przypadku gdy w wyniku wykonywania lotu drona dojdzie do umyślnego wyrządzenia szkody osobie, następstwem czego będzie ciężki uszczerbek na zdrowiu w postaci:

- 1) pozbawienia człowieka wzroku, słuchu, mowy, zdolności płodzenia;
- 2) innego ciężkiego kalectwa, ciężkiej choroby nieuleczalnej lub długotrwałej, choroby realnie zagrażającej życiu, trwałej choroby psychicznej, całkowitej albo znacznej trwałej niezdolności do pracy w zawodzie lub trwałego, istotnego zszpecenia lub zniekształcenia ciała – operator BSP musi liczyć się z możliwością poniesienia kary pozbawienia wolności na czas nie krótszy od lat 3 (art. 156 § 1 k.k.).

W razie wystąpienia ww. szkody na osobie w większości przypadków raczej będziemy mieli do czynienia z nieumyślnym działaniem operatora BSP, które zagrożone jest karą pozbawienia wolności do lat 3 (art. 156 kodeksu karnego)⁸. W sytuacji nieumyślnego naruszenia czynności narządu ciała lub rozstroju zdrowia, innego niż powyżej, operator drona podlegać będzie grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do roku (art. 157 k.k.).

Podobnie jak w przypadku ruchu drogowego, również w ruchu lotniczym mogą nastąpić zdarzenia stanowiące przestępstwa przeciwko bezpieczeństwu w komunikacji. Operator BSP, który spowoduje katastrofę powietrzną (lub w ruchu powietrznym) zagrażającą życiu lub zdrowiu wielu osób albo mieniu w wielkich rozmiarach, podlegać będzie karze pozbawienia wolności od roku do lat 10. W przypadku działania nieumyślnego, przewiduje się karę pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5. Jeżeli następstwem czynu określonego w § 1 art. 163 k.k. jest śmierć człowieka lub ciężki uszczerbek na zdrowiu wielu osób, sprawca podlega karze pozbawienia wolności od lat 2 do 12. Jeżeli następstwem działania nieumyślnego jest śmierć człowieka lub ciężki uszczerbek na zdrowiu wielu osób, sprawca podlega karze pozbawienia wolności od 6 miesięcy do lat 8 (art. 173 k.k.). Gdy podczas wykonywania lotu dronem dojdzie do spowodowania przez operatora BSP bezpośredniego niebezpieczeństwa katastrofy w ruchu powietrznym, należy liczyć się z możliwością wymierzenia kary pozbawienia wolności od 6 miesięcy do lat 8. Jeżeli działanie to zostanie uznane jako nieumyślne, wobec operatora drona może zostać wymierzona nawet kara pozbawienia wolności do lat 3 (art. 174 k.k.).

⁸ Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks karny (Dz. U. Nr 88, poz. 553 z późn. zm.).

Istotnym z punktu widzenia ewentualnej odpowiedzialności karnej operatora BSP jest również art. 177 k.k. Zgodnie z jego treścią: „§ 1. Kto, naruszając, chociażby nieumyślnie, zasady bezpieczeństwa w ruchu lądowym, wodnym lub powietrznym, powoduje nieumyślnie wypadek, w którym inna osoba odniosła obrażenia ciała określone w art. 157 § 1, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3. § 2. Jeżeli następstwem wypadku jest śmierć innej osoby albo ciężki uszczerbek na jej zdrowiu, sprawca podlega karze pozbawienia wolności od 6 miesięcy do lat 8”. Ponadto użytkownik drona wykonujący częste loty nad tymi samymi obiektami lub osobami może zostać oskarżony o popełnienie przestępstwa uporczywego nękania tzw. stalkingu, za które grozi kara pozbawienia wolności do lat 3 (art. 190 a k.k.). W przypadku gdy podczas wykonywania lotu dojdzie do uszkodzenia lub zniszczenia przez bezałogowca cudzej rzeczy, operatorowi może zostać wymierzona kara pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5. W wypadku mniejszej wagi sprawca tego typu przestępstwa podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do roku (art. 288 k.k.).

Nie zawsze jednak w każdym z ww. przypadków operator BSP poniesie odpowiedzialność karną. Jedną z okoliczności wyłączających taką odpowiedzialność jest tzw. stan wyższej konieczności. Zgodnie z treścią art. 26 k.k.: „§ 1. Nie popełnia przestępstwa, kto działa w celu uchylenia bezpośredniego niebezpieczeństwa grożącego jakimkolwiek dobru chronionemu prawem, jeżeli niebezpieczeństwa nie można inaczej uniknąć, a dobro poświęcone przedstawia wartość niższą od dobra ratowanego. § 2. Nie popełnia przestępstwa także ten, kto, ratując dobro chronione prawem w warunkach określonych w § 1, poświęca dobro, które nie przedstawia wartości oczywiście wyższej od dobra ratowanego”. Stan wyższej konieczności to taki stan, w którym dla uchylenia bezpośredniego niebezpieczeństwa grożącego dobru prawemu poświęca się inne dobro prawne w sytuacji, gdy niebezpieczeństwa nie można inaczej uniknąć. Przyjmuje się, że podstawą stanu wyższej konieczności jest konflikt między dobrami podlegającymi ochronie prawnej. Uratować można bowiem jedno dobro tylko kosztem drugiego. Ze stanem wyższej konieczności będziemy mieli zatem do czynienia w sytuacji, gdy np. operator BSP wykonując lot bezałogowcem, za pomocą którego transportuje krew lub organ niezbędne do przeprowadzenia natychmiastowego zabiegu medycznego, uszkodził znajdującą się na dachu budynku antenę satelitarną, która spadła następnie na przechodnia, skutkiem czego było wystąpienie u niego niezagrażających życiu i zdrowiu obrażeń ciała. Podobnie w sytuacji użytkowania dronów do działań związanych z ochroną bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, poszukiwawczych lub ratowniczych, gdyby w ich trakcie doszło do uszkodzenia mienia również operator BSP z uwagi na stan wyższej konieczności nie będzie ponosił odpowiedzialności karnej.

W takich okolicznościach nie sposób przypisać operatorowi BSP odpowiedzialności karnej za przestępstwa uszkodzenia mienia z art. 288 § 1 k.k. oraz przestępstwa innego uszczerbku na zdrowiu z art. 157 k.k.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Rozwój technologii BSP jest bardzo dynamiczny. Jako przykład należy wskazać powstały w dniu 2 września 2018 r. na mocy porozumienia prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego (ULC), prezesa Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (PAŻP) oraz Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (GZM) Centralnoeuropejski Demonstrator Dronów (CEDD). Jest to pierwsza w Polsce platforma wymiany wiedzy oraz wsparcia dla pozyskiwania i rozwoju rozwiązań technologicznych, a także płaszczyzna komunikacji i współpracy różnych podmiotów z branży BSP. Polska to jeden z pierwszych krajów w Europie, w którym powstaje tak profesjonalne środowisko do testowania usług oraz technologii bezzałogowych dla różnych zastosowań, w miarę postępującej automatyzacji zarządzania ruchem i autonomii. Zintensyfikowanie zastosowania dronów jest widoczne również w działalności służb mundurowych, jako skuteczne narzędzie do działań związanych z ochroną bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, poszukiwawczych lub ratowniczych, specjalistycznych dotyczących dozoru lub kontroli osób czy mienia. Z użytkowaniem bezzałogowych statków powietrznych przez te podmioty wiąże się nie tylko prawa, ale przede wszystkim obowiązki. Łatwo bowiem operator BSP, nawet nieumyślnie, może narazić się na odpowiedzialność cywilną, jak również karną. Kary za ww. przestępstwa nie należą do łagodnych. Odpowiedzialności cywilnej operatora BSP na zasadzie ryzyka nie można wyłączyć, jednak z pewnością zachowując odrobinę zdrowego rozsądku i ostrożności można zminimalizować ryzyko wystąpienia sytuacji, w której odpowiadać będzie za szkodę wyrządzoną przez sterowanego przez niego drona. Ważnym jest zatem ciągła edukacja i podnoszenie świadomości prawnej użytkowników dronów, zwłaszcza tych, którzy wykonują loty rekreacyjne i sportowe. Z drugiej strony należy również stworzyć organom bezpieczeństwa i ścigania odpowiednie środki oraz możliwości celem skutecznego reagowania na przypadki łamania obowiązujących przepisów w zakresie użytkowania bezzałogowych statków powietrznych. Koniecznym jest również doprecyzowanie przepisów prawa w zakresie, w jakim przedstawiciele służb mundurowych wykorzystujący w swojej działalności bezzałogowe statki powietrzne nie będą podlegali odpowiedzialności karnej lub cywilnej. Rozważyć należy w tym obszarze stworzenie odpowiedniego katalogu przypadków wyłączających odpowiedzialność pracowników Policji czy PSP eksploatujących drony. Na dzień dzisiejszy przepisy prawa – zdaniem autora opracowana – nie są jednoznaczne, co może zniechęcać służby mundurowe do szerszego zastosowania dronów w swojej działalności. Przy dokonywaniu zmian legislacyjnych na uwadze należy jednak mieć obowiązki, jakie stawia przed ustawodawcą nowe prawo unijne⁹.

⁹ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. UE L 152 z 11.6.2019 r.).

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

Each year in Poland you can observe a growing interest in unmanned aerial vehicles. First of all, the upward trend concerns operations performed with the use of drones for the purposes other than recreational or sports (so-called commercial). This is confirmed, for example, by the number of qualification certificates issued in accordance with art. 95 par. 2 point 5 a of the Act – Aviation Law by the President of the Civil Aviation Authority. According to the data available on the Civil Aviation Office's website, as of 19 April 2019, a total of 6846 UAVO qualification certificates were issued (for UAV operators), of which 352 certificates were issued to women and 6494 certificates were issued to men¹⁰. Three years earlier, as of November 16, 2016, exactly 3523 UAVO qualification certificates were issued. These statistics suggest that the users of drones find them more and more commercially useful. The chances of effective use of unmanned devices in their operations have also been noticed by public and private entities, among others uniformed services, companies, local governments, non-governmental organizations and government agencies. The UAV is not only a “hobby toy”, but a professional tool for operational activities carried out for the purposes related to the protection of internal state security, search or rescue, supervision or protection of people or property. The UAV operator must be aware that in connection with the execution of the flight he or she is exposed to both criminal and civil liability. The aim of this chapter is to familiarize the users of drones, in particular, representatives of uniformed services such as the Police, Border Guard or State Fire Service with the most important issues related to civil and criminal liability for the flights performed by them.

Keywords: unmanned aerial vehicle, BSP, drone, UAS, UAV, operator, UAVO, criminal liability, civil liability, “drone law”

¹⁰ Urząd Lotnictwa Cywilnego, *Raport – liczba ważnych świadectw kwalifikacji UAVO na dzień 19.04.2018 r.*, http://www.ulc.gov.pl/_download/personel_lotniczy/UAV/%C5%9Awiadectwa_kwalifikacji_i_uprawnienia_w_UAVO_wazne_na_dzien_20180419.pdf [dostęp: 7.05.2019].

BIBLIOGRAFIA

- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. (Dz. U. poz. 440) w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków wraz załącznikami nr 6, 6 a i 6 b.
- Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. UE L 152 z 11.6.2019 r.).
- Urząd Lotnictwa Cywilnego, *Raport – liczba ważnych świadectw kwalifikacji UAVO na dzień 19.04.2018 r.*, http://www.ulc.gov.pl/_download/personel_lotniczy/UAV/%C5%9Awiadectwa_kwalifikacji_i_uprawnienia_w_UAVO_wazne_na_dzien_20180419.pdf [dostęp: 7.05.2019].
- Urząd Lotnictwa Cywilnego, *Raport – liczba ważnych świadectw kwalifikacji UAVO na dzień 16.11.2016 r.* <http://www.swiatdronow.pl/wp-content/uploads/2016/11/raport-swiadectwa-kwalifikacji-ulc-11-2016.pdf> [dostęp: 30.08.2019].
- Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (Dz. U. Nr 16, poz. 93 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks karny (Dz. U. Nr 88, poz. 553 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze (Dz. U. z 2012 r., poz. 933 z późn. zm.).

Korzyści i zagrożenia związane z wykorzystaniem BSP na lotnisku

Benefits and Risks
Related to the Use of the UAV at the Airport

Piotr Uchroński
AKADEMIA WSB

STRESZCZENIE

Od niedawna rynek bezzałogowych statków powietrznych rozwija się intensywnie zarówno w Polsce, jak i na świecie. Dostęp do tej technologii ma obecnie niemal każdy. BSP mają wiele możliwych zastosowań. Mogą być wykorzystywane nie tylko w ochronie obiektów, ale także w logistyce czy kontroli inwestycji. Są narzędziem, które zarówno poszerza zakres oferowanych usług, jak i znacząco obniża koszty działalności. Nic więc dziwnego, że rozważa się wykorzystanie tych urządzeń również na lotnisku. Technologia bezzałogowych statków lotniczych ma ogromny potencjał w przypadku systemów bezpieczeństwa portu lotniczego. Do patrolowania terenu, którego ochroną dotychczas zajmowało się nawet kilkaset osób, obecnie można użyć tylko jednego BSP. Możliwe jest bowiem zdefiniowanie automatycznej trasy przelotu wykonywanego przez dron bez udziału operatora oraz przypisanie mu ściśle określonych zadań do wykonania. Drony to również narzędzie, które skutecznie potrafi wspomagać pracę człowieka przy jednoczesnym wyeliminowaniu czynnika ludzkiego. O skuteczności BSP świadczy jednak nie sam fakt, iż znajduje się on w posiadaniu odpowiednich służb, lecz wykorzystywane specjalistyczne oprogramowanie, w które wyposażony jest BSP. Połączenie technologii, oprogramowania oraz brak ograniczeń percepcji typowych dla czynnika ludzkiego stanowi o przewadze tej technologii w stosunku do istniejących rozwiązań. Niniejsza praca, na przykładzie BSP, ma za zadanie pokazać korzyści, ale również ryzyka związane z korzystaniem z nowych technologii oraz konsekwencje (prawne, organizacyjne i techniczne) o skali globalnej, jakie niesie ze sobą włączenie tego narzędzia do codziennego życia.

Słowa kluczowe: dron, bezzałogowy statek powietrzny, lotnisko, bezpieczeństwo

WSTĘP

Jeszcze kilkanaście lat temu możliwość zakupu bezzałogowego statku powietrznego przez osobę cywilną była ograniczona ze względu na wysokie koszty. Wykorzystywało go głównie wojsko. Nie było więc konieczności uregulowania sprzedaży i użytkowania dronów odrębnymi przepisami. W krótkim czasie drony stały się jednak dostępne dla szerszej grupy odbiorców. Są obecnie używane m.in. do fotografowania i filmowania z powietrza, monitoringu dużych obszarów, ochrony przeciwpożarowej, a także w celach rekreacyjnych.

Zapewnienie bezpieczeństwa społeczeństwu jest jednym z podstawowych zadań nałożonych nie tylko na służby państwowe, ale również na podmioty użyteczności publicznej, takie jak np. lotniska. W dobie nasilonych zagrożeń terrorystycznych, kiedy celem ataku jest przede wszystkim dokonanie jak największych szkód, niezwykle istotne jest zapewnienie możliwości szybkiego wykrywania zagrożeń i skutecznego eliminowania ryzyka wystąpienia niebezpieczeństwa.

Jednym z wielu miejsc wymagających wzmożonej ochrony przed aktami bezprawnej ingerencji jest lotnisko, gdzie wykonywane operacje lotnicze poprzedzone są licznymi i rygorystycznymi procedurami związanymi z zapewnieniem bezpieczeństwa korzystającym z lotniska pasażerom. Ustawowa definicja lotniska (art. 2 ust. 4 ustawy Prawo lotnicze)¹ zobowiązuje podmiot zarządzający do spełnienia wielu wymogów formalnych i organizacyjnych mających na celu zapewnienie bezpiecznego wykonywania operacji lotniczej. Jednym z takich właśnie obowiązków jest przeciwdziałanie szeroko rozumianym aktom nieuprawnionej ingerencji, które polegają na bezprawnym i celowym (art. 2 ust. 10 u.p.l.):

- a) użyciu w czasie lotu statku powietrznego przemocy przeciwko osobie znajdującej się na jego pokładzie, jeżeli akt ten może zagrozić bezpieczeństwu tego statku;
- b) zniszczeniu statku powietrznego albo spowodowaniu jego uszkodzeń, które uniemożliwiają lot lub mogą stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa tego statku;
- c) umieszczeniu na pokładzie statku powietrznego przedmiotu, urządzenia lub substancji, które mogą zagrozić zdrowiu lub życiu pasażerów bądź załogi, lub zniszczyć statek powietrzny albo spowodować jego uszkodzenia, mogące uniemożliwić jego lot lub stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa tego statku powietrznego w czasie lotu;
- d) porwaniu statku powietrznego z załogą i pasażerami na pokładzie lub bez nich, również w celu użycia statku powietrznego jako narzędzia ataku terrorystycznego z powietrza;
- e) zniszczeniu lub uszkodzeniu urządzeń naziemnych lub pokładowych, zakłóceniu ich działania, w przypadku gdy powoduje to znaczne zakłócenie ruchu lotniczego lub zagrożenie dla bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego;

¹ Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. Nr 130, poz. 1112 z późn. zm.), dalej: u.p.l.

- f) przekazaniu nieprawdziwej informacji, która powoduje zagrożenie osób i mienia w komunikacji lotniczej;
- g) zniszczeniu albo poważnym uszkodzeniu urządzeń na lotnisku, powodującym znaczne zakłócenia ruchu lotniczego lub funkcjonowania lotniska lub zagrożenie bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym.

Zarządzający, w celu przeciwdziałania ww. sytuacjom, ma do dyspozycji środki techniczne i kadrowe, które służą do: wykonywania kontroli bezpieczeństwa osób i bagażu, patrolowania terenu lotniska, weryfikacji na PKB uprawnień osób wchodzących na teren zastrzeżony lotniska, i wielu innych działań służących do wykrywania ewentualnych zagrożeń. Obowiązujący system prawny ochrony lotnisk nakłada na zarządzającego lotniskami obowiązek realizowania określonych zadań w celu zapewnienia wymaganego standardu bezpieczeństwa. Standardy te jednak cechują się różną skutecznością w zakresie wykrywania zagrożeń. Ocena tej skuteczności stanowi podstawę do określenia poziomu bezpieczeństwa danego lotniska. Z tego też powodu na lotniskach wdraża się, oprócz wyznaczonych przez ustawodawcę wymogów, inne narzędzia, systemy teleinformatyczne, które wykorzystując zaawansowaną technikę, wspomagają odpowiedzialne za bezpieczeństwo służby w realizacji ich podstawowych zadań.

Zgodnie z aktualnym stanem prawnym jakość realizowanej ochrony utrzymywana jest m.in. poprzez liczne szkolenia i ćwiczenia cyklicznie przeprowadzane nie tylko dla służb ochrony, ale również dla całego personelu zatrudnionego na lotnisku. Podstawą do ich realizacji jest rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki morskiej z dnia 20 września 2013 r. w sprawie Krajowego Programu Szkolenia w zakresie ochrony lotnictwa cywilnego², zobowiązujące zarządzającego do systematycznej edukacji personelu zatrudnionego na lotnisku. Szkolenia i ćwiczenia mają głównie na celu uświadomić pracownikom lotniska zagrożenia, z jakimi mogą się spotkać podczas wykonywanych obowiązków zawodowych oraz przekazać wiedzę na temat reagowania na zauważone nieprawidłowości i powiadamiania o nich właściwych służb.

BSP jako narzędzie bezprawnej ingerencji

Dynamiczny rozwój technologii sprawia jednak, że rosną również możliwości dokonywania aktów bezprawnej ingerencji w sposób nieuchwytny dla oka ludzkiego, aż do chwili powstania ich skutków. Sama wiedza na temat możliwych zagrożeń dla bezpieczeństwa nie jest wystarczająca. Coraz częściej daje się zauważyć konieczność wspierania działań osób w wykrywaniu potencjalnych niebezpieczeństw systemami informatycznymi, które pozbawione ograniczeń typowych dla czynnika ludzkiego, takich jak niedostateczna widoczność, odległość, zmęczenie czy też czas weryfikacji zdarzenia, nieustannie analizują przestrzeń według precyzyjnie zadanych parametrów. Przykła-

² Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 20 września 2013 r. w sprawie Krajowego Programu Szkolenia w zakresie ochrony lotnictwa cywilnego (tekst jedn.: Dz. U. z 2016 r., poz. 1852).

dem takich rozwiązań może być bezzałogowy statek powietrzny, potocznie zwany dromem. Jest to w chwili obecnej najbardziej popularne w kategorii gadżetów służących do zabawy narzędzie, którego wykorzystanie do codziennej pracy służb (ochrony, porządkowych, ratowniczych) nie jest jeszcze dostatecznie docenione.

Wzrost liczby bezzałogowych statków powietrznych używanych zarówno w celach rekreacyjnych, jak i komercyjnych powoduje określone konsekwencje dla ryzyka wystąpienia zagrożeń w lotnictwie cywilnym. Analiza ekspertów wykonana na podstawie danych z ECR wykazała 3343 zdarzeń związanych z dronami w latach 2007–2017, z których 59 zostało sklasyfikowanych jako wypadki – tabela 1.

Tabela 1. Statystyka zdarzeń i ofiar z udziałem BSP w ujęciu porównawczym dla Polski i państw członkowskich EASA (dane za lata 2007–2017)

Okres	Wypadki śmiertelne	Wypadki bez ofiar śmiertelnych	Poważne incydenty
2007–2016 EASA	0	42	58
2017 EASA	0	17	17
2007–2016 PL	0	0	1
2017 PL	0	0	0

Okres	Ofiary śmiertelne	Poważne obrażenia ciała
2007–2016 EASA	0	0
2017 EASA	0	0
2007–2016 PL	0	0
2017 PL	0	0

Źródło: ULC.

Wzrost liczby wypadków bez ofiar śmiertelnych i poważnych incydentów świadczy przede wszystkim o szybkim wzroście liczby operacji UAS. Niestety nie ma możliwości dokładnego określenia skali operacji UAS. Niemniej już bardzo niepełne dane od producentów i pośredników handlujących takim sprzętem świadczą o tym, że w Europie lata ich co najmniej kilkanaście/kilkadziesiąt milionów (przy czym ogromna większość z nich to niewielkie maszyny o masie poniżej 0,5 kg i odpowiednio niskich osiągnięciach). Nieco cięższych maszyn – o masie w zakresie do 2 kg – może być jednak nawet kilkaset tysięcy³.

W tym miejscu poruszyć należy bardzo ważny temat dotyczący możliwości wykorzystania BSP jako środka transportu niebezpiecznych przedmiotów i substancji. Regulacje prawne nie są w stanie uchronić obiektów użyteczności publicznej przed celowym działaniem człowieka, który planuje dokonać aktu terrorystycznego z użyciem nowości technologicznych ułatwiających mu realizację celu przy minimalizacji ryzyka

³ *Biała Księga Rynku Bezzałogowych Statków Powietrznych*, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2019.

niepowodzenia. Takim właśnie urządzeniem jest dron. Operator ma możliwość precyzyjnego sterowania BSP z odległości kilku kilometrów od zamierzonego celu. Brak w powszechnym użyciu systemów detekcji tego typu zagrożeń wpływa na wysokie prawdopodobieństwo powodzenia zamachu. Celem może być każdy obiekt, w tym użyteczności publicznej. Podkreślić należy, że działania terrorystyczne opierają się przede wszystkim na wprowadzeniu w społeczeństwie poczucia strachu, zagrożenia, chaosu organizacyjnego i medialnego. Od lat często wybieranym miejscem do ataku są lotniska. Ich międzynarodowy charakter, skala wszelkich incydentów, mających swe odbicie w środkach masowego przekazu nagłaśniających każde tego typu zdarzenie, powoduje, że działania terrorystyczne nakierowane są na wykorzystanie wszelkich dostępnych technologii mogących zakończyć powodzeniem planowany zamach.

Zagrożenie bezpieczeństwa płynące z rozwoju technologii szczególnie jest zauważalne na lotniskach. Istnieje tutaj potrzeba pilnego wdrożenia systemów alarmowania o zagrożeniu i neutralizacji. Nie budzi wątpliwości, że bezpieczeństwo osób, pasażerów stanowi priorytet w działalności każdego podmiotu. Niezwykle ważne jest, aby zapewnić skuteczną ochronę przed wszelkimi aktami bezprawnej ingerencji i co najbardziej istotne, aby ochrona ta uwzględniała zagrożenia, jakie niosą ze sobą powszechnie dostępne urządzenia. Trudność w prewencyjnym działaniu służb ochrony na rzecz zabezpieczenia przez nieuprawnioną ingerencją BSP polega głównie na czasie reakcji w przypadku otrzymania informacji o potencjalnym zagrożeniu. BSP, w zależności od modelu, może poruszać się praktycznie bez dźwięku z prędkością kilkudziesięciu kilometrów na godzinę i może przenieść ładunek o masie od kilku do kilkunastu kilogramów. Przenosząc to na realia lotniskowe, oczywiste jest, że wykrycie zagrożenia w momencie, kiedy ono pojawia się na lotnisku jest działaniem dalece spóźnionym, a możliwość zapobiegnięcia konsekwencjom ataku jest praktycznie zerowa. BSP wyposażony w ładunek wybuchowy o masie kilku kilogramów jest tak samo niebezpieczny dla startującego/łądującego samolotu jak pozostawiona w terminalu pasażerskim walizka wypełniona materiałem wybuchowym. Zdefiniowanie tego ryzyka powoduje konieczność wdrożenia działań mających na celu jego minimalizację. W tym też celu określa się przydatność wykorzystania tych samych narzędzi do wykrywania i przechwytywania/neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych. Urządzenia te wyposażane są w profesjonalne rozwiązania, które potrafią automatycznie uruchomić detekcję wybranych paramentów. W zależności od celu, jaki chce się osiągnąć lub zachowań, jakie chce się wykryć, urządzenia te w pracy dla służb ochrony mogą być wyposażone w kamery termowizyjne, czujniki monitorujące przestrzeń w celu wykrycia „obcych” BSP oraz specjalne siatki do ich przechwytywania. To tylko niektóre z wielu funkcji, jakie mogą być zainstalowane na dronie. Są one alternatywą dla tradycyjnie wykonywanych patroli wokół lotniska, gdzie liczne czujniki i kamery precyzyjnie oceniają integralność ogrodzenia, obecność osób postronnych czy też badają stan nawierzchni drogi startowej. Możliwych zastosowań BSP jest coraz więcej. Lotnisko jest tylko jednym z przykładów. Na platformie BSP można umieścić systemy dedykowane do realizacji konkretnego rodzaju zadań, takich chociażby jak kontrola

prędkości w ruchu drogowym, czy też kontrola trakcji kolejowych. Z uwagi na brak ograniczeń związanych z infrastrukturą drogową, BSP jest idealnym rozwiązaniem do monitorowania trudno dostępnych miejsc, gdzie tradycyjna inspekcja jest znacznie ograniczona lub wręcz niemożliwa. Urządzenie to może mieć zastosowanie do monitorowania ruchu drogowego i niwelowania zatorów na drogach, jak również może wspomagać akcje przeciwdziałania kryzysowego, gdzie transmisja na żywo obszaru kryzysu znacznie ułatwia zarządzanie kryzysem i pozytywnie wpływa na czas reagowania kryzysowego.

Również nieocenione korzyści może przynieść wykorzystanie BSP na lotnisku. Istnieje wiele obszarów, gdzie BSP z powodzeniem znajdzie zastosowanie. Należą do nich np.:

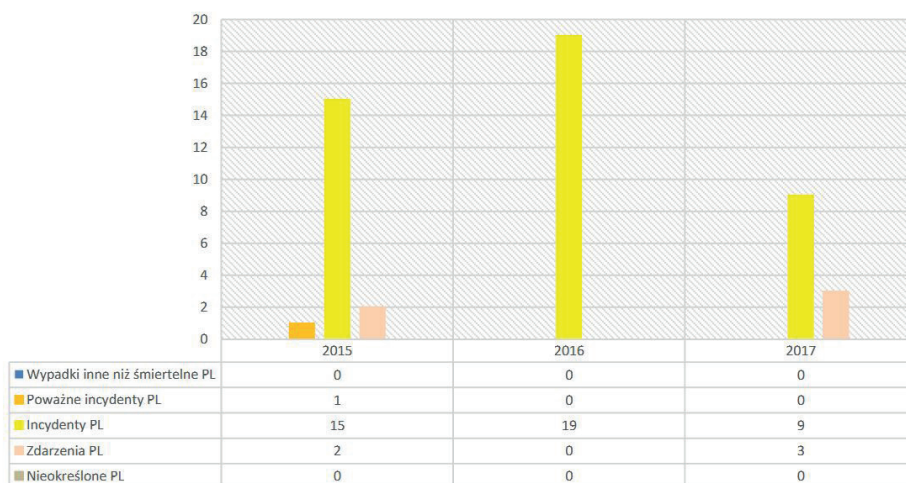
- monitorowanie i rejestrowanie ruchu zwierząt w obrębie lotniska (ptaki i dzika zwierzyna);
- monitorowanie pola manewrowego;
- prowadzenia inspekcji pod kątem zanieczyszczeń nawierzchni drogi startowej obcymi przedmiotami (FOD);
- monitorowanie operacji lotniczych przy wprowadzeniu procedury LVP;
- monitorowanie sprawności i stanu technicznego oświetlenia lotniczego;
- monitorowanie wyposażenia lotniskowego, stanu technicznego sprzętu lub elementów infrastruktury;
- stały nadzór oraz monitoring nad przestrzeganiem obowiązujących procedur i stanem zabezpieczeń;
- patrolowanie terenu lotniska;
- wykrywanie obecności ludzi lub zwierząt na wyznaczonej części lotniska;
- analiza ciągłości ogrodzenia lotniska;
- wykrywanie promieniowania radiacyjnego;
- odstraszanie ptactwa;
- pomiar natężenia ruchu pojazdów i analiza potrzeb infrastruktury parkingowej;
- wykonywanie szczegółowych zdjęć topografii lotniska;
- przeciwdziałanie aktom bezprawnej ingerencji.

Wykorzystanie tego narzędzia w codziennej pracy służb ochrony zostało zweryfikowane podczas realizowanych na terenie MPL Katowice ćwiczeń z udziałem służb państwowych, takich jak: Służba Ochrony Lotniska, Policja, Straż Graniczna, wojsko, Lotniskowa Służba Ratowniczo-Gaśnicza. Ćwiczenia realizowane były w dniu 19.04.2016 r. pod kryptonimem „Akt Terrorystyczny”, gdzie jeden z epizodów polegał na wykryciu i neutralizacji „obcego” drona przewożącego atrapę ładunku wybuchowego i kierującego się w stronę samolotów zaparkowanych na płycie postojowej lotniska. Wykorzystany w czasie ćwiczeń bezzałogowy statek powietrzny wyposażony był w szereg czujników i kamer, które pozwalały na natychmiastową detekcję zbliżającego się bezzałogowego statku powietrznego i śledzenie toru jego lotu. Kolejnym etapem działań operatora było przechwycenie BSP za pomocą siatki w bezpiecznej odległości od operujących na lotnisku statków powietrznych.

Ćwiczenie potwierdziło konieczność kontynuowania działań w kierunku rozwoju technologii pozwalającej na wczesną detekcję niezidentyfikowanych obiektów oraz jednoznacznie wskazało przydatność urządzenia w procesie planowania systemu ochrony lotniska. Dzięki wykorzystaniu BSP możliwa jest identyfikacja zbliżającego się obiektu z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym pozwalającym na skuteczną reakcję i przeciwdziałanie tego typu aktom bezprawnej ingerencji.

Potwierdzeniem istnienia realnego zagrożenia dla polskiego lotnictwa cywilnego ze strony BSP są dostępne dane statyczne ze zdarzeń powstałych z udziałem dronów – ryc. 1.

Z danych ujętych na rycinie 1 wynika, że zarówno w roku 2016, jak i 2017 w Polsce nie doszło do żadnych wypadków czy też poważnych incydentów z udziałem BSP. Jednocześnie odnotowano w tym okresie 28 incydentów w przestrzeni powietrznej. Optymistyczny pozostaje fakt, iż na przestrzeni trzech lat (2015–2017) nie stwierdzono tendencji wzrostowej zdarzeń z udziałem BSP.



Ryc. 1. Zdarzenia z udziałem BSP w Polsce [dane za lata 2015–2017]
Źródło: ULC.

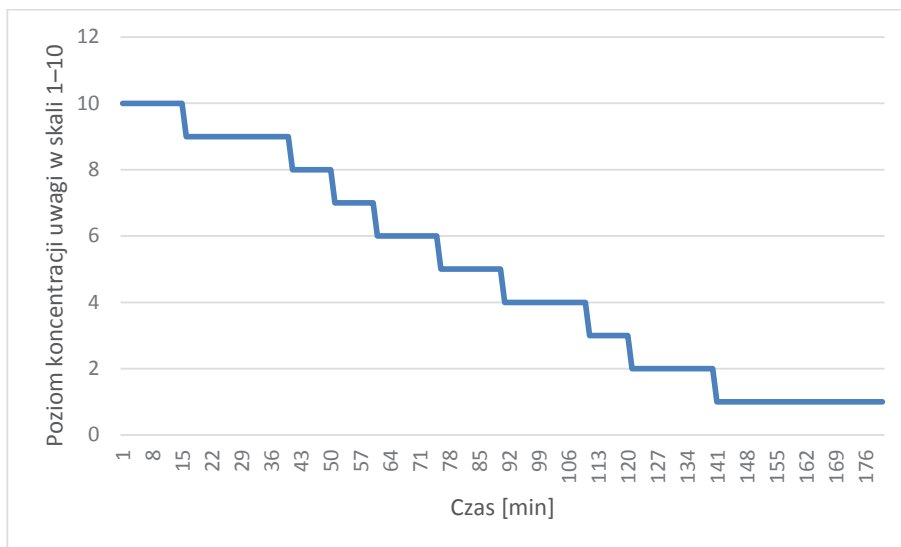
Nowe technologie a percepcja człowieka

Za wykorzystaniem inteligentnych systemów służących do wykrywania zagrożeń (w tym przypadku z użyciem dronów) przemawia też czysto ludzka zależność, jaką jest zdolność percepcji człowieka. Ograniczenia człowieka wynikające z jego możliwości percepcji wzroku, słuchu oraz ograniczeń psychofizycznych, takich jak zmęczenie, znużenie, nastawienie do realizowanych obowiązków, powodują, że skuteczność wykonywanych zadań związanych z zabezpieczeniem chronionego obszaru będzie zdecydowanie mniejsza. Hipotezę powyższą można zweryfikować na przykładzie porównania możliwości detekcji zagrożenia przez pracownika ochrony i dedykowany do tego celu system elektroniczny.

Wyniki specjalistycznych badań naukowych wskazują⁴, że oko ludzkie jest w stanie obserwować w tym samym czasie jedynie niewielki zakres przestrzeni. Zakres ten ulega stopniowemu zmniejszeniu w miarę zwiększania odległości od obiektu oraz jego przemieszczania się w pionie i poziomie, a więc zmiany kąta względem oka. Zmienia się również zdolność postrzegania obiektów w przestrzeni, co wpływa na możliwości ich rozpoznawania i identyfikowania.

Obraz widziany ludzkim okiem jest więc silnie zróżnicowany. W różnym stopniu, w zależności od położenia obiektu, możemy rozpoznawać jego kolory i kształty. W najszerszych polach widzenia człowiek może stwierdzić obecność poruszającego się obiektu, rozpoznać jego kształt, a nawet kolor, jednak identyfikacja obiektu będzie możliwa jedynie w chwili bezpośredniego skierowania wzroku na dany przedmiot. Jeśli dodamy do tego opisane wyżej ograniczenia psychofizyczne człowieka oraz fakt, iż nie jest możliwe utrzymanie stałej uwagi pracownika skierowanej na detekcję ewentualnego obiektu (BSP), który może stwarzać zagrożenie dla chronionego obszaru, otrzymamy faktyczną ocenę skuteczności detekcji nieautoryzowanych bezzałogowych statków powietrznych wyrażoną w jednostce czasu. Sytuację tę możemy porównać do czasu reakcji pracownika monitoringu obserwującego na ekranie monitorów obraz z kamer telewizji przemysłowej. Jego zdolność percepcji zależna jest oczywiście w tym przypadku od wielu czynników, w tym liczby kamer czy też zdolności psychofizycznych pracownika. Zakres tej pracy nie obejmuje badań związanych z możliwościami i ograniczeniami psychofizycznymi człowieka, ponieważ stanowi to przedmiot badań zupełnie odrębnej dziedziny nauki, jaką jest psychologia. Na podstawie jednak prostych analiz możemy wykazać ograniczenia wynikające z czynnika ludzkiego, które mają wpływ na skuteczność realizowanych przez człowieka zadań. W tym celu w grudniu 2016 r. przeprowadzono badania ankietowe z udziałem 20 pracowników dozoru technicznego, których obowiązki zawodowe sprowadzają się głównie do analizy obrazu z kamer telewizji przemysłowej MPL Katowice. Pracownicy mają obowiązek reagowania na wszelkie zauważone nieprawidłowości mające wpływ na bezpieczeństwo lotniska. Badanie polegało na ocenie w skali od 0 – min. do 10 – max. poziomu koncentracji pracownika w jednostce czasu. Większość badanych wskazała, iż największy poziom koncentracji pracownika jest zauważalny w pierwszych 30 min. W miarę upływu czasu pracownik analizuje obraz z kamer z coraz mniejszą uwagą, gdzie po upływie 2 godz. pracy wartość ta jest bliska minimalnej skali. Zaznaczyć należy, że analizowana była sytuacja, w której w podanym przedziale czasowym nie zaobserwowano zdarzeń wymagających interwencji pracownika monitoringu. Zależność poziomu koncentracji pracownika od upływu czasu przedstawia ryc. 2.

⁴ www.biecek.pl [dostęp: 7.05.2019].



Ryc. 2. Zdolność percepcji pracownika monitoringu
Źródło: opracowanie własne.

Aby porównać skuteczność detekcji przez człowieka zagrożeń związanych z pojawieniem się nad obiektem chronionym nieuprawnionego bezzałogowego statku powietrznego, należy ją odnieść do możliwości detekcji tych samych zagrożeń przez dedykowane do tego systemy elektroniczne.

Na rynku istnieje już kilka rozwiązań technicznych pozwalających na wykrycie zbliżającego się bezzałogowego statku powietrznego. Wyróżnić tutaj należy takie rozwiązania, jak⁵:

1. Detekcja Audio

Polega ona na wykrywaniu charakterystycznych częstotliwości z zakresu infradźwięków. Są one emitowane np. poprzez obrót śmigieł i zbierane przez system w postaci cyfrowej interpretacji sygnału akustycznego (PCM). Są to tzw. sygnatury akustyczne. Im więcej sygnatur w bazie oprogramowania urządzenia, tym dokładniej identyfikowany jest dron.

Mała amplituda emitowanych przez dron dźwięków, jak również często występujący dźwięk tła wpływają jednak na odległość wykrycia. Zazwyczaj jest to maksymalnie ok. 50 m przy średnich zakłóceniach zewnętrznych w postaci dodatkowego tła akustycznego.

2. Detekcja Wideo

Polega na wrywaniu ruchu obiektu na tle statycznego obrazu (jakim jest obraz terenu). Istnieje wiele algorytmów detekcji ruchu. Problemem jest przede wszystkim mała różnica kontrastu pomiędzy dronem a tłem oraz sama wielkość BSP w stosunku do wielkości obrazu.

⁵ <http://www.anti-drone.pl/informacje/rozwiwania> [dostęp: 21.07.2019].

Należy zwrócić uwagę, że przy stałej ogniskowej obiektywu kamery na większych odległościach obraz z BSP zajmuje mniejszy wycinek przetwornika kamery (mniej pikseli obrazu). W skrajnych wypadkach może to być jeden piksel. Można oczywiście stosować obiektywy o zmiennej ogniskowej. Niemniej jednak, przy dużej ogniskowej kąt widzenia kamery jest bardzo wąski zarówno w pionie, jak i w poziomie, zmniejsza się więc pole obserwacji (zwiększa jednak odległość tego pola od przetwornika). Przy dużych ogniskowych obiektywu bardzo trudno jest też zachować stabilność układu, co powoduje, że cały obraz jest ruchomy i nie posiada stałych punktów, może też być rozmyty i nieostry. Skutkuje to brakiem możliwości rozpoznania czy identyfikacji.

Przy wykorzystywaniu kamer wideo jako metody detekcji, jej zasięg wynosi obecnie ok. 100 m. W zależności od rozwiązania, oprogramowanie kamery może omyłkowo zidentyfikować dowolny ruch jako ruch BSP. Przykładem mogą być ptaki, które system w pewnych okolicznościach identyfikuje jako BSP. Wpływa to na liczbę fałszywych alarmów, które mogą być generowane przez system.

3. Termowizja

Jest to obraz cieplny obserwowanego obiektu. Istotnym czynnikiem jest tu ilość produkowanego ciepła przez statek latający w zależności od zastosowanego rodzaju napędu. Doskonale widoczne są jednak tylko drony dużych rozmiarów.

Dla dostępnych dronów cywilnych/rekreacyjnych zasięg tego sposobu detekcji wynosi obecnie tylko ok. 100 m. Niewątpliwym plusem tego rozwiązania jest możliwość obserwacji obiektów w całkowitej ciemności oraz przy dużej nieprzejrystości powietrza (mgła, opad). Minusem jest jednak bardzo wysokie prawdopodobieństwo uznania takiego BSP za ptaka.

4. Radar

Oczywistym, znanym od lat, narzędziem wykrywania obiektów latających jest radar. Fale radiowe odbijają się w różny sposób w zależności od długości fali, kształtu oraz skutecznej powierzchni odbicia obiektu. Obszar przeszukiwania radaru to przestrzeń ograniczona maksymalną i minimalną odległością wykrywania oraz szerokością sektora azymutu i kąta elewacji.

W przypadku wykrywania tym sposobem małych obiektów, jak drony, problemem jest wpływ/szkodliwość zastosowanej długości fali na organizmy żywe, jak też wykrywanie dużej ilości obiektów, a co za tym idzie – ilość fałszywych alarmów, np. z powodu ptaków. Zaletą może być duża odległość detekcji. Niewątpliwie na funkcjonalność takiego systemu wpływ ma również ukształtowanie terenu, które dla poprawnego działania systemu radarowego musi być pozbawione wszelkich przeszkód terenowych.

5. Fale radiowe

Cywilne drony mogą spełniać swoje zadania przy wykorzystaniu komunikacji radiowej, w dostępnych pasmach (np. 5,8 GHz). Służy ona nie tylko do łączności i wykonywania poleceń operatora, ale też realizacji innych funkcji potrzebnych do zapewnienia działania urządzenia.

Obecnie jest to podstawowy sposób sterowania tego typu urządzeniami, w dozwolonych i przyjętych dla wszystkich pasmach.

Dzięki detekcji sygnału radiowego, poza alarmem o pojawieniu się dronów, istnieje możliwość pozyskania innych, istotnych z punktu widzenia ochrony informacji, np. dokładne koordynaty obiektu, jak również jego operatora (mogącego sterować dronem z ukrycia), identyfikacja typu urządzenia. W zależności od zastosowanego rodzaju detektora, odległość wykrycia wynosi do kilku kilometrów.

Każdy z wymienionych wyżej sposobów detekcji cechuje się różną skutecznością w zakresie wykrywania bezałogowych statków powietrznych. Skuteczność ta przekłada się bezpośrednio na czas reakcji służb odpowiedzialnych za ochronę danego obszaru, takiego jak: lotnisko, dworzec, obiekt użyteczności publicznej. Należy przy tym pamiętać, że BSP nie dotyczą typowe ograniczenia, z jakimi spotykamy się w komunikacji drogowej, a więc mogą one pokonywać przestrzeń bezpośrednio po prostej prowadzącej do celu. Dodatkowo wyróżniają się dużą prędkością w pokonywaniu zadanego dystansu. Typowy BSP wykorzystywany tylko do celów rekreacyjnych może z powodzeniem osiągnąć prędkość 100 km/h i więcej. Autor rozdziału – przy założeniu, że w momencie popełnienia aktu bezprawnej ingerencji BSP będzie poruszał się z różną prędkością – przeprowadził symulację czasu reakcji na zagrożenie w chwili jego wykrycia. Zależność ta została przedstawiona w tabeli 2.

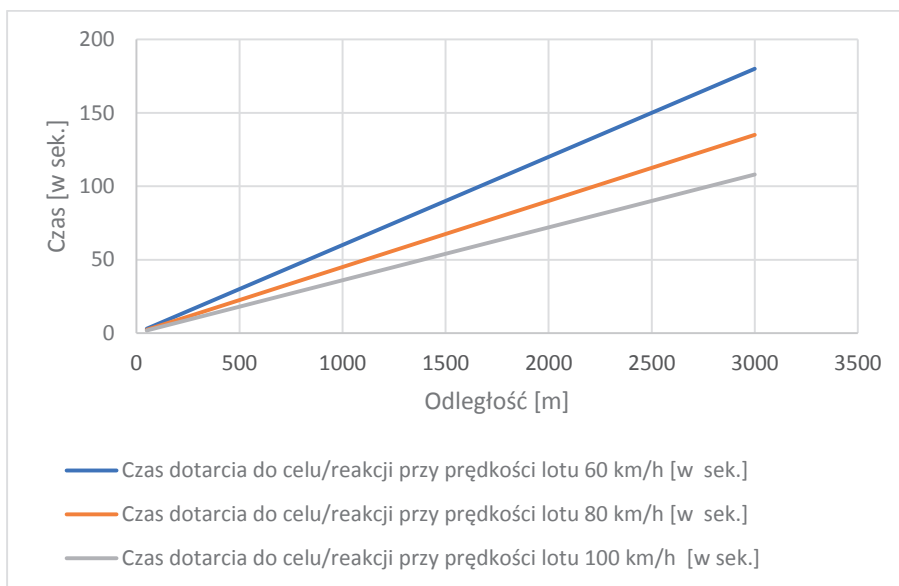
Tabela 2. Zależność pomiędzy odległością BSP od celu a czasem reakcji na zagrożenie

Odległość od celu [m]	Czas dotarcia do celu/reakcji przy prędkości lotu 60 km/h [w sek.]	Czas dotarcia do celu/reakcji przy prędkości lotu 80 km/h [w sek.]	Czas dotarcia do celu/reakcji przy prędkości lotu 100 km/h [w sek.]
3000	180	135	108
2500	150	112,5	90
2000	120	90	72
1500	90	67,5	54
1000	60	45	36
500	30	22,5	18
100	6	4,5	3,6
50	3	2,25	1,8

Źródło: opracowanie własne.

Z danych zestawionych w tabeli 2 wynika, że zagrożenia, jakie może nieść ze sobą BSP, gdy znajduje się on ok. 3 km od celu, pozostawia służbom ochrony max. 3 min na reakcję przy założeniu, że porusza się on z prędkością 60 km/h. Czas ten wykładniczo maleje odwrotnie proporcjonalnie do prędkości BSP. Wiele systemów detekcji dronów pozwala na ich wykrycie w momencie, gdy znajdują się one zaledwie kilkaset metrów od np. lotniska. W zależności od prędkości z jaką porusza się BSP, pracownik ochrony ma zaledwie od ok. 20 do ok. 30 sek. na podjęcie działań zapobiegawczych. Musi w tym

czasie poinformować osoby decyzyjne o zagrożeniu, a następnie podjąć działania w celu jego neutralizacji. Oczywiście jest, że czas na reakcję pracownika jest zbyt krótki, co negatywnie wpływa na poziom bezpieczeństwa chronionego obiektu. Zależność tę w formie graficznej przedstawia ryc. 3.



Ryc. 3. Zależność pomiędzy odległością drona od celu a czasem reakcji służb ochrony
Źródło: opracowanie własne.

Powyższe rozważania jednoznacznie wskazują na dwa oddzielne tematy związane z wykorzystaniem BSP do popełnienia aktu bezprawnej ingerencji, które istotnie wpływają na bezpieczeństwo obiektu użyteczności publicznej. Są to detekcja i neutralizacja zagrożenia. Z uwagi na prędkość, z jaką porusza się bezzałogowy statek powietrzny, w przypadku zidentyfikowania zagrożenia istnieje potrzeba niemalże natychmiastowej reakcji w celu jego wyeliminowania. W chwili obecnej producenci rywalizują w opracowywaniu tzw. systemów antydronowych, które cechują się różną skutecznością wykorzystywanych technik unieszkodliwienia BSP. Najpopularniejsze proponowane metody eliminowania zagrożenia, jakie niesie ze sobą zbliżający się bezzałogowy statek powietrzny, ujęto w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie proponowanych metod neutralizacji BSP

Lp.	Metoda neutralizacji BSP	Charakterystyka
1	Głowica laserowa	Obecnie testowane są systemy o mocy 1–2 kW przeznaczone typowo do walki z małymi dronami. Zasada działania jest następująca: wykrycie celu, następnie ogrzewanie elementu drona wiązką laserową do wystąpienia jego zapalenia się i rozbitcia o ziemię. Z uwagi na swoje znaczenie militarne rozwiązanie to jest niedostępne dla odbiorców innych niż armie państw, w których urządzenia te zostały wyprodukowane
2	Pociski	Wykrycie przez radar BSP powoduje wystrzelenie pocisku, który jest prowadzony na cel przez system namierzania. Najbardziej znanym rozwiązaniem tego typu jest EAPS ID. Technologia tylko militarna stworzona i służąca głównie innym celom niż tylko niszczenie małych dronów
3	Przechwycenie BSP w powietrzu przez inny obiekt latający	Podstawową zasadą tych systemów jest dotarcie drona przechwytyjącego w pobliże drona intruza. Odległość pomiędzy nimi determinuje rodzaj rozwiązania (siatka, wrzucanie wstążki w śmigła, wystrzeliwanie plastikowych kulek)
4	Zestrzelenie przy pomocy broni palnej	Wpływ na skuteczność ma rodzaj użytej broni, warunki oddania strzału i zachowanie drona przed trafieniem (np. wielkość i szybkość). W większości zdarzeń zestrzelone przy pomocy broni palnej drony były w zawisie bądź poruszały się relatywnie wolno
5	Zakłócenie sterowania	Szczegółowy sposób realizowania tego sposobu działania jest wyrazem indywidualnego podejścia danej firmy. Emisja sygnałów dużej mocy w paśmie pracy sterowania jest szumem, który „przykrywa” sygnały właściwe. Do drona nie docierają polecenia z pulpitu sterującego powodując jego reakcję, którą przewidział producent drona w takim wypadku. Efekty mogą być różne, m.in.: powrót drona w miejsce startu, natychmiastowe rozpoczęcie procesu lądowania, spowodowanie jego upadku i rozbitcia

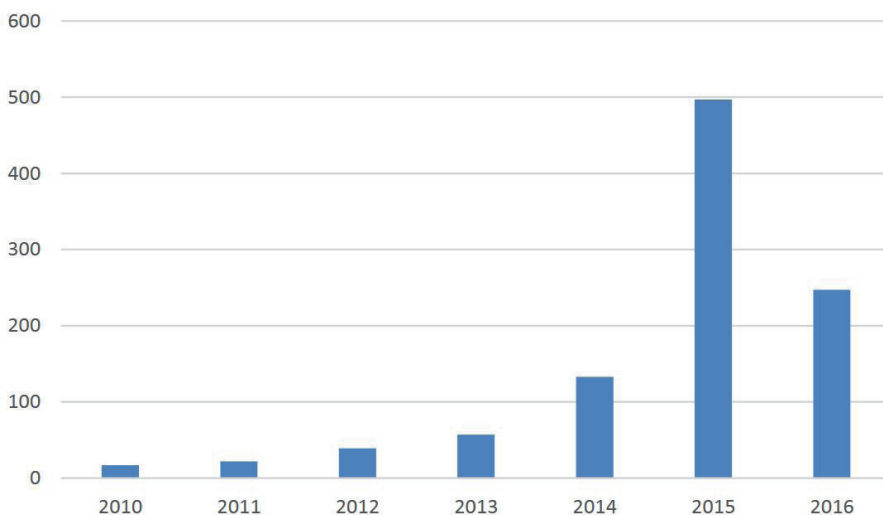
Źródło: <http://www.anti-drone.pl/informacje/rozwiwania> [dostęp: 21.07.2019].

Przedstawione w tabeli 3 sposoby unieszkodliwiania BSP świadczą o pewnego rodzaju procesie, który nadal trwa i którego celem jest opracowanie jak najbardziej skutecznej metody obrony przed atakami z wykorzystaniem BSP. Metody te jednak nie korelują z istniejącym stanem prawnym, który w dużej mierze nie uregulował jeszcze kwestii odpowiedzialności cywilnej i materialnej w przypadku uszkodzenia BSP należącego do osoby trzeciej. Prowadzone tu rozważania dotyczące sposobu zabezpieczenia się przed aktami bezprawnej ingerencji z użyciem drona mają charakter czysto techniczny i abstrahują od możliwości działania, jakie daje zarządzającemu daną infrastrukturą na tym polu ustawodawca. Po części kwestię unieszkodliwiania nieautoryzowanego BSP reguluje ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze, gdzie w art.

126 a, ust. 1 czytamy, że „bezzałogowy statek powietrzny, w tym model latający, może zostać zniszczony, unieruchomiony albo nad jego lotem może zostać przejęta kontrola, w przypadku gdy przebieg lotu lub działanie bezzałogowego statku powietrznego:

- a) zagraża życiu lub zdrowiu osoby,
- b) stwarza zagrożenie dla chronionych obiektów, urządzeń lub obszarów,
- c) zakłóca przebieg imprezy masowej albo zagraża bezpieczeństwu jej uczestników,
- d) stwarza uzasadnione podejrzenie, że może zostać użyty jako środek ataku terrorystycznego”.

Jednocześnie w tym samym akcie prawnym czytamy, że uprawnione do tego są wyłącznie służby państwowe, z wyłączeniem osób fizycznych i prawnych (art. 126 a, ust 2 u.p.l.). Technologia bezzałogowych statków powietrznych jest coraz bardziej popularna i powszechnie dostępna. Taki stan rzeczy niesie za sobą oczywiste korzyści i ułatwienia dla wielu dziedzin działalności gospodarczej, ale również wiąże się z coraz większym prawdopodobieństwem występowania wypadków, incydentów i innych zdarzeń mających ogromny wpływ na bezpieczeństwo publiczne. Mowa tutaj zarówno o działaniach nieumyślnych, wynikających głównie z błędu człowieka, jego nieświadomości konsekwencji działania, jak i działaniach umyślnych, mających na celu doprowadzenie do wystąpienia zdarzenia o charakterze terrorystycznym. Już teraz prowadzone są badania mające na celu śledzenie zmiany popularności występowania bezzałogowych statków powietrznych oraz ocenę ryzyk stąd płynących. Przykładem są badania realizowane przez EASA, w których przedstawiono charakterystykę ryzyka zagrożenia bezpieczeństwa związanego z wykorzystaniem BSP. W układzie graficznym analizę tę ilustruje ryc. 4.



Ryc. 4. Liczba zdarzeń z udziałem BSP w latach 2010–2016
 Źródło: *UAS Safety Risk Portfolio and Analysis*, EASA, 2016, s. 7.

Wynikiem powyższej analizy jest określenie katalogu zdarzeń powstałych w latach 2010–2016 przy użyciu BSP. Określone one zostały jako wypadki, poważne incydenty, incydenty oraz zdarzenia niemające wpływu na bezpieczeństwo. Stosowne dane ujęto w tabeli 4.

Tabela 4. Liczba zdarzeń z udziałem BSP w Polsce (PL) i wszystkich państwach członkowskich EASA w latach 2015–2017

Zdarzenie / Rok	2015	2016	2017
Wypadki inne niż śmiertelne EASA	12	17	17
Poważne incydenty EASA	9	20	17
Incydenty EASA	336	702	999
Zdarzenia EASA	52	65	121
Nieokreślone EASA	14	98	176
Wypadki inne niż śmiertelne PL	0	0	0
Poważne incydenty PL	1	0	0
Incydenty PL	15	19	9
Zdarzenia PL	2	0	3
Nieokreślone PL	0	0	0

Źródło: Sprawozdanie o stanie bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego za rok 2017, ULC, Warszawa 2018, s. 149.

Z danych zestawionych w tabeli 5 wynika, że najczęściej dochodzi do incydentów, które mają określony wpływ na bezpieczeństwo publiczne, w tym lotnictwo cywilne. W tym miejscu należy zaznaczyć, iż w prezentowanym zestawieniu mamy do czynienia wyłącznie z sytuacjami, które nie mają znamion celowego działania o charakterze terrorystycznym. Incydenty te najczęściej są wynikiem błędu człowieka lub niedostatecznej wiedzy na temat zasad korzystania z przestrzeni powietrznej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Rynek lotniczy jest jednym z bardziej dynamicznie rozwijających się sektorów transportu publicznego. Korzyści wynikające z wykorzystania tego środka komunikacji są oczywiste. Brak barier w postaci zatorów drogowych, wydłużonego czasu dotarcia do celu czy komfort i wygoda podróżowania sprawiają, że przedsiębiorcy coraz częściej do transportu osób i ładunków wybierają drogę powietrzną. Zapotrzebowanie na taki sposób transportu ma swoje odzwierciedlenie w statystykach prowadzonych przez instytucje państwowe. Z roku na rok odnotowuje się ciągle i systematyczny wzrost ruchu w komunikacji lotniczej. Zauważalne jest to nie tylko w skali globalnej, ale również w skali naszego kraju. Polskie lotniska odprawiły w roku 2018 ok. 46 mln pasażerów⁶.

⁶ M. Pachowicz, *Raport. Polskie lotniska obsłużyły 46 mln pasażerów w 2018 r.*, <https://www.pasazer.com/news/40391/raport,polskie,lotniska,obslyzyly,46,mln,pasazerow,w,2018,r.html> [dostęp: 29.08.2019].

To o blisko 15% więcej niż w 2017 r. W ujęciu dwunastomiesięcznym wzrosty wykazano właściwie we wszystkich polskich portach lotniczych. Tendencja, jak można założyć, ma skalę stale rosnącą.

Popularność komunikacji lotniczej oraz dostępna technologia umożliwiająca wykorzystanie bezzałogowych, zdalnie sterowanych statków powietrznych do celów prywatnych, sprawiły, że narzędzie to wymaga szczegółowych regulacji prawnych normujących nie tylko zasady korzystania z BSP w przestrzeni powietrznej, ale również odpowiedzialność operatora sterującego tym statkiem. W 2017 r. w Polsce oddano do użytku ponad 100 tys. dronów, co stawia nas w światowej czołówce pod tym względem. Wyniki te wskazują na to, że jesteśmy świadkiem kolejnego kroku w rozwoju świata lotniczego. Transport lotniczy publiczny, jaki znamy, stopniowo jest wypierany przez transport lotniczy indywidualny. Jest to oczywiście proces długotrwały i wymagający dalszego rozwoju technologicznego, prawnego, organizacyjnego, jednakże można pokusić się o twierdzenie, że procesu tego nie będziemy już w stanie zahamować. Bardzo istotne więc jest, aby oprócz samego rozwoju technologicznego, który jest wyznacznikiem postępu i rozwoju cywilizacji, mieć również na uwadze inne aspekty wdrażanych technologii, takie jak bezpieczeństwo społeczeństwa.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

Recently, the UAV market has been developing intensively, both in Poland and worldwide. Currently, almost everyone has an access to this technology. Drones have many possible applications. They can be used not only in the protection of facilities, but also in logistics or investment control. They constitute a tool that both extends the range of services offered and significantly reduces operating costs. It is no wonder then that the use of these devices at the airport is also considered. The technology of unmanned aircraft is of a great potential for airport security systems. Currently only one drone is needed to patrol the area which was previously protected by up to several hundred people. It is possible to define an automatic route of a flight performed by a drone without the participation of an operator. One may also assign it strictly defined tasks to perform. Drones are also a tool that can effectively support human work while eliminating the human factor errors. However, the effectiveness of a drone is not in its possession of the appropriate services, but is in specialised software that the UAV is equipped with. The combination of technology, software and the lack of limitations of perception typical of the human factor determines the advantage of this technology in relation to existing alternative solutions. This work is to show the benefits, but also the risks associated with the use of new technologies such as the UAV and the consequences (legal, organisational and technical) on a global scale that entails the inclusion of this tool in everyday life.

Keywords: drone, unmanned aerial vehicle, airport, security

BIBLIOGRAFIA

Biała Księga Rynku Bezzałogowych Statków Powietrznych, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, luty 2019.

<http://www.anti-drone.pl/informacje/rozwiązania> [dostęp: 21.07.2019].

Pachowicz M., *Raport. Polskie lotniska obsłużyły 46 mln pasażerów w 2018 r.*, <https://www.pasazer.com/news/40391/raport,polskie,lotniska,obsluzily,46,mln,pasazerow,w,2018,r.html> [dostęp: 29.08.2019].

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 20 września 2013 r. w sprawie Krajowego Programu Szkolenia w zakresie ochrony lotnictwa cywilnego (tekst jedn.: Dz. U. z 2016 r., poz. 1852).

UAS Safety Risk Portfolio and Analysis, EASA, 2016.

Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. Nr 130, poz. 1112 z późn. zm.).

www.biecek.pl [dostęp: 7.05.2019].

BSP w poszukiwaniu osób zaginionych w praktyce policyjnej

UAVs in Searching for Missing People
in Police Practise

Rafał Kochańczyk
SZKOŁA POLICJI W KATOWICACH

STRESZCZENIE

Jeszcze kilkanaście lat temu wykorzystanie lekkich BSP¹ kojarzyło się z rekreacją i dobrą zabawą dla amatorów lotniczych nowinek technicznych. Dzisiejsze BSP w postaci quadcopterów, hexacopterów, octocopterów², wielowirnikowców zaangażowane zostały do działań o wiele poważniejszych niż wykonywanie zdjęć z wysokości. BSP wykorzystywane są w Policji od niespełna 10 lat. Jedną z najdłużej wykorzystujących BSP komórek w Policji jest CPOZ, umiejscowione w strukturach Wydziału Poszukiwań i Identyfikacji Osób Biura Kryminalnego Komendy Głównej Policji. Komórka ta odpowiedzialna jest za koordynację, analizę i bezpośrednio wykonywanie czynności w sprawach zaginięć osób, obejmujące swym zasięgiem obszar całego kraju. Oczywiście BSP nie zastąpią załogowych statków powietrznych, ale stanowią alternatywną formę wsparcia – zwłaszcza w rejonach, gdzie nie ma baz Lotnictwa Policyjnego. Szeroka gama możliwości zamontowania na BSP takich podzespołów, jak: termowizja, noktowizja, aparaty fotograficzne, kamery, bezpośrednia transmisja obrazu i wielu innych, stwarzają wręcz nieograniczone warunki do wykorzystania przez służby mundurowe.

Słowa kluczowe: bezzałogowe statki powietrzne, działania poszukiwawcze, osoba zaginiona, Policja

¹ W polskim systemie prawnym pojęcie dron nie istnieje – o czym świadczy między innymi zapis ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. – Prawo lotnicze (tekst jedn.: Dz. U. z 2018 r., poz. 1183, 1629, 1637), gdzie mowa jest o bezzałogowych statkach powietrznych (BSP).

² Nazwy pochodzą od liczby ramion z umieszczonymi na nich silnikami: quadcopter – 4 ramiona, hexacopter – 6 ramion, octocopter – 8 ramion.

WSTĘP

Policja jako umundurowana i uzbrojona formacja służąca społeczeństwu, przeznaczona do ochrony bezpieczeństwa ludzi oraz utrzymywania bezpieczeństwa i porządku publicznego na podstawie przepisów prawa ma postawione przed sobą zadania, do których należą m.in.³:

- ochrona życia i zdrowia ludzi oraz mienia przed bezprawnymi zamachami naruszającymi te dobra;
- ochrona bezpieczeństwa i porządku publicznego, w tym zapewnienie spokoju w miejscach publicznych oraz w środkach publicznego transportu i komunikacji publicznej, w ruchu drogowym i na wodach przeznaczonych do powszechnego korzystania;
- inicjowanie i organizowanie działań mających na celu zapobieganie popełnianiu przestępstw i wykroczeń oraz zjawiskom kryminogennym i współdziałanie w tym zakresie z organami państwowymi, samorządowymi i organizacjami społecznymi;
- prowadzenie działań kontrterrorystycznych;
- wykrywanie przestępstw i wykroczeń oraz ściganie ich sprawców;
- ochrona obiektów stanowiących siedziby członków Rady Ministrów, z wyłączeniem obiektów służących Ministrowi Obrony Narodowej i Ministrowi Sprawiedliwości, wskazanych przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych;
- nadzór nad specjalistycznymi uzbrojonymi formacjami ochronnymi w zakresie określonym w odrębnych przepisach;
- kontrola przestrzegania przepisów porządkowych i administracyjnych związanych z działalnością publiczną lub obowiązujących w miejscach publicznych;
- współdziałanie z Policjami innych państw oraz ich organizacjami międzynarodowymi, a także z organami i instytucjami Unii Europejskiej na podstawie umów i porozumień międzynarodowych oraz odrębnych przepisów;
- gromadzenie, przetwarzanie i przekazywanie informacji kryminalnych;
- prowadzenie zbiorów danych zawierających informacje gromadzone przez uprawnione organy o odciskach linii papilarnych osób, niezidentyfikowanych śladach linii papilarnych z miejsc przestępstw oraz o wynikach analizy DNA.

Policja realizuje także zadania wynikające z:

- przepisów prawa Unii Europejskiej oraz umów i porozumień międzynarodowych na zasadach i w zakresie w nich określonych⁴;

³ Opracowano na podstawie art. 1 ustawy z dnia 6 kwietnia 1990 r. o Policji (tekst jedn.: Dz. U. z 2017 r., poz. 2067 z późn. zm.).

⁴ Zob. rozporządzenia ustanawiające wspólnotowy kodeks zasad regulujących przepływ osób przez granice (kodeks graniczny Schengen): Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/399 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie unijnego kodeksu zasad regulujących przepływ osób przez granice (kodeks graniczny Schengen) (Dz. Urz. UE L 77, z 23.3.2016, s. 1–52), Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2219 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie Agencji Unii Europejskiej ds. Szkolenia w Dziedzinie Ścigania (CEPOL) raz zastępujące i uchylające decyzję Rady 2005/681/WSiSW (Dz. Urz. UE z 4.12.2015, s. 1–20).

- ustawy z dnia 9 marca 2017 r. o systemie monitorowania drogowego i kolejowego przewozu towarów⁵.

Z powyższego katalogu można wyselekcjonować zadania, które mogą być realizowane przy pomocy bezzałogowych statków powietrznych, polegających między innymi na:

- wsparciu działań poszukiwawczych osób zaginionych;
- wsparciu działań pościgowych;
- wsparciu ruchomych stanowisk dowodzenia;
- wykrywaniu źródeł zanieczyszczeń obiektów, terenu, wód;
- monitorowaniu prowadzonych akcji ratowniczych w warunkach szkodliwych dla funkcjonariuszy;
- nadzorze nad ruchem drogowym;
- nadzorze nad obszarami, gdzie występują duże skupiska ludzi – na przykład na otwartych przestrzeniach czy też w halach dworcowych lub odlotu na lotniskach;
- śledzeniu ruchomych celów;
- nadzorze nad przemieszczaniem się uczestników imprez masowych;
- penetracji pomieszczeń;
- rozpoznaniu pirotechnicznym;
- neutralizacji podejrzanych ładunków;
- rozpoznaniu i obserwacji terenu;
- dokumentowaniu miejsc po zaistniałych katastrofach i awariach technicznych;
- bezpośrednim wsparciu zadań szkoleniowych i bojowych;
- rekonstrukcji zdarzeń drogowych;
- prowadzeniu akcji wywiadowczych;
- niejawnej obserwacji terenu;
- patrolowaniu nadzorowanego terenu;
- monitorowaniu stref przygranicznych.

Dopuszczalność stosowania BSP

Należy zaznaczyć, że zgodnie z konstytucyjną zasadą⁶, wszelkie działania Policji muszą mieć oparcie w przepisach prawa. Tym samym zarówno zasady szkolenia, jak i wykorzystywania BSP podlegają obowiązującym w tym zakresie uregulowań prawnych. W kontekście tytułu niniejszej monografii uzasadnione jest spojrzenie także na aspekt produkcji. Podmiot zamierzający produkować i wprowadzać do obrotu BSP do zastosowań policyjnych i wojskowych, a także działań Straży Granicznej musi posiadać stosowną koncesję⁷.

⁵ Ustawa z dnia 9 marca 2017 r. o systemie monitorowania drogowego i kolejowego przewozu towarów oraz obrotu paliwami opałowymi (tekst jedn.: Dz. U. z 2018 r., poz. 2332).

⁶ Art. 7: Organy władzy publicznej działają na podstawie i w granicach prawa – Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz. U. Nr 78, poz. 483, z późn. zm.).

⁷ Rozdz. WT V., Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2001 r. w sprawie rodzajów broni i amunicji oraz wykazu wyrobów i technologii o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym, na których wytwarzanie lub obrót jest wymagana koncesja (Dz. U. Nr 145, poz. 1625 z późn. zm.).

Co więcej, nie tylko sama platforma, ale także system sterowania (kierowania i kontroli lotu) jest objęty koncesją.

Obecne wyobrażenia dotyczące stosowania BSP, zwłaszcza wykorzystywanych przez siły zbrojne podczas obecnych konfliktów wojennych, może powodować pewne obawy wśród społeczeństwa w zakresie bezpieczeństwa czy też intymności. Nie jest to tylko nasza polska domena. Przed podobnym dylematem postawiona została na przykład słynna NYPD⁸. Aby rozwiać wątpliwości, w materiałach promocyjnych tej formacji zamieszczono informację o tym, do jakich celów używane są BSP – tabela 1.

Tabela 1. Informacja o dopuszczalności stosowania BSP

Dozwolone zastosowanie	Niedozwolone zastosowanie
<ul style="list-style-type: none"> – wyszukiwanie i ratowanie – dokumentacja miejsc zdarzeń drogowych oraz miejsc przestępstw – penetracja za dowodami zdarzeń kryminalnych na dużych i niedostępnych obszarach – monitorowanie przemieszczania się pojazdów i pieszych podczas dużych imprez – pomoc w sytuacjach kryzysowych, np. sytuacje z udziałem zakładników, zabójstwa – do innych działań kryzysowych za zgodą osoby decyzyjnej 	<ul style="list-style-type: none"> – rutynowe patrole – egzekwowanie zasad w ruchu drogowym – unieruchamianie pojazdów i osób podejrzanych – środek przymus bezpośredniego – przeszukiwania obszarów bez stosownego pozwolenia, nakazu

Źródło: I. Lee, *NYPD Acquires 14 Drones for New Unmanned Aircraft System Program*, <https://uavcoach.com/nypd-drones> [dostęp: 7.03.2019].

Działania poszukiwawcze – rozważania definicyjne

W chwili obecnej, w polskiej Policji najbardziej zaangażowanymi i rozwiniętymi działaniami, w których wykorzystuje się BSP, są akcje poszukiwawcze osób zaginionych⁹. Stało się tak za sprawą podejścia kierownictw polskiej Policji¹⁰ do kwestii osób zaginionych. Biorąc pod uwagę fakt, iż co roku w statystykach policyjnych odnotowuje się ok. 20 tys. zgłoszeń o zaginięciu osoby (por. tabela 2), tego typu kierunek działania nie powinien dziwić. W kwietniu 2013 r. rozpoczęło swoją działalność CPOZ umiejscowione w Wydziale Poszukiwań i Identyfikacji Osób Biura Kryminalnego Komendy Głównej Policji¹¹, które oprócz funkcji nadzorczych i koordynacyj-

⁸ New York Police Department.

⁹ Należy zaznaczyć, że BSP wykorzystywane są również przez inne komórki, takie jak: Centralne Biuro Śledcze Policji, Biuro Operacji Antyterrorystycznych KGP, komórki kryminalne w komendach wojewódzkich Policji oraz w Oddziałach Prewencji Policji.

¹⁰ Zob. więcej np. Poszukiwanie osób zaginionych. Informacja o wynikach kontroli nr KPB-4101-003-00/2014, Nr ewid. 5/2015/P/14/042/KPB [dok. elektr.] <https://www.nik.gov.pl/kontrola/P/14/042/LBY/> [dostęp: 10.03.2019].

¹¹ <http://policja.pl/pol/kgp/biuro-kryminalne/struktura/wydzialy/wydzial-poszukiwan-i-id/6233.dok.html> [dostęp: 02.03.2019].

nych, podjęło działalność w terenie przy wykorzystaniu specjalnie zakupionego w tym celu sprzętu składającego się między innymi ze specjalistycznego pojazdu, urządzeń GPS oraz BSP.

Zadania wykonywane przez Policję z zakresu czynności za osobami zaginionymi określa Zarządzenie nr 48 Komendanta Głównego Policji z dnia 19 lipca 2018 r. w sprawie prowadzenia przez Policję poszukiwania osoby zaginionej oraz postępowania w przypadku ujawnienia osoby o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznanymi zwłok oraz szczątków ludzkich¹². Według wskazanego zarządzenia zaginięcie osoby to zaistnienie zdarzenia uniemożliwiającego ustalenie miejsca pobytu osoby fizycznej i zapewnienie ochrony jej życia, zdrowia lub wolności (§ 2 ust. 1 pkt 1 zarządzenia nr 48), wymagające jej odnalezienia albo udzielenia pomocy.

W policyjnej pragmatyce służbowej wyróżnia się trzy poziomy osób zaginionych (§ 2 ust. 3 pkt a–c zarządzenia nr 48):

- Poziom I – dotyczy osoby, której zaginięcie związane jest z realnym, bezpośrednim występowaniem zagrożenia dla jej życia, zdrowia lub wolności, dla którego ratowania wymagane jest bezpośrednio i natychmiastowe podjęcie czynności poszukiwawczych z zaangażowaniem znacznych sił i środków ze strony Policji, na przykład dotyczące osoby:
 - małoletniej w wieku do 10 lat,
 - małoletniej w wieku od 11 do 13 lat, zaginionej po raz pierwszy,
 - niezdolnej do samodzielnej egzystencji,
 - wymagającej stałego przyjmowania leków, których brak przyjęcia w odpowiednim czasie stanowi zagrożenie jej życia,
 - zaginionej w związku z realnym podejrzeniem popełnienia na jej szkodę przestępstwa przeciwko życiu lub wolności,
 - której zachowanie w realny sposób wskazywało na bezpośredni zamiar popełnienia samobójstwa, a natychmiastowe podjęcie czynności poszukiwawczych oraz zaangażowanie znacznych sił i środków z dużym prawdopodobieństwem przyczyni się do zapobieżenia zamachu samobójczego,
 - zaginionej w warunkach atmosferycznych zagrażających jej życiu
 - w przypadku niezwłocznego nieodnalezienia.
- Poziom II – dotyczący osoby, której zaginięcie związane jest z uzasadnionym podejrzeniem wystąpienia ryzyka zagrożenia dla jej życia, zdrowia lub wolności, na przykład dotyczące osoby:
 - deklarującej po raz kolejny zamiar popełnienia samobójstwa, albo której deklaracja zamiaru popełnienia samobójstwa nie stanowiła realnych przesłanek jej spełnienia,

¹² Zarządzenie nr 48 Komendanta Głównego Policji z dnia 19 lipca 2018 r. w sprawie prowadzenia przez Policję poszukiwania osoby zaginionej oraz postępowania w przypadku ujawnienia osoby o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznanymi zwłok oraz szczątków ludzkich (Dz. Urz. KGP poz. 77 z późn. zm.), dalej: zarządzenie nr 48.

- małoletniej w wieku od 14 do 18 lat zaginionej po raz pierwszy,
- zdolnej do samodzielnej egzystencji, ale wymagającej opieki i stałego przyjmowania leków, których nie przyjęcie może spowodować zagrożenie jej zdrowia,
- zaginionej za granicą Rzeczypospolitej Polskiej, wobec której istnieje uzasadniona potrzeba udzielenia pomocy w celu ochrony jej życia, zdrowia lub wolności.
- Poziom III – dotyczący osoby, której zaginięcie nie jest związane z bezpośrednim oraz uzasadnionym zagrożeniem dla jej życia, zdrowia lub wolności, na przykład dotyczące osoby:
 - wyrażającej wolę zerwania kontaktów z rodziną, osobami najbliższymi lub środowiskiem, w którym ostatnio przebywała,
 - która oddaliła się z miejsca zamieszkania w wyniku nieporozumień rodzinnych,
 - co do której nie jest możliwe ustalenie przyczyn lub okoliczności zaginięcia,
 - z którą brak jest kontaktu, a która deklarowała chęć wyjazdu lub jej zaginięcie związane jest z wyjazdem albo pobytem za granicą Rzeczypospolitej Polskiej,
 - niewymagającej stałej opieki medycznej lub stałego przyjmowania leków, która samowolnie oddaliła się z placówki opiekuńczej, leczniczej lub innej placówki,
 - małoletniej w wieku od 11 do 13 lat zaginionej po raz kolejny.

Tabela 2. Liczba zgłoszonych Policji osób zaginionych w latach 2015–2017

Rok	Ogółem	W tym dzieci
2017	19563	6758
2016	19445	6945
2015	20458	7789

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KGP, <http://statystyka.policja.pl/st/wybrane-statystyki/zaginieni/50885,Zaginieni.html> [dostęp: 5.03.2019].

Aspekty proceduralne stosowania BSP

Mimo że rokrocznie liczba zgłoszeń dotyczących zaginięcia osób jest duża, żaden policjant nie może pozwolić sobie na rutynę i do każdego przypadku zgłoszenia musi podejść indywidualnie. Wynika to między innymi z różnych okoliczności czy motywacji, które przyczyniły się do konkretnego zachowania osoby zaginionej. Dlatego też w każdej z wyżej wymienionych kategorii zaginięć dużą rolę odgrywają pierwsze czynności po uzyskaniu informacji o zaginięciu. Dodatkowym czynnikiem jest czas, zwłaszcza w przypadku sytuacji określonych w kategorii I, dotyczących dzieci, osób starszych lub chorych albo gdy miały miejsce podczas niekorzystnych warunkach atmosferycznych (np. mróz, intensywne opady deszczu czy też upały).

Podstawowe, pierwsze czynności realizowane przez dowodzącego poszukiwaniami to zarządzanie penetracji terenu ostatniego miejsca pobytu osoby zaginionej oraz innych ustalonych miejsc, w których mogła przebywać. Również w tym przypadku nieocenioną pomoc niesie bezzałogowy statek powietrzny. Walorem takiego statku jest w tej kategorii działań:

- szybkie włączenie do akcji;
- możliwość dokonania penetracji z powietrza dużych obszarów w sposób szybszy niż tradycyjne zespoły poszukiwawcze poruszające się w formie np. tyralier, „szybkich trójek” itp.;
- zarejestrowanie obszaru, w którym wykonana była penetracja, służące jednocześnie udokumentowaniu wykonanych czynności;
- właściwa koordynacja działań grup poszukiwawczych operujących na ziemi (np. kierunek marszu, sprawdzenie miejsc nie znajdujących się na linii tyralier itp.);
- możliwość stałego operowania w miejscach działań (ograniczona jedynie czasem na wymianę ogniw zasilających);
- ekonomia prowadzonych działań.

Przeprowadzone próby dowodzą, że zespoły poszukiwawcze wyposażone w BSP mogą odszukać osobę zaginioną o 3,18 min (191 sek.) szybciej niż zespół wykonujący czynności bez BSP¹³. Tego typu działania w głównej mierze realizuje Lotnictwo Policyjne (dalej LP¹⁴) wykorzystujące w tym celu będące na wyposażeniu śmigłowce Mi-8, Mi-2, PZL „SOKÓŁ”, Bell-412B-HP oraz Bell 206B-III Jet Range oraz przygotowywane do służby S – 70i Black Hawk. W tym miejscu jednak nasuwa się bardzo istotne pytanie: jeżeli mamy do czynienia z czynnikiem czasu, to jak szybko dowodzący akcją jest w stanie uzyskać pomoc ze strony personelu LP¹⁵. Należy zauważyć, że loty policyjnych statków powietrznych realizowane są w trybach (§ 26 zarządzenia nr 40):

- Planowym:
 - po złożeniu wniosku o planowe użycie śmigłowca do kierownika właściwej jednostki organizacyjnej Policji, po akceptacji wniosku o planowe użycie śmigłowca, osoby uprawnione wystawiają pisemne zezwolenie – polecenie wykonania lotu.
- Alarmowym, w którym:
 - dyspozycję użycia statku powietrznego LP wydaje między innymi służba dyżurna Komendy Głównej Policji lub służba dyżurna komendy wojewódzkiej Policji posiadająca w swojej dyspozycji statek powietrzny LP – poprzez wystawienie pisemnego zezwolenia w postaci polecenia wykonania lotu;

¹³ *Drone Efficacy Study Evaluating the Impact of Drones for Locating Lost Persons in Search and Rescue Events*, EENA, 2018, s. 3.

¹⁴ Realizacja zadań następuje na podstawie Zarządzenie nr 40 Komendanta Głównego Policji z dnia 4 kwietnia 2018 r. w sprawie metod i form wykonywania zadań przez służbę Lotnictwo Policji (Dz. Urz. KGP, poz. 57), dalej: zarządzenie nr 40.

¹⁵ Bazy stacjonowania policyjnych śmigłowców to: Zarząd Lotnictwa Policji Głównego Sztabu Policji Komendy Głównej Policji Warszawa-Babice oraz Sekcje Lotnictwa Policji usytuowane przy Komendach Wojewódzkich Policji w Łodzi, Krakowie, Poznaniu, Szczecinie i Wrocławiu, <http://policja.pl/pol/kgp/glowny-sztab-policji/47520,Lotnictwo-w-Policji.html> [dostęp: 10.03.2019].

- służba dyżurna Policji lub uprawniona osoba wskazana przesyła niezwłocznie dowódcy załogi lotniczej polecenie wykonania lotu i telefonicznie przekazuje mu niezbędne informacje dotyczące zadania lotniczego; w przypadku zgłoszenia telefonicznego, polecenie wykonania lotu jest przesyłane do dowódcy załogi lotniczej najpóźniej bezpośrednio po zakończeniu działań związanych z użyciem statku powietrznego LP;
- dowódca załogi lotniczej podejmuje natychmiastowe działania w celu wykonania lotu, a w przypadku niemożliwości jego wykonania niezwłocznie informuje o tym odpowiednie służby dyżurne Policji lub uprawnioną osobę wraz z podaniem przyczyn;
- w przypadku niemożliwości wykonania lotu dowódca statku powietrznego wpisuje w poleceniu wykonania lotu lub w inną ustaloną dokumentację adnotację „Lotu nie wykonano z powodu...”, podając przyczynę niewykonania lotu.

Jak widać z powyższego zestawienia jest to proces sformalizowany, a tym samym czasochłonny. W celu realizacji lotów operacyjnych LP w zależności od rodzaju wykonywanego zadania, załogę statku powietrznego stanowią: pilot LP, mechanik pokładowy LP, operator pokładowy LP, ewentualnie personel specjalny.

Biorąc pod uwagę powyższe oraz uwzględniając takie okoliczności, jak na przykład:

- ograniczony czas pracy personelu lotniczego,
- prace serwisowe samych statków powietrznych,
- organicznie w przelocie na miejsce zdarzenia, wynikające z warunków pogody, a także przygotowanie lądowiska w rejonie działań,
- zapewnienie możliwości tankowania paliwa,
- odprawę z pilotami w celu podania informacji co do planowanych działań i wiele innych elementów, które angażują ludzi oraz absorbują czas,

wydaje się, że w tym zakresie BSP mają dużą przyszłość. Stanowczo trzeba podkreślić, że nie chodzi o wyeliminowanie załogowych statków powietrznych a o uzupełnienie ich pracy przez skierowanie do działań w pierwszej kolejności BSP. Następnym etapem byłoby podjęcie przez dowodzącego działaniami decyzji o zapotrzebowaniu na śmigłowca lub też porzestaniu na BSP z ewentualnym wsparciem innych tego typu urządzeń. Doposażając BSP w urządzenia termowizyjne lub noktowizyjne, a także system sterowania autonomicznego za pomocą gogli, staje się on naprawdę skutecznym środkiem do działań poszukiwawczych.

Uwzględniając powyższe, zdaniem autora w następnych opracowaniach naukowych warto porównać zastosowanie (nie tylko do działań poszukiwawczych) BSP z ewentualnym wykorzystaniem załogowych statków powietrznych. W porównaniu takim należy uwzględnić takie elementy, jak: szybkość włączenia do działań, ekonomikę, możliwości konfiguracji sprzętu i prowadzenie operacji w różnych warunkach atmosferycznych oraz terenowych.

Możliwe kierunki rozwoju metod poszukiwania

Warto nadmienić, że prowadzone w Polsce prace naukowo-badawcze zmierzają nie tylko do samego przyspieszenia analizy wykonanych zdjęć i filmów po zrealizowanych lotach, ale także usprawnienia procesu sterowania BSP w różnego rodzaju misjach na potrzeby służb mundurowych.

W pierwszym przypadku, praktyka dowodzi, że to człowiek dokonuje przeglądu zebranego materiału, co jest czasochłonne¹⁶. Czynnikiem usprawniającym ten proces i ułatwiającym pracę mają szansę być opracowywane systemy rozpoznające twarze czy ludzkie sylwetki¹⁷. Analiza także odbywa się po wykonaniu lotu, ale dokonują jej specjalne algorytmy, których praca wymaga komputerów o dużej mocy obliczeniowej¹⁸.

Z kolei w aspekcie sterowania BSP, należy zwrócić uwagę na systemy sterowania za pomocą wzroku przy pomocy gogli lub monookularu. Ze względu na specyfikę pracy funkcjonariuszy w służbach, dąży się do maksymalnego uproszczenia systemów, aplikacji i interfejsów tak, aby z jednej strony w pełni wykorzystać możliwości operatora-ratownika, a z drugiej strony – możliwości udostępniane przez platformę. Odpowiednio zaprojektowane gogle lub monookular mogą uprościć sterowanie BSP i okazać się przydatne w trakcie prowadzenia akcji przez różne służby.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W niedalekiej przyszłości rozwój technologiczny z pewnością poradzi sobie z wyposażeniem BSP w źródło energii pozwalające na dłuższe loty, jak i wykonywanie operacji w trudnych warunkach atmosferycznych, jednak niewątpliwie nie zastąpi lotów załogowych. Przy czym może stanowić istotne wsparcie, biorąc pod uwagę zwłaszcza takie elementy, jak szybkość włączenia do działań, obsługę, infrastrukturę lotniczą, czy też czynnik ekonomiczny. Kilkuletnia praktyka z wykorzystywaniem BSP podczas działań poszukiwawczych przez policjantów z Centrum Poszukiwań Osób Zaginionych dostarczyła wielu informacji w zakresie parametrów technicznych, wymagań co do komponentów, jak i samej techniki pilotażu BSP. Możliwości wykorzystania BSP w zasadzie są ograniczone jedynie warunkami technologicznym zarówno w zakresie samych urządzeń, jak i systemów sterowania. Opracowanie skutecznego systemu sterowania BSP – na przykład opartego na ruchu głowy, ruchu gałki ocznej, skupieniu wzroku na wybranym punkcie gogli, monookularu – wydaje się wyzwaniem, które jest już w zasięgu obecnych możliwości technologicznych. Korzystanie z tego typu urządzeń

¹⁶ P. Sobczak, Prezentacja podczas seminarium szkoleniowe pt. „Poszukiwania terenowe osób zaginionych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych”, 26–28 września 2018 r., Szkoła Policji w Katowicach.

¹⁷ Nad rozwiązaniami tego typu pracują firmy Spartaqs, UAVS czy SARUAV.

¹⁸ M. Zawadzak, SARUAV – polski system poszukiwania zaginionych, www.swiatdronow.pl/saruav-polski-system-poszukiwania-zaginionych, <http://www.swiatdronow.pl/saruav-polski-system-poszukiwania-zaginionych> oraz <https://uni.wroc.pl/naukowcy-z-uw-r-pomoga-ratowac-zycie/> [dostęp: 10.03.2019].

– gogle, monookular – z pewnością przyczyni się do poprawy komfortu pracy operatora BSP. Mając możliwość bezpośredniej obserwacji w czasie rzeczywistym obrazu dostarczanego z BSP wraz z takimi danymi, jak np. pozycja, wysokość, prędkość wiatru, poziom naładowania baterii, pozwala operatorowi na skupieniu się na realizacji postawionego przed nim zadania.

Jest jeszcze jeden aspekt. Policja musi się przygotować do nowego rodzaju zgłoszeń od społeczeństwa, mianowicie zagrożeń polegających na przykład na naruszeniu prawa do prywatności obywateli. Co nas w tym kontekście czeka w perspektywie najbliższych lat?

Biorąc pod uwagę dynamiczny rozwój rynku BSP, polska Policja nie może poprzestać na aktualnych rozwiązaniach. Należy wdrożyć w oparciu o szkolnictwo policyjne, jak i podmioty zewnętrzne, system szkolenia, który zapewni profesjonalnych operatorów BSP.

Istnieje również konieczność nawiązania współpracy z ośrodkami naukowymi, które na co dzień prowadzą badania nad nowymi rozwiązaniami BSP w celu zaprezentowania oczekiwań służb porządkowych co do efektywnych możliwości urządzeń BSP.

Nie można wykluczyć, że już wkrótce oprócz stosowanych BSP przeznaczonych do poszukiwania osób zaginionych na obszarach otwartych, kompleksach leśnych wdrożone zostaną BSP transportowe, które niezwłocznie jeszcze przed przybyciem ratowników dostarczą na przykład medykamenty czy też urządzenia do monitorowania stanu zdrowia albo ekwipunek umożliwiający przetrwanie w bezpiecznych warunkach zanim nadejdzie pomoc.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

Several years ago the use of light unmanned aerial vehicles (hereinafter ‘UAVs’) was associated with recreation and fun for amateurs of aviation technical innovations. Today’s UAVs in the form of quadcopters, hexacopters, octocopters, multicopters are involved in much more serious activities than taking pictures from the air. UAVs have been used in the Police for less than 10 years. One of the Police units that has been using the UAVs the longest is the Missing Persons Research Center (CMP), located in the structures of the Department of Search and Identification of Persons of the Criminal Bureau of the Police Headquarters. This unit is responsible for coordinating, analyzing and directly carrying out actions in cases of missing persons, covering the entire country. Certainly, UAVs will not replace manned aircrafts, but they are an alternative providing significant support – especially in regions where there are no police aviation bases. A wide range of possibilities of mounting components such as thermovision, night vision, cameras, cameras, direct image transmission and many others on the UAVs create unlimited conditions for their use by uniformed services.

Keywords: unmanned aerial vehicle, search activities, missing person, police

BIBLIOGRAFIA

- Drone Efficacy Study Evaluating the Impact of Drones for Locating Lost Persons in Search and Rescue Events*, EENA, 2018.
<http://policja.pl/pol/kgp/biuro-kryminalne/struktura/wydzialy/wydzial-poszukiwan-i-id/6233,dok.html> [dostęp: 2.03.2019].
- <http://policja.pl/pol/kgp/glowny-sztab-policji/47520,Lotnictwo-w-Policji.html> [dostęp 10.03.2019].
- <http://statystyka.policja.pl/st/wybrane-statystyki/zaginieni/50885,Zaginieni.html> [dostęp: 5.03.2019].
- Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz. U. Nr 78, poz. 483 z późn. zm.).
- Lee I., *NYPD Acquires 14 Drones for New Unmanned Aircraft System Program*, <https://uavcoach.com/nypd-drones/> [dostęp: 7.03.2019].
- Raport Najwyższej Izby Kontroli Poszukiwanie osób zaginionych Informacja o wynikach kontroli nr KPB-4101-003-00/2014, Nr ewid. 5/2015/P/14/042/KPB <https://www.nik.gov.pl/kontrola/P/14/042/LBY/> [dostęp: 10.03.2019].
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/399 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie unijnego kodeksu zasad regulujących przepływ osób przez granice (kodeks graniczny Schengen) (Dz. Urz. UE L 77, z 23.3.2016, s. 1–52).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2219 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie Agencji Unii Europejskiej ds. Szkolenia w Dziedzinie Ścigania (CEPOL) raz zastępujące i uchylające decyzję Rady 2005/681/WSiSW (Dz. Urz. UE z 4.12.2015, s. 1–20).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2001 r. w sprawie rodzajów broni i amunicji oraz wykazu wyrobów i technologii o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym, na których wytwarzanie lub obrót jest wymagana koncesja (Dz. U. Nr 145, poz. 1625 z późn. zm.).
- Sobczak P., Prezentacja podczas seminarium szkoleniowe pt. „Poszukiwania terenowe osób zaginionych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych”, 26–28 września 2018 r., Szkoła Policji w Katowicach.
- Ustawa z dnia 6 kwietnia 1990 r. o Policji (tekst jedn.: Dz. U. z 2017 r. poz. 2067 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 9 marca 2017 r. o systemie monitorowania drogowego i kolejowego przewozu towarów oraz obrotu paliwami opałowymi (tekst jedn.: Dz. U. z 2018 r., poz. 2332).
- Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (tekst jedn.: Dz. U. z 2018 r., poz. 1183, 1629, 1637).
- Zarządzenie nr 40 Komendanta Głównego Policji z dnia 4 kwietnia 2018 r. w sprawie metod i form wykonywania zadań przez służbę Lotnictwo Policji (Dz. Urz. KGP, poz. 57).
- Zarządzenie nr 48 Komendanta Głównego Policji z dnia 19 lipca 2018 r. w sprawie prowadzenia przez Policję poszukiwania osoby zaginionej oraz postępowania w przypadku ujawnienia osoby o nieustalonej tożsamości lub znalezienia nieznananych zwłok oraz szczątków ludzkich (Dz. Urz. KGP poz. 77 z późn. zm.).
- Zawadzak M., *SARUAV – polski system poszukiwania zaginionych*, www.swiatdronow.pl/saruav-polski-system-poszukiwania-zaginionych, <http://www.swiatdronow.pl/saruav-polski-system-poszukiwania-zaginionych> oraz <https://uni.wroc.pl/naukowcy-z-uwr-pomoga-ratowac-zycie/> [dostęp: 10.03.2019].



CZEŚĆ II

**WYBRANE ASPEKTY
BEZPIECZEŃSTWA OPERACJI**



Determinanty operacyjne zastosowania RPAS (wybrane zagadnienia)

Determinants of Operational Application of RPAS
(Chosen Problems)

Andrzej Fellner
POLITECHNIKA ŚLĄSKA

STRESZCZENIE

W rozdziale przedstawiono czynniki i parametry wpływające w zasadniczy sposób na operacyjne zastosowanie RPAS. W związku z tym dokonano analizy dostępności certyfikowanych cywilnych lub wspomagających systemów satelitarnych. Sprawdzone również przygotowanie elastycznych elementów przestrzeni powietrznej oraz europejskich i krajowych uwarunkowań prawno-technicznych (według stanu na dzień 31.12.2018 r.). Wyprecyzowano odpowiednie własności i właściwości eksploatacyjno-operacyjne RPAS, wskazano konieczność zapewnienia serwisu i zdolności do lotu. Zaznaczono, że nowoczesne technologie wymagają odpowiedniego, profesjonalnego przygotowania kadr. Z przeprowadzonych testów wynika, że bezzałogowe systemy powietrzne stwarzają wiele nowych możliwości, które mogą być wykorzystywane: w pracy operacyjnej, podczas zarządzania kryzysowego, prowadzenia monitoringu, dostarczania zaopatrzenia w czasie akcji poszukiwawczo-ratowniczych i innych. Wykonując swoje zadania, operatorzy RPAS uczestniczą w dynamicznym procesie zarządzania ruchem lotniczym w przestrzeni powietrznej. Tym samym muszą uwzględniać aktualnie stosowane techniki i technologie lotnicze, które zwiększają pojemność oraz elastyczność w europejskiej i polskiej przestrzeni powietrznej, bezpieczeństwo oraz wydajność lotów. Toteż operacyjne zastosowanie RPAS wymaga odpowiedniego, profesjonalnego przygotowania. Opracowanie ma na celu przybliżenie zagadnień związanych z czynnikami i parametrami determinującymi operacyjne zastosowanie RPAS.

Słowa kluczowe: RPAS, GNSS, ATM

WPROWADZENIE

Obserwowany dynamiczny rozwój naukowo-techniczny wymusił aktualnie trwającą transformację w branży lotniczej. Przy założeniu, że statek powietrzny to obiekt zdolny do poruszania się, utrzymywania w atmosferze ziemskiej dzięki wyporowi –

aerostat (np. balon, sterowiec) lub powstałej sile aerodynamicznej na jego powierzchniach nośnych – aerodyna (np. samolot, szybowiec, śmigłowiec) uzasadnione jest stwierdzenie, że zjawisko transformacji dotyczy również operacyjnego funkcjonowania bezzałogowych, zdalnie sterowanych systemów lotniczych. Z definicji są one odpowiednio wyposażone, ale też powinny posiadać znaki przynależności państwowej, wojskowej lub cywilnej. Niestety, przeprowadzone analizy literatury wskazują, że w skali globalnej funkcjonują różnorodne określenia bezzałogowych systemów lotniczych¹ w postaci: Unmanned Air Vehicle (UAV), Unmanned Aircraft System (UAS), Remotely Piloted Aircraft (RPA), Unmanned Vehicle System (UVS). Także w Polsce stosowane są różne nazwy: BSL (bezzałogowy system lotniczy), BSP (bezzałogowy statek powietrzny), dron, SBSP (systemy/platformy bezzałogowych statków powietrznych). Z przedstawionego zestawienia wynika, że konieczne jest przyjęcie do dalszych rozważań odpowiedniej nazwy. Toteż na podstawie przeprowadzonych w latach 2013–2017 prac naukowo-badawczych, eksperymentów zrealizowanych podczas działań operacyjnych w ramach akcji „Search & Rescue”, ćwiczeń Państwowej Straży Pożarnej, Policji, zespołów zarządzania kryzysowego, uwzględniając odpowiednie wyposażenie w zależności od wykonywanych zadań i możliwości dronów, uznano, że odpowiednią dla nich nazwą jest RPAS. Należy zaznaczyć, że przyjęty akronim jest zbieżny z UAS, ale różni się od niego tym, że musi być zdalnie sterowany przez operatora i tym samym wykluczane są systemy ze sterowaniem autonomicznym.

Uwzględniając powyższe, do dalszych rozważań przyjęto, że determinanty to czynniki i parametry określające, wyznaczające oraz wpływające w zasadniczy sposób na operacyjne zastosowanie zdalnie prowadzonego systemu lotniczego. Na podstawie przeprowadzonych w latach 2013–2017 testów RPAS okazało się, że podczas operacyjnych działań dotyczących obszaru zarządzania kryzysowego, akcji poszukiwawczo-ratowniczych i innych, zastosowanie zdalnie prowadzonych systemów lotniczych wymaga:

- 1) dostępu do certyfikowanych cywilnych systemów satelitarnych lub wspomagających;
- 2) przygotowania dodatkowych i specjalnie dedykowanych elastycznych elementów przestrzeni powietrznej;
- 3) przygotowania europejskich i krajowych uwarunkowań prawno-technicznych;
- 4) wyselekcjonowania własności i właściwości eksploatacyjnych w zależności od przeznaczenia;
- 5) zapewnienia permanentnej zdadności do lotu poprzez specjalistyczny serwis;
- 6) posiadania uprawnień świadczących o nabytych kwalifikacjach w zakresie przygotowania teoretycznego (niezbędna wiedza interdyscyplinarna do bezpiecznego wykonania zadania) oraz praktycznego (minimalna liczba samodzielnych lotów).

¹ L. Cwojdzński, *Bezzałogowe systemy walki*, WAT, Warszawa 2014.

Zwiększająca się liczba użytkowników RPAS, szerokie wprowadzanie ich do operacyjnego działania i komercyjno-przemysłowe zastosowania znacznie wyprzedziły funkcjonujące regulacje prawne. Toteż EASA podjęła działania na szczeblu europejskim, aby uregulować ten obszar działalności człowieka. Tym bardziej, że konieczne jest uzupełnianie braków, wypełnianie luk, podejmowanie problematyki związanej z bezpiecznym funkcjonowaniem bezzałogowych statków powietrznych. Wybrane zagadnienia zarysowuje przedstawiony materiał, w którym uwzględniono istniejące terminologie oraz klasyfikacje militarne RPAS dla cywilnych potrzeb operacyjnych. Przeprowadzone badania podczas działań operacyjnych w ramach akcji „Search & Rescue”, ćwiczeń strażackich, Policji, zespołów zarządzania kryzysowego oraz testy UAS dowodzą, że ich zastosowanie wymaga prawidłowego przebiegu procesu eksploatacyjnego, zapewnianego przez odpowiednio funkcjonujący system. Jego atrybuty stanowią o własnościach i właściwościach, które decydują o stronie użytkowej, cechach pilotażowo-nawigacyjnych, realizacji misji RPAS w ramach planowanych i wykonywanych zadań. Atrybuty te determinują zastosowanie RPAS w służbach ratunkowo-porządkowych na tle trwającej transformacji lotniczej.

Analiza GNSS w aspekcie operacyjnego zastosowania RPAS

Techniki i technologie satelitarne wraz z informatyką zdeterminowały globalne zarządzanie ruchem lotniczym w przestrzeni powietrznej, znacząco wpływając i rozwijając możliwości praktycznego zastosowania RPAS. W związku z tym uwzględnić należy trzy zasadnicze typy czynników:

- 1) **prawne:** rozporządzenia Parlamentu i Rady Europejskiej, porozumienia międzynarodowe, międzynarodowe programy: *Performance Based Navigation (PBN ICAO)*², *Galileo, Single European Sky II Plus, Doc 10004 Global Aviation Safety Plan 2017–2019, Global Air Navigation Plan 2013–2028*³; krajowe akty normatywne, narodowe strategie: *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)*⁴, *Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.)*⁵, *Polityka Transportowa Państwa na lata 2006–2025*⁶;
- 2) **użytkowe:** dynamiczny wzrost ruchu lotniczego i potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa, zapotrzebowanie na precyzyjne dane w celu zwiększenia pojemności przestrzeni powietrznej, zapewnienia jej elastyczności, poszukiwanie i ratownictwo podczas klęsk żywiołowych, monitoring w ramach ochrony środowiska, turystyka i rekreacja;

² ICAO Doc 9613, *Performance-based Navigation (PBN) Manual*, ICAO, Third edition 2008.

³ ICAO Doc 9750-AN/963, *Global Air Navigation Plan (GANP) 2016–2030*, ICAO, Fifth Edition 2016.

⁴ *Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)*, Warszawa 2017.

⁵ *Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.)*, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Warszawa dnia 22 stycznia 2013 r.

⁶ *Polityka Transportowa Państwa na lata 2006–2025*, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 27 czerwca 2005.

- 3) **techniczne:** udostępnienie militarnych technik i technologii satelitarnych dla potrzeb cywilnych, powszechna informatyzacja, wykorzystanie sztucznej inteligencji.

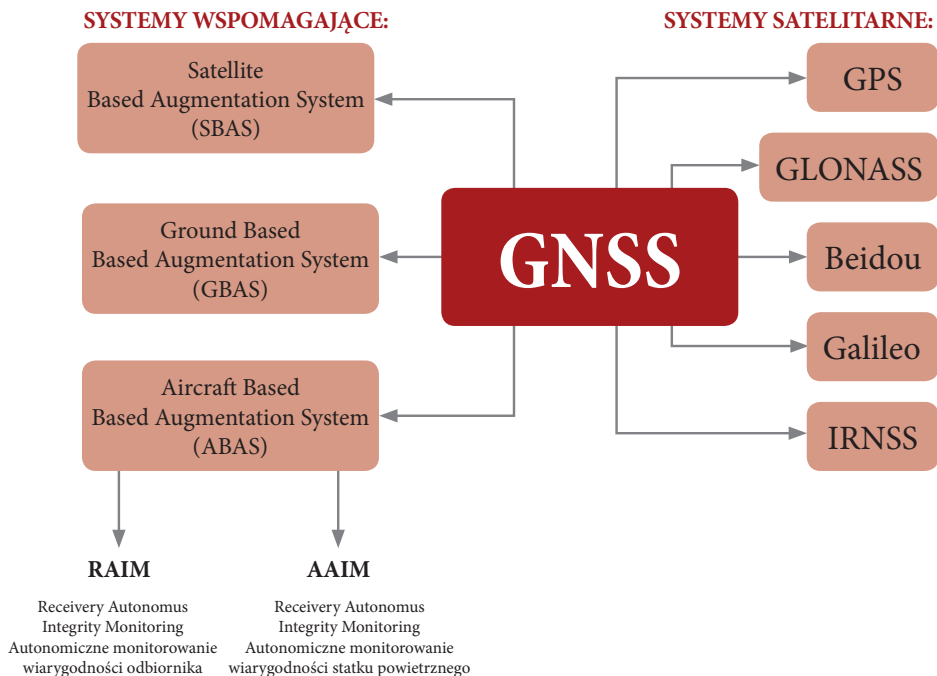
Transformacja lotnicza wynika z przyjętej międzynarodowej rezolucji A36-23/A-37 *Performance Based Navigation Global Goals ICAO (Globalne cele ICAO w zakresie nawigacji opartej na charakterystykach)* oraz opracowanego według niej *Global Air Navigation Plan*. Priorytetem w tych dokumentach jest PBN realizowany według zaleceń *Doc 9613 ICAO PBN Manual* oraz *Global Aviation Safety Plan*. Wyniki z wykonanych przedsięwzięć prezentowane są w corocznym *Air Navigation Report*. Podkreślić należy, że PBN to nowe kryteria nawigacyjne, które ściśle określają wymagane wartości: dokładności, wiarygodności, dostępności, ciągłości danych operacyjno-komercyjnych. Umożliwiają one wprowadzanie zaawansowanych technik, technologii w lotnictwie oraz zmiany w globalnym zarządzaniu ruchem lotniczym, przyczyniając się do zwiększenia pojemności i elastyczność przestrzeni powietrznej, bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska. Jednak realizacja PBN wymaga posiadania odpowiedniego wyposażenia pokładowego i infrastruktury nawigacyjnej oraz podstaw prawnych – krajowych przepisów ułatwiających stosowanie różnicowego, globalnego nawigacyjnego systemu satelitarnego DGNSS podczas przemieszczania w przestrzeni powietrznej i operacyjnego działania. Podkreślić należy, że GNSS, wbrew określeniu nie jest systemem jednorodnym, gdyż obecnie nazwa ta obejmuje (ryc. 1):

a) pięć standardowych systemów satelitarnych:

- amerykański wojskowy GPS NAVSTAR (ang. *Global Positioning System Navigation Signal Timing and Ranging*) – od 1995 r. pełna zdolność operacyjna, utrzymywany i zarządzany przez Departament Obrony USA. Sygnał GPS zawiera: almanach (dane systemu przyspieszające proces akwizycji) oraz efemerydy (dokładne elementy orbitalne satelity nadającego depezę, niezbędne do wyznaczania czasu i pozycji). Stosowane są kodowania sygnału: cywilny – C/A, militarny P stosowany razem z kodem Y (P/Y), L2C, M, kody transmitowane na częstotliwości L5 – C5, L1C. Na sygnał każdego satelity nałożona jest informacja w postaci depezy satelitarnej: NAV (L1), CNAV (L2, L5), MNAV, CNAV-2 (L1C). Istotnym elementem systemu jest identyfikacja sygnałów poszczególnych satelitów w odbiorniku szumem pseudolosowym, umożliwiającą zastosowanie sygnału do przekazywania szyfrowanych, militarnych komunikatów. Funkcjonujące satelity bloku IIR, IIR – M mogą działać przez 14 dni bez kontaktu ze stacjami kontrolnymi, posiadają zdolność transmisji sygnału celowo zdegradowanego przez SA i AS oraz wzajemnego pomiaru odległości i łączności. Podstawowy układ odniesienia jest oparty na elipsoidzie WGS-84. 1 sekunda stanowi jednostkę czasu GPST, który jest skoordynowany z TAI;
- rosyjski, wojskowy GLONASS – uruchomiony w 1995 r., od 2015 r. pełna zdolność operacyjna, utrzymywany i zarządzany przez Wojska Kosmiczne Federacji Rosyjskiej. Sygnał GLONASS zawiera: almanach (dane systemu,

przyspieszające proces akwizycji) oraz efemerydy (dokładne elementy orbitalne satelity nadającego depeszę, niezbędne do wyznaczania czasu i pozycji). Wszystkie satelity GLONASS transmitują taki sam kod, ale każdy satelita transmituje sygnał na innej częstotliwości L1, L2. Emitowane sygnały odniesione są do czasu UTC SU, a współrzędne satelity podawane są w układzie odniesienia PZ-90.11. Istotne, że system nie stosuje żadnych zakłóceń sygnału, emituje sygnały dla użytkowników wojskowych i cywilnych poprzez satelity;

- chiński wojskowy BeiDou/Compass – uruchomiony w 2003 r., pełna zdolność operacyjna zakładana jest na rok 2020, utrzymywany i zarządzany przez chińskie siły zbrojne. Sygnał satelitarny nadawany jest na częstotliwościach B1 (1575,42 MHz), odpowiednik cywilnych L1 (GPS NAVSTAR) oraz E1 (Galileo), generuje depeszę nawigacyjną (almanach, efemerydy, poprawki). Emituje sygnały dla użytkowników wojskowych i cywilnych. Dodatkowo umożliwia przesyłanie krótkich wiadomości SMS (Short Message Service) pomiędzy użytkownikami systemu;
- indyjski wojskowy IRNSS – pełna zdolność operacyjna od 2016 r., utrzymywany i zarządzany przez indyjski rząd i siły zbrojne. System emituje sygnały: SPS (cywilny) oraz PS (zaszyfrowany). Obydwa sygnały przenoszone są na dwóch częstotliwościach: L5 (1164–1189 MHz) oraz S (2483.5, 2500, 2492.028 MHz);
- Galileo – uruchomiony w 2016 r., pełna zdolność operacyjna planowana na 2020 r., pierwszy cywilny system satelitarny zarządzany i kontrolowany przez ESA. Stanowi alternatywę, konkurencję dla wojskowych systemów. Satelity nadają sygnały w trzech pasmach częstotliwości i oferują następujące serwisy:
 - a. otwarty OS – darmowy, dokładność: 4÷15m (poziom) i 8÷35m (pion);
 - b. bezpieczeństwa życia SoL – rozszerzenie OS o ostrzeżenie utraty wiarygodności danych, niezbędna informacja o pogorszeniu dokładności wyznaczonej pozycji;
 - c. komercyjny CS – dokładność 0,8 m (poziom) i 1 m (pion) oraz możliwość przesyłania wiadomości od stacji naziemnych do użytkowników;
 - d. regulowany publicznie PRS – dostęp ograniczony, tylko dla wybranych użytkowników. Dostarcza precyzyjnych i wiarygodnych danych dotyczących pozycji i czasu. Związany z bezpieczeństwem narodowym;
 - e. poszukiwania i ratowania SAR – odbiera sygnały wzywania pomocy, identyfikuje położenie i przekazuje dane do służb ratowniczych. Zintegrowany z ogólnosiwiatowym systemem ratownictwa morskiego i lotniczego Cospas-Sarsat.



Ryc. 1. Elementy składowe systemu GNSS

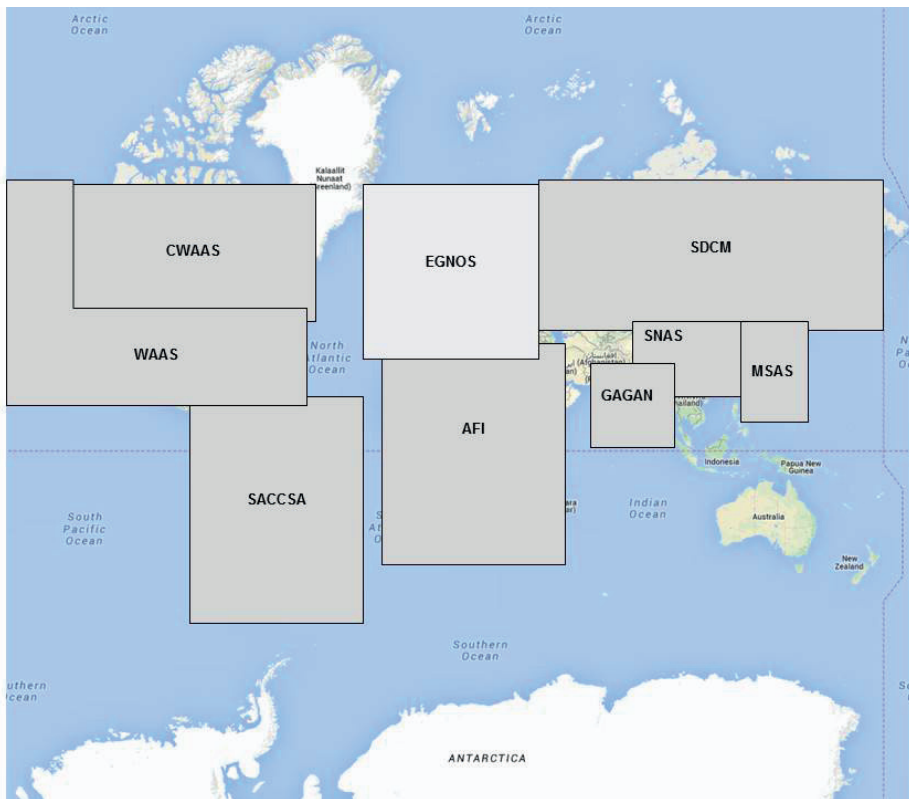
Źródło: opracowanie własne.

b) **systemy wspomagające – certyfikowane**, umożliwiają cywilne korzystanie z wojskowych systemów satelitarnych, gwarantując wymaganą: wiarygodność, dokładność, dostępność, ciągłość sygnału. Do tych „nakładek ulepsających (*overlay augmentation*) zalicza się:

- ABAS – technika oparta o RAIM odbiornika, polega na monitorowaniu spójności sygnałów satelitarnych i alarmowaniu o utracie wymaganej dokładności wskutek błędnych wskazań satelitów. RAIM wykrywa i wyklucza błędne wskazania, umożliwiając bezpieczne i dokładne wykonanie zadania;
- GBAS – naziemne stacje monitorują i weryfikują sygnały satelitarne, wyliczają poprawki korekcyjne i transmitują je na pokład użytkownika w paśmie VHF-VDB;
- SBAS – kompatybilne systemy wspomagania satelitarnego. Naziemne stacje monitorują i weryfikują sygnały satelitarne, wyliczają poprawki korekcyjne i transmitują je poprzez satelitę geostacjonarnego (ryc. 2). Do tych systemów zalicza się m.in.:
 - europejski EGNOS,
 - amerykański WAAS,
 - japoński MSAS,
 - rosyjski SDCM,

- e. kanadyjski CWAAS,
- f. chiński SNAS,
- g. indyjski GAGAN,
- h. południowo-środkowo-amerykańsko-karaibski SACCSA,
- i. afrykańsko-indyjski AFI,
- j. australijski GRAS,
- k. japoński QZSS,
- l. koreański K-SBAS.

Powyższe systemy regionalne odpowiadają międzynarodowym standardom MOPS, dzięki czemu odbiorniki użytkownika mogą korzystać z sygnałów niezależnie od obszaru działania systemu.



Ryc. 2. Globalne rozmieszczenie systemów wspomagających SBAS

Źródło: opracowanie własne.

Z powyższego zestawienia wynika, że stosując w pracy operacyjnej RPAS należy uwzględnić certyfikowane dla potrzeb cywilnych systemy składowe GNSS. Aktualnie odpowiadają tym wymaganiom systemy wspomagające oraz będący w fazie testowania satelitarne system Galileo. Wynika to z realizacji międzynarodowej rezolucji

A36-23/A-37 ICAO. W Europie implementację PBN⁷ połączono z zastosowaniem systemu satelitarnego Galileo oraz wspomagającego go europejskiego systemu EGNOS. Na ten cel przeznaczono środki finansowe w ramach programu SESAR. W związku z tym w działalności RPAS należy uwzględnić certyfikowany system EGNOS, który emituje do cywilnych użytkowników poprawki korekcyjne z wojskowych systemów satelitarnych. Zarządza nim ESSP powołany przez GSA. Stosowanie tego certyfikowanego systemu dla potrzeb operacyjnych jest możliwe w Polsce, gdyż PAŻP podpisała w 2013 r. umowę EWA z ESSP. Równocześnie PAŻP podpisała umowę z GUGiK odpowiedzialnym za funkcjonowanie systemu permanentnych, referencyjnych naziemnych stacji systemu ASG EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna Europejskiego Systemu Pozycyjnego). One również emitują certyfikowane poprawki korekcyjne dla potrzeb użytkowników, a podpisane umowy umożliwiają dostęp do bazy danych archiwalnych oraz statusu satelitów w czasie rzeczywistym – tzw. *real time*.

Charakterystyka polskiej przestrzeni powietrznej z uwzględnieniem operacyjnego stosowania RPAS

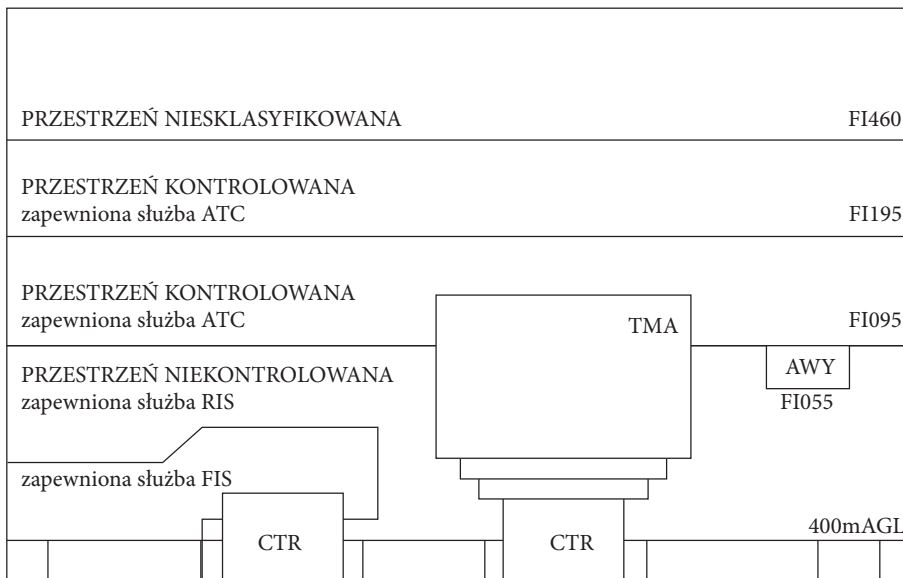
Polski system organizacji ruchu lotniczego oraz podział przestrzeni powietrznej jest zgodny ze standardami ICAO (ryc. 3). Przy czym pojęcie „przestrzeń powietrzna” oznacza część aerofery ziemskiej nad obszarem danego państwa, która stanowi jego własność i narodowe dobro. Jednak z definicji wynika również, że jest ona dostępna dla użytkownika spełniającego odpowiednie wymagania oraz podlega międzynarodowej i krajowej ochronie prawnej. Tym samym państwo ma obowiązek tworzenia instytucjonalnych rozwiązań w sprawie jej wykorzystania wraz z niezbędnymi procedurami i przepisami oraz nadzorowania i zapewnienia bezpiecznego wykonywania operacji lotniczych. Polska przestrzeń powietrzna obejmuje zawarty w granicach państwa obszar lądowy, wody wewnętrzne, morze terytorialne – pas wód o szerokości 12 NM. Jest to środowisko działania lotniczego a Polska musi zapewnić sprawny, kompatybilny podsystem zarządzania przestrzenią powietrzną, którego celem jest umożliwienie bezpiecznego dostępu wszystkim użytkownikom oraz elastyczne i optymalne wykorzystania tej przestrzeni. Stąd też przyjęto system zarządzania przestrzenią powietrzną⁸, oparty na trzech zasadniczych poziomach: strategicznym (ASM 1), przedtaktycznym (ASM 2), taktycznym (ASM 3) oraz wprowadzono dwie klasy przestrzeni:

- kontrolowaną (klasy C) – od FL 095 do FL 460, zawiera drogi lotnicze od FL 055, rejony TMA i CTR. Podczas wykonywania lotów wymagane jest: posiadanie transpondera, utrzymywanie łączności ze służbami kontroli ruchu lotniczego, złożenie planu lotu;

⁷ PBN implementation in the European Air Traffic Management Network (EATMN), Notice of Proposed Amendment 2015-01, RMT.0639.

⁸ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 grudnia 2018 r. w sprawie struktury polskiej przestrzeni powietrznej oraz szczegółowych warunków i sposobu korzystania z tej przestrzeni (Dz. U. z 2019 r., poz. 619).

- niekontrolowaną (klasy G) – od GND do FL 095 z wyłączeniem przestrzeni kontrolowanych. Lot może być wykonany bez składania planu lotu, bez nawiązywania łączności, a załoga musi przed lotem zapoznać się ze wszystkimi ograniczeniami w ruchu lotniczym na planowanej trasie przelotu.



Ryc. 3. Podział polskiej przestrzeni powietrznej
Źródło: opracowanie własne.

Operacyjne zastosowania RPAS potrzebują szczegółowych wymagań, zdefiniowania specyficznych elementów, które muszą być kompatybilne i zintegrowane z polską przestrzenią powietrzną. Toteż trzeba założyć dopasowanie wprowadzanych systemów RPAS do systemu ATM, a nie odwrotnie. Po osiągnięciu wymagań technicznych i prawnych przez RPAS, będą one traktowane jako użytkownicy tej przestrzeni. Do czasu wprowadzenia szczegółowych zasad i regulacji (do 2023 r.), obecne loty RPAS w przestrzeni kontrolowanej mogą się odbywać jedynie poprzez obszary przestrzeni segregowanych zgodnie z zasadami FUA/AFUA (jak dla wojskowych RPAS). W celu wykonywania operacji BVLOS (bez widzialności wzrokowej) w przestrzeni kontrolowanej, trzeba dodatkowo przeanalizować przynajmniej następujące aspekty:

- przestrzeni z uwzględnieniem klas ruchu,
- możliwości RPAS (prędkość pozioma i pionowa, opóźnienia sterowania, możliwości manewrowe),
- rodzaje przepisów wykonywania lotu,
- bazę danych dotycząca terenu,
- wymagania dla C2 Link, ochronę,
- działania w sytuacji awaryjnej (*contingency*).

Istotne, że EASA wstępnie przyjęła na poziomie europejskim następujące klasy ruchu dla RPAS (*Class of RPAS Traffic*):

- I – tylko loty VLOS – z widzialnością;
- II – loty swobodne VLOS oraz BVLOS – bez widzialności;
- III – loty swobodne lub komercyjne trasy dla średnich i długich lotów BVLOS;
- IV – loty specjalne, wykonywane w zależności od potrzeb (VLOS i BVLOS);
- V – loty IFR/VFR poza drogami lotniczymi bez korzystania z procedur SID i STAR;
- VI – loty IFR uwzględniające sieć dróg lotniczych, TMA, portów lotniczych z możliwością wykorzystania procedur SID/STAR;
- VII – loty IFR powyżej FL600 i w przestrzeni tranzytowej nie segregowanej.

Wymagane właściwości i własności podczas operacyjnego stosowania RPAS

Z przeprowadzonych analiz literatury specjalistycznej oraz raportu ULC⁹ wynika, że zdalnie prowadzone systemy lotnicze stanowią kolejny etap rozwoju lotnictwa, ściśle determinowany postępem naukowym, technicznym i cywilizacyjnym. Ich wojskowa służba rozpoczęła się już 1982 r., a po ataku terrorystycznym na World Trade Center (11.09.2001 r.) RPAS rozpoczęły regularne monitorowanie przestrzeni powietrznej USA i innych państw NATO w ramach misji bojowego patrolu powietrznego „Air Policing”. Obecnie RPAS stanowią istotne uzupełnienie militarne z tendencją do całkowitego zastąpienia załogowych statków powietrznych. Militarne RPAS, w zależności od operacyjnego zastosowania, są zróżnicowane konstrukcyjnie, wagowo i wyposażeniowo. Jednak w celach porządkowych podzielono je na trzy klasy¹⁰:

- pierwsza (lekka) – waga do 150 kg, zawiera cztery kategorie: SMALL (powyżej 20 kg), MINI (od 2 do 20 kg), MIKRO (poniżej 2 kg), NANO (poniżej 2,5 dag);
- druga (średnia) – waga od 150 do 600 kg, jedna kategoria TACTICAL, wysokość operacyjna do 10 000 ft (3050 m), promień działania do 200 km;
- trzecia (ciężka) – waga powyżej 600 kg, zawiera trzy kategorie: STRIKE/COMBAT, HALE, MALE.

Przedstawiony powyżej podział systematyzuje militarne zdalnie sterowane systemy lotnicze. Z przeprowadzonych w latach 2013–2017 testów z użyciem RPAS w pracy operacyjnej wynika, że uzasadnione jest przyjęcie na tym etapie tego podziału, aby klasyfikować pojawiające się konstrukcje RPAS przygotowywane do cywilnej pracy operacyjnej. Można założyć perspektywicznie, że wojskowe systemy znajdą również zastosowania cywilne, podobnie jak to się stało z systemami satelitarnymi. Również należy przyjąć, że konstrukcja zdalnie prowadzonego systemu lotniczego musi zapewniać

⁹ *Bezzałogowe statki powietrzne w Polsce, Raport o aktualnym stanie prawnym odnoszącym się do bezzałogowych statków powietrznych (Raport otwarcia)*, Urząd Lotnictwa Cywilnego, Zespół do spraw bezzałogowych statków powietrznych, Warszawa 2013, http://ulc.gov.pl/_download/publikacje/_UAV_raport_ULC_2013.pdf [dostęp: 10.03.2014].

¹⁰ T. Zieliński, T. Zieliński, *Bezzałogowe systemy powietrzne w działaniach ekspedycyjnych*, AON, Warszawa 2010, s. 40.

utrzymywanie wymaganych parametrów lotu oraz wymagań eksploatacyjnych, uwzględniając wieloletnie wykorzystanie RPAS ze szczególnym uwzględnieniem: użytkowania, obsługiwaniania, remontowania, zaopatrywania w części zamienne i materiały jednorazowego użycia, magazynowania i likwidacji technicznej (złomowania). Wartość zdalnie prowadzonego systemu lotniczego należy określać według podatności:

- użytkowej,
- obsługowej,
- remontowej,
- diagnostycznej.

Decydują one o stopniu realizacji funkcji przypisywanych RPAS oraz wpływają na organizację zadań, misji i operacji. Są one sprzężone z otoczeniem, które wpływa na wartości cech wyznaczających właściwości RPAS – np. niewłaściwa diagnostyka może stać się przyczyną niewykorzystania pozostałego rezerwu (trwałości). Jednak odpowiednia profilaktyka poprzez dodatkowe przeglądy techniczne zespołów może pozwalać na zwiększenie trwałości normatywnej. Odzwierciedlenie cech RPAS, rozpatrywane w parametrach mierzalnych (ilościowych) i niemierzalnych (jakościowych) oraz oceniane podczas prób i testów, stanowią:

- własności: funkcja lotna, warunki konstrukcyjne użytkowania i utrzymywania zdolności, wymiary, masa RPAS, ilość dostępnego paliwa lub stan naładowania baterii, struktura zespołu napędowego, wytrzymałość na procesy zmęczeniowe, potencjał eksploatacyjny i użytkowy, potencjał eksploatacyjny utrzymywania zdolności RPAS, sterowalność RPAS, przywracalność, zdolności¹¹, maksymalna masa ładunku;
- właściwości: funkcjonalność, niezawodność, gotowość¹², odpowiedniość¹³, trwałość, żywotność, podatność eksploatacyjna.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Rozwój nowoczesnych technik i technologii przyczynia się do podejmowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie wykrywania, zwalczania i neutralizacji zagrożeń oraz opracowywania indywidualnych środków ochrony i wyposażenia. W sferze bezpieczeństwa wewnętrznego priorytet stanowią bezzałogowe systemy/platformy przemieszczające się w przestrzeni ekosfery ziemskiej. Stąd też w Krajowym Programie Badań (KPB) określono strategiczne kierunki badań naukowych i prac rozwojowych związanych z „Bezpieczeństwem i obronnością państwa”. Istotną problematykę stano-

¹¹ Zdolność – zespół cech decydujących o ekonomii i efektywności eksploatacji, a przede wszystkim użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, definicja za: J. Lewitowicz, K. Kustroń, *Podstawy eksploatacji statków powietrznych*, ITWL, Warszawa 2003.

¹² Gotowość – właściwość, zdolność do wykonania zadania lotniczego natychmiast, bądź w zakładanym czasie, definicja za: jw.

¹³ Odpowiedniość – właściwość, przystosowanie do wykonania zadania operacyjnego z uwzględnieniem czynników destrukcyjnych zewnętrznych, definicja za: jw.

wią zagadnienia związane ze sterowaniem autonomicznym bezałogowymi platformami za pomocą różnorodnych wyświetlaczy przeziernych typu HUD, które do niedawna miały jedynie zastosowanie militarne. Toteż zakres merytoryczny projektu „Sterowanie autonomicznym dronem za pomocą gogli (monookularu)” zgodny jest z kierunkiem badań określonych w KPB. Zatem wdrożenie wyników projektu powinno przyczynić się do rozwoju zdolności operacyjnej służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo granic i obronność państwa.

Sterowanie autonomicznym dronem za pomocą monokularu konieczne jest również podczas planowania i prowadzenia działań poszukiwawczo-ratowniczych. Jednak systemy stosowane w działaniach operacyjnych przez służby, w tym Straż Graniczną powinny uwzględniać wyposażenie RPAS w: RPA, RPS, C2 Link. Także konieczne jest dodatkowe, opcjonalne zainstalowanie komponentów zdalnie prowadzonych systemów w postaci: możliwość komunikacji z kontrolerami ruchu lotniczego (komunikacja głosowa, CPDLC), posiadanie transpondera SSR i ADS-B, wyposażenie w certyfikowane urządzenia nawigacyjne, zapewnienie urządzeń wspierających start i lądowanie (katapulty, spadochrony), urządzenia FMS, urządzenia monitorowania poprawności działania RPAS, posiadanie systemu zakończenia lotu w przypadkach awaryjnych. Równie ważne jest rozróżnianie dwóch rodzajów komunikacji w relacji RPA i RPS: komunikacja na częstotliwości bezpośrednio z RPA-RLOS oraz komunikacja z RPA za pośrednictwem satelity lub naziemnej sieci – BRLOS. W praktyce podstawowa różnica między RLOS i BRLOS to wartość opóźnienia sygnału. W przypadku podejmowania działań operacyjnych, komercyjnych z zastosowaniem RPAS konieczne jest korzystanie z certyfikowanych danych uzyskanych z: sieci naziemnych permanentnych stacji RTK DGPS systemu ASG EUPOS lub systemu satelitarnego EGNOS (GNSS/SBAS), systemów informacji geograficznej o terenie GIS/SIP lub numerycznego modelu terenu. Oczywiście zawsze należy uwzględniać prognozę pogody, a szczególnie prędkość i kierunek wiatru.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The author presents the factors and parameters that have a fundamental influence on the operational use of RPAS. For this purpose he conducts an analysis of the availability of certificated civil and augmentation GNSS. The author verifies the preparedness of flexible elements of the airspace as well as of European and domestic law and technical provisions (as for 31 December 2018). He specifies proper characteristics and operational properties of the RPAS, as well as, the necessity of service and airworthiness. He emphasizes that modern technologies require proper professional staff preparation. From conducted tests it stems that unmanned aerial vehicles create a lot of new possibilities which may be used during operational work, crisis management, monitoring, provision of supply during search and rescue and others. While performing their tasks, RPAS operators are participating in the dynamic ATM process in the airspace.

Hence, they have to apply up to date techniques and air technologies, which increase the capacity and the flexibility of the European and Polish airspace as well as flights efficiency. Thus, the investigation RPAS application requires appropriate professional arrangement. The work is aimed at familiarizing the readers with factors and parameters determining the operational application of RPAS.

Keywords: RPAS, GNSS, ATM

BIBLIOGRAFIA

- Bezzałogowe statki powietrzne w Polsce, Raport o aktualnym stanie prawnym odnoszącym się do bezzałogowych statków powietrznych (Raport otwarcia)*, Urząd Lotnictwa Cywilnego, Warszawa 2013, http://ulc.gov.pl/_download/publikacje_/UAV_raport_ULC_2013.pdf [dostęp: 10.03.2014].
- Cwojdzński L., *Bezzałogowe systemy walki*, WAT, Warszawa 2014.
- ICAO Doc 9613, Performance-based Navigation (PBN) Manual, ICAO, Third edition 2008.
- ICAO Doc 9750-AN/963, Global Air Navigation Plan (GANP) 2016–2030, ICAO, Fifth Edition 2016.
- Lewitowicz J., Kustron K., *Podstawy eksploatacji statków powietrznych*, ITWL, Warszawa 2003.
- PBN implementation in the European Air Traffic Management Network (EATMN), Notice of Proposed Amendment 2015-01, RMT.0639.
- Polityka Transportowa Państwa na lata 2006–2025*, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 27 czerwca 2005.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 grudnia 2018 r. w sprawie struktury polskiej przestrzeni powietrznej oraz szczegółowych warunków i sposobu korzystania z tej przestrzeni (Dz. U. z 2019 r., poz. 619).
- Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)*, Warszawa 2017.
- Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.)*, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Warszawa dnia 22 stycznia 2013 r.
- Zieliński T., *Bezzałogowe systemy powietrzne w działaniach ekspedycyjnych*, AON, Warszawa 2010.

Przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa lotów BSP. Wyniki sondażu opinii

Causes of Hazards to the Safety of UAV flights.
Results of the Survey

Maciej Zawistowski, Radosław Fellner, Beata Wojtasiak
CNBOP-PIB

Dominika Marzec
PORT LOTNICZY OLSZTYN-MAZURY

STRESZCZENIE

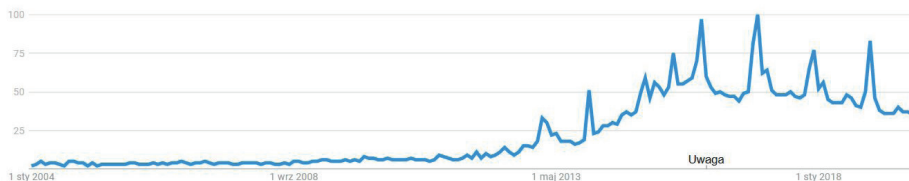
W opracowaniu autorzy w oparciu o teorię oraz modele analizy czynnika ludzkiego w lotnictwie przedstawili problematykę uwarunkowań zachowania i działań operatorów bezzałogowych statków powietrznych (BSP) z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa, świadomości sytuacji i komunikacji. Poza badaniami literaturowymi, przeprowadzono pierwszy w Polsce sondaż opinii operatorów i osób związanych z sektorem BSP na temat przyczyn zagrożeń bezpieczeństwa lotów BSP, w których udział wzięło 212 osób. Przeprowadzona ankieta rozpowszechniona została na najliczniejszych forach internetowych i grupach dyskusyjnych dotyczących bezzałogowych statków powietrznych (BSP). Celem badań była diagnoza roli czynnika ludzkiego w generowaniu zagrożeń związanych z bezpieczeństwem lotniczym w lotach BSP. Udział w badaniu wzięły osoby posiadające uprawnienia do sterowania BSP oraz osoby bez takich uprawnień. Uzyskane wyniki potwierdziły, że w potocznej opinii czynnik ludzki jest jedną z najczęstszych przyczyn wypadków i awarii w lotach BSP.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, bezzałogowe statki powietrzne, BSP, lotnictwo

WSTĘP

Zainteresowanie dotyczące bezzałogowych statków powietrznych (BSP) rośnie z roku na rok zarówno wśród operatorów amatorów, jak i profesjonalistów, którzy je wykorzystują na wiele sposobów. Zjawisko to można zaobserwować poprzez coraz częstsze pojawianie się tej tematyki głównie w Internecie, w ramach różnych grup dyskusyjnych (np. DRONES Polska, DronoStrefa), popularności wyszukiwań (ryc. 1.), wydażeń (np. Drone Tech World Meeting w Toruniu, International Drone Event i Global

Drone Conference w Kielcach), zawodów (np. Droniada – Poligon Systemów Bezzałogowych, Local Tournament of European Robotics League, UAE Drones for Good Award, UAV Challenge), wyścigów (np. FAI Drone Racing World Cup).



Ryc. 1. Popularność hasła „drones” w wyszukiwarce Google w ujęciu czasowym (2004–2018)¹
 Źródło: <https://trends.google.pl/trends/explore?q=drones&geo=PL> [dostęp: 1.05.2019].

Świadczyć o tym może również coraz większa liczba osób posiadających uprawnienia operatora BSP. Na dzień 19.04.2018 r. liczba ważnych świadectw kwalifikacji UAVO wynosiła 6846, w dniu 13.07.2018 r. – już 7635², zaś do dnia 30.11.2018 r. liczba ta wzrosła do 9332³. W lutym 2019 r. osiągnęła wartość 10001, co przedstawia tabela 1 i ryc. 2.

Tabela 1. Liczba wydanych świadectw kwalifikacji dla operatorów pojazdów bezzałogowych

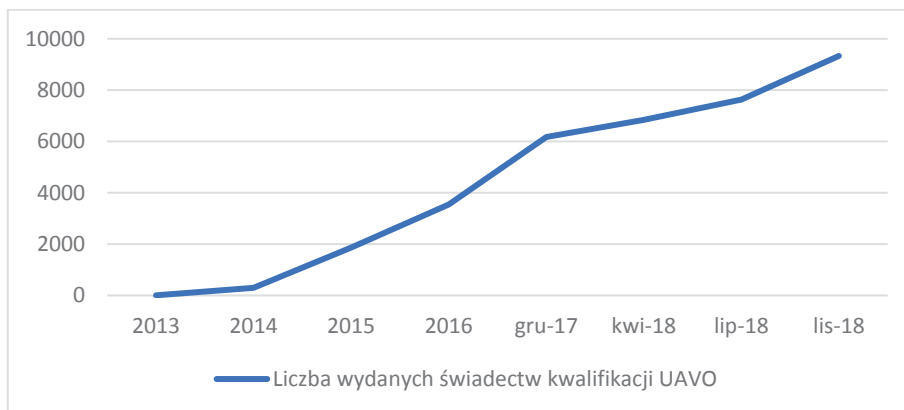
Data	2013 r.	2014 r.	2015 r.	2016	13.12.2017 r.	19.04.2018 r.	13.07.2018 r.	30.11.2018 r.	28.02.2019 r.
Liczba świadectw kwalifikacji	5	301	1861	3548	6173	6846	7635	9332	10001

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://uavo.com.pl/category/dane-statystyczne>;
<http://www.swiatdronow.pl/statystyki-uavo-na-dzien-19-04-2018>; P. Szymański, *Nowe przepisy dla lotów Bezzałogowych*, Departament Bezzałogowych Statków Powietrznych, ULC, <https://ilot.edu.pl/wp-content/uploads/2019/03/Pawe%C5%82-Szyna%C5%84ski-Nowe-przepisy-dla-lot%C3%B3w-bezza%C5%82ogowych.pdf> [dostęp: 1.05.2019].

¹ Liczby reprezentują poszczególne zainteresowania w wyszukiwaniu względem najwyższego punktu na wykresie. Wartość 100 oznacza najwyższą popularność hasła. Wartość 50 oznacza, że popularność hasła była dwukrotnie mniejsza. Wartość 0 wskazuje, że dla danego hasła nie ma wystarczających danych.

² P. Szymański, *Oczekiwane zmiany w przepisach*, Departament Bezzałogowych Statków Powietrznych, Seminarium Instruktorskie w zakresie UAVO, 13 lipca 2018 r., http://ulc.gov.pl/_download/wiadomosci/Seminarium_INS_-_zmiany_w_przepisach_krajowych_Pszymanski.pdf [dostęp: 1.05.2019].

³ <http://ironsky.pl/ilu-operatorow-dronow-jest-w-polsce/> [dostęp: 1.05.2019].



Ryc. 2. Liczba wydanych świadectw kwalifikacji dla operatorów pojazdów bezzałogowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie – <http://uavo.com.pl/category/dane-statystyczne/>;
<http://www.swiatdronow.pl/statystyki-uavo-na-dzien-19-04-2018/>; P. Szymański, *Nowe przepisy dla lotów Bezzałogowych*, Departament Bezzałogowych Statków Powietrznych, ULC, <https://ilot.edu.pl/wp-content/uploads/2019/03/Pawe%C5%82-Szyma%C5%84ski-Nowe-przepisy-dla-lot%C3%B3w-bezza%C5%82ogowych.pdf> [dostęp: 1.05.2019].

W polskim środowisku dronowym co prawda przeprowadzono kilka badań sondażowych za pomocą kwestionariusza dotyczących bezzałogowych statków powietrznych, ale nie były one poświęcone bezpośrednio aspektowi przyczyn zagrożeń bezpieczeństwa lotów. Do najważniejszych dotychczas zorganizowanych badań należy zaliczyć:

- ankietę ULC dotyczącą bezzałogowych statków powietrznych w Polsce z dnia 30 września 2013 r., w której udział wzięło 139 uczestników – respondenci wskazali, że najczęstszą przyczyną wystąpienia awarii jest błąd w pilotażu lub niedokładne sprawdzenie BSP przed lotem;
- pierwszy narodowy test wiedzy dla operatorów i kandydatów na operatorów bezzałogowych statków powietrznych przeprowadzony przez DroneRadar w grupie 633 uczestników – sprawdzono znajomość podstawowych zasad i terminów lotniczych i wykazano, że program szkolenia z zakresu uzyskania Świadectwa Kwalifikacji wydawanego przez Urząd Lotnictwa Cywilnego podnosi świadomość operatorów i osoby ze świadectwem kwalifikacji uzyskały lepsze wyniki z testu niż osoby, które nie legitymują się tym dokumentem (odpowiednio 76% i 54%);
- ankietę badawczą „Bezzałogowe statki powietrzne – nowa era w prawie lotniczym” z okresu styczeń–luty 2019 r., w której udział wzięło 107 osób – zadano m.in. pytanie, jak ankietowani oceniają świadomość środowiska w odniesieniu do znajomości zasad użytkowania, przepisów i zasad bezpiecznej eksploatacji BSP. 8 osób odpowiedziało, że bardzo dobrze (większość operatorów jest świadoma zasad), 39 – dobrze (większość operatorów jest świadoma zasad, choć

zdarzają się wyjątki), 42 – średnio (większość operatorów jest świadoma tylko niektórych zasad), 12 – słabo (większość operatorów nie jest świadoma zasad lub ma świadomość o niektórych zasadach). Z kolei na pytanie, co zdaniem ankietowanych ma największy wpływ na podnoszenie świadomości środowiska krajowego w zakresie znajomości zasad użytkowania, przepisów i zasad bezpiecznej eksploatacji BSP, 23 osoby wskazały jakość szkolenia w ośrodkach, 2 – jakość egzaminów państwowych, 33 – jakość publicznie dostępnych informacji, w tym na stronach administracji rządowej, 23 – kampanie informacyjne oraz konferencja/warsztaty, 20 – informacje o pociągnięciu kogoś do odpowiedzialności prawnej za złamanie zasad.

W obliczu niewystarczających danych, zasadne jest postawienie następujących pytań:

- czy świadomość obecnych, jak i potencjalnych operatorów w aspekcie przyczyn zagrożeń bezpieczeństwa lotów jest wystarczająco duża, żeby zachować odpowiedni poziom bezpieczeństwa?
- czy przygotowując się do lotu, operatorzy BSP wiedzą, gdzie mogą znaleźć informacje o ewentualnych ograniczeniach czy restrykcjach?
- czy zasady latania – np. w pobliżu lotnisk, które są obiektami szczególnie powiązanymi z ruchem lotniczym – są jasne i łatwo dostępne?
- czy zarządzający lotniskami dbają w wystarczającym stopniu o bezpieczeństwo w aspekcie lotów bezzałogowców?

Przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa lotów BSP – opinia operatorów

W dniach 26.04–12.10.2018 r. przeprowadzono badanie metodą sondażu opinii. Kwestionariusz ankiety opracowano w Formularzu Google i rozpowszechniono na wybranych forach i grupach, które poświęcone są BSP, m.in. DRONES Polska, DRONY PRACA, Drony – latamy bezpiecznie, UAVO Polish Group, Drony centrum. Celem badań była diagnoza zagrożeń, w tym roli czynnika ludzkiego w ich generowaniu, związanych z bezpieczeństwem lotniczym w lotach BSP. Opinie zebrano od osób posiadających i nieposiadających uprawnienia do sterowania BSP.

Ankieta składała się z 8 pytań, z czego 6 stanowiły pytania jednokrotnego wyboru, a 2 miały charakter otwarty. W pierwszej części kwestionariusza uwzględniono 3 pytania metryczkowe dotyczące wykonywanego zawodu, wieku i posiadanych uprawnień. Kolejne 3 pytania odnosiły się do zagrożeń bezpieczeństwa związanych z lotami BSP. Ostatnie 2 pytania miały charakter otwarty, w których uczestnicy badania mogli pisemnie wyrazić swoje poglądy na temat proponowanych przez nich metod minimalizacji ryzyka zagrożeń, a także wyrazić opinię o poruszanej w badaniu problematyce. Elektroniczny formularz wypełniło 211 osób, jednak nie każdy ankietowany udzielił odpowiedzi na wszystkie zadane pytania. W tabeli 2 przedstawiono strukturę ankietowanych ze względu na wykonywany zawód i wiek.

Tabela 2. Rozkład wieku i wykonywanych zawodów wśród ankietowanych (N = 211)

Lp.	Odpowiedź/Wiek	Pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Operator UAV	Operator UAV i personel ATS/ pracownik organizacji lotniczej/ pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Modelarz/hobbysta	Inna profesja	Pracownik innej organizacji lotniczej	Prawnik	Pracownik lotniska	Personel ATS	Instruktor	Suma
Ankietowani bez uprawnień UAVO												
1	18–25	10	5	1	3	8	1	2	2	1	0	33
2	26–30	2	0	0	0	2	2	0	1	2	0	9
3	31–40	7	14	1	1	0	2	1	0	3	0	29
4	41–50	4	9	2	3	1	2	0	0	1	0	22
5	51–60	5	3	0	1	2	0	0	0	0	1	12
6	Powyżej 60. roku życia	0	6	0	0	2	1	0	0	0	0	9
	Suma	28	37	4	8	15	8	3	3	7	1	114
Ankietowani z uprawnieniami UAVO												
1	18–25	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	14
2	26–30	0	10	4	0	0	0	0	0	0	0	14
3	31–40	2	33	4	0	0	1	0	0	0	0	40
4	41–50	1	14	1	0	1	0	0	0	0	0	17
5	51–60	1	6	1	0	0	0	0	0	0	1	9
6	Powyżej 60. roku życia	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Suma	5	79	10	0	1	1	0	0	0	1	97

Źródło: opracowanie własne.

Wśród ankietowanych najwięcej osób zadeklarowało wiek z przedziałów 31–40 lat (69 osób) oraz 18–25 lat (47 respondentów). Taki podział wskazuje, że największe zainteresowanie platformami bezzałogowymi wykazują osoby młode, będące w wieku do 40 lat (około 66% wszystkich ankietowanych). Wynikać to może z łatwiejszego przystosowywania się tych osób do nowych technologii oraz umiejętności ich adaptowania w celach zarobkowych. Należy również zaznaczyć, że najwięcej osób posiadających uprawnienia UAVO zidentyfikowano w grupie wiekowej 31–40 lat (około 42%). Należy przypuszczać, że grupę tę tworzą przedstawiciele profesjonalnych firm związanych z BSP oraz osoby wykorzystujące je komercyjnie, w np. fotografii, geodezji i filmowaniu. Dodatkowo warto zaznaczyć, że młodsze grupy wiekowe (18–25 oraz

26–30 lat) również posiadają znaczny udział w liczbie ankietowanych z uprawnieniami UAVO (odpowiednio po około 15%).

Pośród wszystkich wykonywanych profesji najliczniejszą grupą okazali się operatorzy BSP (116 osób, z czego 79 posiada uprawnienia UAVO). Pierwsze pytanie dotyczyło najczęściej występujących przyczyn zagrożeń bezpieczeństwa lotniczego związanych z lotami BSP. Respondenci mogli wybrać jedną spośród 4 odpowiedzi: czynnik ludzki, organizacyjny, techniczny lub środowiskowy⁴. Na to pytanie odpowiedzi udzieliło 105 osób. Ich rozkład ujęto w tabeli 3.

Tabela 3. Najczęściej występujące przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa lotniczego zdaniem respondentów (N = 105)

Lp.	Odpowiedź/Przyczyna	Pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Operator UAV	Operator UAV i personel ATS/ pracownik organizacji lotniczej/ pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Modelarz/hobbyista	Inna profesja	Pracownik innej organizacji lotniczej	Prawnik	Pracownik lotniska	Personel ATS	Instruktor	Suma
Bez uprawnień UAVO												
1	Czynnik ludzki	6	11	2	1	3	3	3	1	3	0	33
2	Czynnik organizacyjny	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3
3	Czynnik techniczny	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	4
4	Czynnik środowiskowy	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	Suma	7	14	2	1	5	5	3	1	3	0	41
Z uprawnieniami UAVO												
1	Czynnik ludzki	3	49	2	0	1	0	0	0	0	0	55
2	Czynnik organizacyjny	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
3	Czynnik techniczny	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
4	Czynnik środowiskowy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Suma	4	55	4	0	1	0	0	0	0	0	64

Źródło: opracowanie własne.

⁴ Taką klasyfikację przyjęto wzorując się na zarządzeniu nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006, poz. 43).

Jak wynika z danych ujętych w tabeli 3 zdecydowana większość ankietowanych (84%) uznała, że największym zagrożeniem bezpieczeństwa lotniczego związanym z lotami UAV jest czynnik ludzki. Podobny rozkład zaobserwowano zarówno wśród amatorów, jak i osób posiadających uprawnienia UAVO (odpowiednio 80% i 86%). Wynika to z dużej świadomości grup związanych z pojazdami bezałogowymi w zakresie własnych błędów i niedokładności. Pozostałe odpowiedzi występowały sporadycznie i ich liczba nie przekraczała sumarycznie 10% respondentów. Może to również wynikać z coraz większej liczby niebezpiecznych zdarzeń z udziałem BSP⁵.

Kolejne pytanie ankietowe jednokrotnego wyboru dotyczyło najbardziej dotkliwej przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa związanych z lotami UAV. Odpowiedzi na to pytanie udzieliło w sumie 207 osób, wśród których 95 posiadało uprawnienia UAVO. Dane zebrane w tym obszarze ujęto w tabeli 4.

Tabela 4. Najbardziej dotkliwe przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa związane z lotami UAV (N = 207)

Lp.	Odpowiedź /Przyczyna	Pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Operator UAV	Operator UAV i personel ATS/ pracownik organizacji lotniczej/ pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Modelarz/hobbyista	Inna profesja	Pracownik innej organizacji lotniczej	Prawnik	Pracownik lotniska	Personel ATS	Instruktor	Suma
Bez uprawnień UAVO												
1	Czynnik ludzki	21	28	2	5	9	5	2	2	5	1	80
2	Czynnik organizacyjny	4	3	2	0	3	1	0	0	0	0	13
3	Czynnik techniczny	1	6	0	2	2	2	1	1	0	0	15
4	Czynnik środowiskowy	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	4
	Suma	27	38	4	9	14	8	3	3	5	1	112
Z uprawnieniami UAVO												
1	Czynnik ludzki	1	57	6	0	1	1	0	0	0	0	66
2	Czynnik organizacyjny	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	9
3	Czynnik techniczny	1	13	2	0	0	0	0	0	0	1	17
4	Czynnik środowiskowy	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Suma	5	77	10	0	1	1	0	0	0	1	95

Źródło: opracowanie własne.

⁵ C. Forrest, *17 Drone Disasters that Show Why the FAA Hates Drones*, <https://www.techrepublic.com/article/12-drone-disasters-that-show-why-the-faa-hates-drones/> [dostęp: 25.04.2019].

Uzyskane odpowiedzi korespondują z dominującymi wynikami zebranymi w pytaniu pierwszym. Za najważniejsze zagrożenie bezpieczeństwa związane z lotami UAV ankietowani uznali czynnik ludzki (70%). Podobny rozkład ma miejsce w przypadku prowadzenia komercyjnych lotów osobowych⁶. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż część ankietowanych również wskazało czynnik techniczny (15%) i organizacyjny (11%). Podobne wyniki otrzymano bez względu na posiadane przez ankietowanych uprawnienia UAWO (czynnik ludzki: 71% respondenci bez uprawnień UAWO, 69,5% ankietowani z kwalifikacjami UAWO). Taki rozkład odpowiedzi może świadczyć o stosunkowo dużej świadomości operatorów na temat tego, iż błędne działania człowieka (operatora drona) mogą skutkować obniżeniem poziomu bezpieczeństwa załogowych statków w przestrzeni powietrznej, znacznymi stratami materialnymi lub nawet obrażeniami i śmiercią innych osób.

Trzecie pytanie ankietowe dotyczyło grup przyczynowych związanych z czynnikiem ludzkim. Ten czynnik był najczęściej wskazywany jako przyczyna zagrożeń bezpieczeństwa lotniczego związanych z lotami BSP. Celem tego pytania było określenie konkretnego aspektu działalności człowieka wpływającego na powstawanie niebezpiecznych zdarzeń. Na pytanie odpowiedzi udzieliło 192 opiniodawców (91 posiadało uprawnienia UAWO). Spośród odpowiedzi ankietowani mieli do wyboru: „brak kwalifikacji”, „postępowanie umyślne”, „błędy proceduralne” oraz „inne”. Wyniki przedstawiono w tabeli 5.

Najczęściej udzielaną odpowiedzią był brak kwalifikacji wynikający z braku wiedzy o procedurach i nikłym doświadczeniu w pilotowaniu BSP. Należy jednak również zwrócić uwagę, że co dziesiąty ankietowany uważa, że najczęściej występującym zagrożeniem jest świadome i umyślne odstępianie od procedur lub przepisów. Taka sytuacja może być również spowodowana rutyną charakterystyczną dla osób, które posiadają wieloletnie doświadczenie. A zatem zasadnym jest nawiązanie w trakcie szkoleń UAWO do teorii „parszywej dwunastki”⁷, zgodnie z którą nadmiar lub brak czynników powoduje zwiększenie ryzyka wystąpienia zdarzenia lotniczego (jednym z czynników tego modelu jest rutyna).

Kolejne zadane ankietowanym pytanie miało charakter otwarty i dotyczyło sposobów minimalizowania ryzyka zagrożeń wykazanych we wcześniejszych pytaniach. Uzyskane odpowiedzi pogrupowano w 8 kategorii, mianowicie:

1. Lepszy nadzór – nad programami szkolenia, operatorami, zwiększenie wiedzy i kompetencji instytucji i służb, wydawanie wytycznych, dostosowanie i ujednolicenie pytań egzaminacyjnych, częstsze kontrole wykonujących loty.

⁶ M. Nowakowski, M. Zieja, T. Ewertowski, A. Żyłuk, *Badanie udziału czynnika ludzkiego z wykorzystaniem opracowanego modelu taksonomii przyczyn zdarzeń lotniczych*, „Autobusy” 2016, 12, s. 339–347.

⁷ AP 715 *An Introduction to Aircraft Maintenance Engineering Human Factors for JAR 66*, Civil Aviation Authority, styczeń 2002, s. 20.

Tabela 5. Grupy przyczynowe związane z czynnikiem ludzkim zdaniem respondentów (N = 192)

Lp.	Odpowiedź/Zawód	Pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Operator UAV	Operator UAV i personel ATS/ pracownik organizacji lotniczej/ pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Modelarz/hobbysta	Inna profesja	Pracownik innej organizacji lotniczej	Prawnik	Pracownik lotniska	Personel ATS	Instruktor	Suma
Bez uprawnień UAVO												
1	Brak kwalifikacji – błędne działanie wynikające z braku wiedzy, umiejętności, połączone z brakiem doświadczenia lub wykształcenia	22	31	3	5	7	6	3	2	3	0	82
2	Inne	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	4
3	Postępowanie umyślne – zamierzone odstępianie od procedur operacyjnych i/lub przepisów	2	3	1	0	1	1	0	0	0	0	8
4	Błędy proceduralne – niezamierzone odstępianie od przestrzegania procedur lub przepisów. Intencja działania prawidłowa, lecz wykonanie błędne	1	1	0	1	2	1	0	1	0	0	7
Suma		25	36	4	6	12	8	3	3	3	1	101
Z uprawnieniami UAVO												
1	Brak kwalifikacji – błędne działanie wynikające z braku wiedzy, umiejętności, połączone z brakiem doświadczenia lub wykształcenia	2	55	7	0	0	1	0	0	0	1	66
2	Inne	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	Postępowanie umyślne – zamierzone odstępianie od procedur operacyjnych i/lub przepisów	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	13
4	Błędy proceduralne – niezamierzone odstępianie od przestrzegania procedur lub przepisów. Intencja działania prawidłowa, lecz wykonanie błędne	1	7	1	0	1	0	0	0	0	0	10
Suma		3	76	9	0	1	1	0	0	0	1	91

Źródło: opracowanie własne.

2. Podnoszenie świadomości – edukowanie hobbystów i amatorów, kampanie informacyjne, infografiki.
3. Jasne przepisy i informacje dla operatorów; czytelne, zrozumiałe procedury.
4. Rejestracja BSP.
5. Modernizowanie technologii BSP, by zwiększyć ich niezawodność, wbudowany geo-fencing, wyłączanie BSP w pobliżu infrastruktury krytycznej (lotniska, fabryki).
6. Szkolenie – wykwalifikowana kadra w ośrodkach szkolenia, nacisk na poprawną obsługę techniczną i procedury w sytuacjach awaryjnych, akcent na współpracę z ATS, nacisk na praktykę.
7. Zobowiązanie producentów do uwzględniania ulotek informacyjnych na temat podstawowych zasad lotu BSP, instrukcji bezpiecznego latania, źródeł informacji o obowiązujących regulacjach prawnych.
8. Obowiązkowe szkolenia lub uprawnienia dla kupujących BSP, obligatoryjne okresowe szkolenia operatorów, zwiększenie wymagań uzyskania uprawnień.

Z uwagi na treść niektórych uzyskanych odpowiedzi, część z nich została zakwalifikowana do kilku kategorii. Otrzymane wyniki zaprezentowano tabeli 6.

Jak wynika z danych ujętych w tabeli 6 wśród osób nieposiadających uprawnień UAVO najczęściej odpowiedzi odnosiło się do podnoszenia świadomości oraz jakości szkoleń UAVO. Podobnych odpowiedzi udzieliły osoby z uprawnieniami UAVO. Co ciekawe, trzecia najczęściej wskazywana odpowiedź wśród ankietowanych nieposiadających uprawnień UAVO dotyczy wprowadzenia obowiązkowych szkoleń lub uprawnień dla kupujących BSP (18%). W przypadku ankietowanych z uprawnieniami UAVO, trzecią najczęściej udzielaną odpowiedzią był lepszy nadzór nad programami szkolenia operatorów, zwiększenie wiedzy i kompetencji instytucji oraz służb oraz ujednoczenie pytań egzaminacyjnych. Warto w tym miejscu zastanowić się nad pożądanym kierunkiem modyfikacji szkoleń w taki sposób, aby zapewniały wyższą jakość szkolenia teoretycznego, jak również praktycznego. Ankietowani także zwrócili uwagę na konieczność poprawy przygotowania służb porządkowych do legitymowania osób wykonujących loty BSP oraz ich stanu technicznego.

Ostatnie pytanie dało respondentom szansę na przedstawienie swoich przemyśleń dotyczących poruszanej w badaniu problematyki. Odpowiedzi na to pytanie udzieliło 31 osób. Większość odpowiedzi wiązało się z zastrzeżeniem prawa i przepisów związanych z BSP (ewentualnie ich ujednoczonymi) oraz faktu, iż postęp technologiczny z nimi związany jest dużo szybszy niż wymagane zmiany w prawie. Druga najczęściej pojawiająca się odpowiedź była związana z poruszaniem się BSP w obszarach zabronionych, jak np. lotniska. Ankietowani zwrócili uwagę na zarówno częsty brak wiedzy operatora, jak również brak informowania kupujących o przepisach, jakie obowiązują zarówno ich samych, sprzedających/dystrybutorów, jak również producentów (np. w formie ulotek informacyjnych). Sytuacja staje się niezwykle problematyczna, jeżeli BSP otrzyma w prezencie dziecko i będzie z niego korzystało bez nadzoru osoby dorosłej.

Tabela 6. Sposoby zminimalizowania ryzyka zagrożeń w opinii respondentów

Lp.	Odpowiedź/Zawód	Pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Operator UAV	Operator UAV i personel ATS/ pracownik organizacji lotniczej/ pilot (UACP/SPL/PPL/CPL/ATPL)	Modelarz/hobbysta	Inna profesja	Pracownik innej organizacji lotniczej	Prawnik	Pracownik lotniska	Personel ATS	Instruktor	Suma
Bez uprawnień UAVO												
1	Lepszy nadzór	3	10	1	1	1	0	0	1	0	0	17
2	Podnoszenie świadomości na temat obowiązujących przepisów	5	24	2	3	4	2	2	0	4	0	46
3	Jasne przepisy i informacje dla operatorów	1	7	1	0	1	2	0	0	1	0	13
4	Rejestracja BSP	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	3
5	Modernizowanie technologii BSP	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3
6	Szkolenie	9	19	6	1	4	3	0	1	3	0	46
7	Zobowiązanie producentów do informowania o przepisach	0	3	0	0	1	0	2	0	1	0	7
8	Obowiązkowe szkolenia lub uprawnienia dla kupujących BSP	6	12	6	1	3	1	0	0	0	0	29
Suma		24	79	16	6	14	9	4	2	10	0	164
Z uprawnieniami UAVO												
1	Lepszy nadzór	0	5	4	0	0	0	0	0	0	1	10
2	Podnoszenie świadomości na temat obowiązujących przepisów	0	15	2	0	0	0	0	0	0	0	17
3	Jasne przepisy i informacje dla operatorów	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	Rejestracja BSP	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
5	Modernizowanie technologii BSP	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
6	Szkolenie	1	12	2	0	1	0	0	0	0	0	16
7	Zobowiązanie producentów do informowania o przepisach	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
8	Obowiązkowe szkolenia lub uprawnienia dla kupujących BSP	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Suma		1	49	9	0	2	0	0	0	0	1	62

Źródło: opracowanie własne.

Część z pojazdów bezzałogowych posiada w swoim oprogramowaniu wykaz obszarów zabronionych, jednak ankietowani zwrócili uwagę, że z jednej strony jest to urządzenie techniczne i może ulec awarii a z drugiej, że nie ma pewności poprawnego wprowadzenia przez producenta stref zabronionych dla danego kraju.

Wśród odpowiedzi były też takie, które dotyczyły zmiany sposobu prowadzenia szkoleń i egzaminów przeprowadzanych w celu nadania uprawnienia do posługiwania się BSP. Ankietowani wskazali, że szkoły powinny posiadać dobrą opinię oraz większy odsetek pozytywnie zaliczonych egzaminów państwowych. Dodatkowo odpowiedzi wskazują, że zasadne jest usunięcie z listy ULC ośrodków (głównie tych zorientowanych na promocję i sprzedaż sprzętu), które nie dysponują stałą kadrą wyszkolonych instruktorów.

Dodatkowo część odpowiedzi wskazuje na konieczność ciągłego treningu operatora z maszyną oraz inne rodzaje zagrożeń, które są bardzo trudne do przewidzenia przez operatora, jak np. zakłócenia elektromagnetyczne.

Respondenci zwrócili również uwagę na rolę ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej (OC). W odpowiedziach padły propozycje wprowadzenia obowiązku wykupywania ubezpieczeń OC w trakcie zakupu BSP. Ma to pozwolić na zwiększenie świadomości i odejście od założenia, że dron to nieszkodliwa zabawka oraz wyeliminować sytuacje, w których operator wykonuje pracę zarobkową twierdząc, że jest to przelot rekreacyjny.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zainteresowanie bezzałogowymi statkami w Polsce zarówno na gruncie amatorskim, jak i profesjonalnym, czy też naukowym ciągle rośnie. Można to zaobserwować poprzez pojawienie się na rynku coraz większej liczby profesjonalnych firm związanych z dronami, wydanych świadectw kwalifikacji (por. ryc. 2), zrealizowanych projektów naukowych i powstałych w tym zakresie publikacji. Uzyskane w drodze badania ankietowego odpowiedzi wskazują, że zwiększone zainteresowanie nową technologią zdecydowanie przeważa wśród osób w wieku 31–40 lat. Znaczna ich część (prawie 60%) posiada uprawnienia operatora BSP, co może wskazywać na wykorzystywanie bezzałogowych statków powietrznych w celach zawodowych, np. do fotografowania/filmowania lub w geodezji i kartografii do wykonywania precyzyjnych ortofotomap.

Ankietowani w odpowiedziach udzielonych na pytanie dotyczące przyczyn zagrożeń bezpieczeństwa lotniczego w znacznej części (84%) wskazywali czynnik ludzki. Taki stan wskazuje na wysoką świadomość zagrożeń, jakie niesie ze sobą dron. Szczególnie pozytywne i ważne do odnotowania jest również to, że czynnik ludzki był wybierany równie często przez operatorów z uprawnieniami UAVO, jak i bez nich.

W przypadku pytania dotyczącego najbardziej dotkliwych przyczyn zagrożeń bezpieczeństwa związanego z lotami UAV ankietowani najczęściej wybierali odpowiedź wskazującą na czynnik ludzki (70%). Dominowała ona zarówno wśród an-

kietowanych z uprawnieniami UAWO, jak i bez nich, co świadczy o świadomości użytkowników dronów w zakresie współdzielenia przestrzeni powietrznej z innymi podmiotami.

Wśród opiniodawców najczęściej udzielaną odpowiedzią na pytanie dotyczące grup przyczynowych związanych z czynnikiem ludzkim był brak kwalifikacji, wynikający z braku wiedzy o procedurach i nikłym doświadczeniu w pilotowaniu BSP. Warto również zwrócić uwagę, że co dziesiąty ankietowany uważa, że zagrożeniem jest świadome i umyślne odstępianie od procedur lub przepisów, co może wynikać z rutyny charakterystycznej dla wieloletnich operatorów dronów.

Odpowiedzi udzielone na ostatnie pytanie o charakterze otwartym a dotyczące sposobów zminimalizowania ryzyka zagrożeń wykazały, że respondenci dostrzegają konieczność podnoszenia świadomości operatorów i jakości ich szkoleń. Dodatkowo ankietowani zwrócili uwagę na potrzebę gruntownej poprawy przygotowania służb mundurowych do wykonywania kontroli operatorów BSP oraz obowiązku wykupywania ubezpieczeń OC.

Ostatecznie ważne jest wdrożenie właściwych szkoleń o dostosowanej tematyce i zakresie, w taki sposób, aby ograniczać ryzyko powstawania niebezpiecznych sytuacji zwiększając tym samym bezpieczeństwo społeczeństwa. Wyniki ankiety należy jednak rozpatrywać z dużą dozą ostrożności, gdyż w badaniu wzięło udział jedynie część osób związanych z BSP (212 osób). W związku z dynamicznym rozwojem branży pojazdów bezzałogowych oraz prawa regulującego ich wykorzystanie, zasadnym jest prowadzenie dalszych badań, w tym badań ankietowych oraz dyskusji w tym obszarze.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The authors, with the use of the theory and models of human factor analysis in aviation, present the factors influencing the behaviour and actions of the unmanned aerial vehicles (UAV) operators, including the safety aspects, situation awareness and communication. In addition to the literature research, they conduct first in Poland operators and people related to the drone industry survey, with 212 respondents. The questionnaire was published on the most popular forums and discussion groups related to the UAV. The aim of the survey was to analyse the role of the human factor in generation of the threats to aviation safety of the UAV flights. The respondents answered 8 questions and were divided into two groups: operators with and without the authority to control the UAV. The conducted research confirmed that in common opinion the human factor is one of the main causes of the UAV flight accidents and failures.

Keywords: safety, unmanned aerial vehicles, UAV, aviation

BIBLIOGRAFIA

- AP 715 *An Introduction to Aircraft Maintenance Engineering Human Factors for JAR 66*, Civil Aviation Authority, styczeń 2002.
- Forrest C., *17 Drone Disasters that Show Why the FAA Hates Drones*, <https://www.techrepublic.com/article/12-drone-disasters-that-show-why-the-faa-hates-drones/> [dostęp: 1.05.2019].
- <http://info.dron.pl/najnowsze-trendy-panujace-w-swiecie-bezalogowcow/> [dostęp: 06.06.2019].
- <http://ironsky.pl/ilu-operatorow-dronow-jest-w-polsce/> [dostęp: 1.05.2019].
- <http://uavo.com.pl/category/dane-statystyczne/> [dostęp: 1.05.2019].
- <http://www.swiatdronow.pl/statystyki-uavo-na-dzien-19-04-2018> [dostęp: 7.06.2019].
- <https://trends.google.pl/trends/explore?q=drones&geo=PL> [dostęp: 1.05.2019].
- Nowakowski M., Zieja M., Ewertowski T., Żyłuk A, *Badanie udziału czynnika ludzkiego z wykorzystaniem opracowanego modelu taksonomii przyczyn zdarzeń lotniczych*, „Autobusy” 2016, 12.
- Szymański P., *Nowe przepisy dla lotów Bezzałogowych*, Departament Bezzałogowych Statków Powietrznych, ULC, <https://ilot.edu.pl/wp-content/uploads/2019/03/Pawe%C5%82-Szyma%C5%84ski-Nowe-przepisy-dla-lot%C3%B3w-bezza%C5%82ogowych.pdf> [dostęp: 7.06.2019].
- Szymański P., *Oczekiwane zmiany w przepisach*, Departament Bezzałogowych statków powietrznych, Seminarium Instruktorskie w zakresie UAWO, 13 lipca 2018 r., http://ulc.gov.pl/_download/wiadomosci/Seminarium_INS_-_zmiany_w_przepisach_krajowych_PSYManski.pdf [dostęp: 1.05.2019].
- Zarządzenie nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych (Dz. Urz. ULC z dnia 29.12.2006, poz. 43).

Bezpieczeństwo operacji lotniczych w aspekcie szkolenia i pracy operatorów bezzałogowych statków powietrznych

Safety of Air Operations in the Aspect of Training and Work of Unmanned Aerial Vehicle Operators

Wiktor Wyszywacz
AEROKLUB POLSKI

STRESZCZENIE

W opracowaniu przeanalizowano problemy istniejącego systemu bezpieczeństwa dotyczącego operacji lotniczych wykonywanych przez BSP. Obszar rozważań obejmuje bezpieczeństwo operacji w aspekcie stosowanych barier ochronnych zabezpieczających przed materializacją zagrożeń. Uwzględniono dwa rodzaje barier (warstw ochronnych) – istniejące regulacje i programy szkolenia operatora. Przedstawiono schemat operacji BSP, elementy bezpieczeństwa zawarte w przepisach dla lotów modeli oraz operacji VLOS i BVLOS. Szkolenie operatorów UAVO zaprezentowano w układzie zawartości programów szkolenia teoretycznego i praktycznego. Ukazano modelowy schemat przyczyn i skutków w systemie bezpieczeństwa operacji VLOS i BVLOS. Określono źródła i występujące grupy zagrożeń. Zaadaptowano do analizy systemu metodę LOPA (Layer of Protection Analysis¹). Przeprowadzono ewaluację regulacji i szkoleń operatorów jako barier dla zidentyfikowanych zagrożeń. We wnioskach stwierdzono, że istniejący system bezpieczeństwa jest niedoskonały i wymaga dopracowania. Z przeprowadzonych badań wynika, że poprawne merytorycznie programy szkolenia, a w konsekwencji wyższe kwalifikacje operatorów BSP, stanowią skuteczniejsze bariery ochronne niż obowiązujące regulacje.

Słowa kluczowe: BSP, bezpieczeństwo, metoda LOPA, programy szkolenia, zagrożenia

WSTĘP

Bezzałogowe statki powietrzne zaczęto skutecznie stosować i prowadzić badania nad ich rozwojem głównie do celów wojskowych. Jednak ogromny potencjał lotnictwa bezzałogowego i jego dynamiczny rozwój nieodwracalnie przesunął użycie BSP do realizacji celów cywilnych. Bezzałogowe statki powietrzne znajdują praktyczne zastosowania w ba-

¹ A.E. Summers, *Introduction to Layer of Protection Analysis*, „Journal of Hazardous Materials” 2003, 104(1-3), s. 163-168.

daniach naukowych, w wielu gałęziach gospodarki, biznesie, w rekreacji i sporcie. BSP w trudnych, specyficznych warunkach okazały się wręcz niezastąpione ze względów bezpieczeństwa, jak i uwarunkowań ekonomicznych. Dziś trudno znaleźć dziedzinę, w której nie stosuje się z powodzeniem BSP. Szczególny obszar zastosowań BSP stanowią działania związane z ogólnie rozumianym bezpieczeństwem, ochroną życia, zdrowia i mienia, zarządzaniem kryzysowym, ratownictwem, ochroną przeciwpożarową i wielu innych.

Obszarem rozważań niniejszego opracowania są zagadnienia związane z zarządzaniem bezpieczeństwem w aspekcie szkolenia i pracy operatorów BSP. Istniejące regulacje światowe i krajowe dotyczące lotów bezzałogowców oraz problematyka szkolenia ich operatorów zawierają szereg elementów dotyczących zarządzania bezpieczeństwem operacji BSP. Analizę ograniczono do cywilnych BSP o MTOM do 25 kg. Pominęto BSP o MTOM poniżej 600 g. Wyłączono odrębny temat poziomu niezawodności, doskonałości i parametrów technicznych urządzeń, ze względu na ich obszerność tematyczną. Z uwagi na dominujący wpływ czynnika ludzkiego² na poziom bezpieczeństwa, co wykazano w poprzednim rozdziale niniejszej monografii pt. *Przyczyny zagrożeń bezpieczeństwa lotów BSP. Wyniki sondażu opinii*, głównym obszarem rozważań są zagadnienia związane z błędami człowieka.

Analizę badanej tematyki przeprowadzono pod kątem elementów zawartych w regulacjach i przepisach dotyczących lotów BSP³, jak i krajowych programów szkolenia operatorów BSP⁴. Podjęto próbę ustalenia zależności pomiędzy elementami składowymi regulacji dotyczących lotów BSP oraz programów szkolenia ich operatorów (mających wpływ na ich kwalifikacje) a poziomem zarządzania bezpieczeństwem w lotach BSP. Analiza tych zagadnień pozwoliła na identyfikację i zdefiniowanie przyczyn zawartych w regulacjach, jak i programach szkoleniowych a mających znaczący wpływ na proces zarządzania bezpieczeństwem w operacjach BSP oraz umożliwiła określenie działań przynoszących poprawę w tym zakresie.

Autor pracy starał się uwzględnić możliwie szeroki zakres problematyki w tym specyfikę lotów na rzecz bezpieczeństwa, wykonywanych przez różnego rodzaju służby i instytucje. Loty takie realizowane są w szczególnych sytuacjach bez możliwości zaplanowania, z czynnikiem zaskoczenia i w narzuconych przez okoliczności warunkach meteorologicznych oraz operacyjnych.

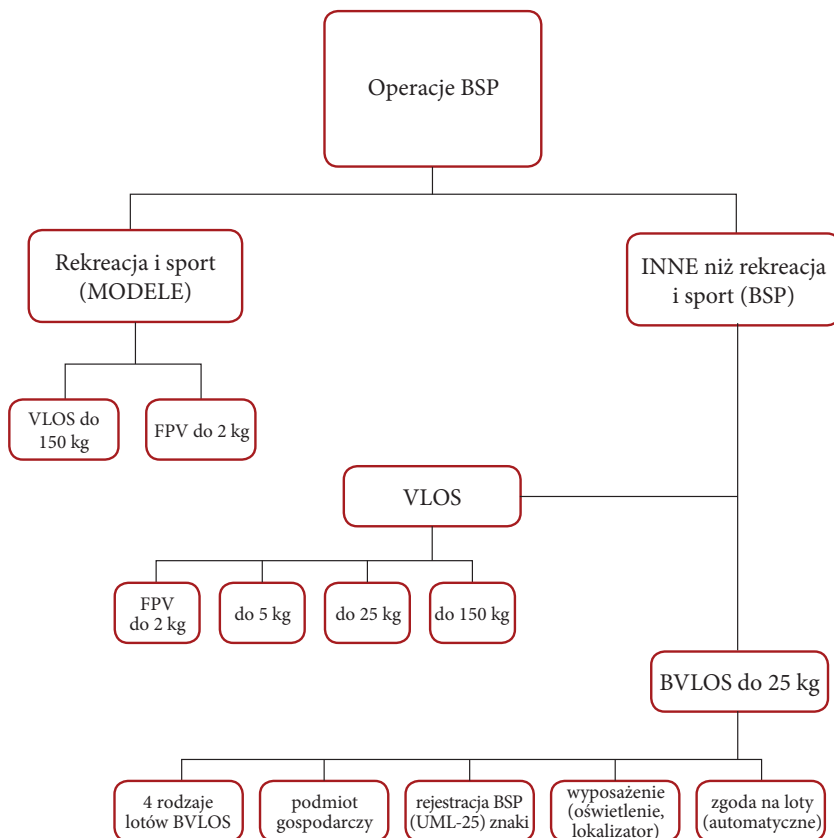
² E. Kałużna, A. Fellner, *Metody uwzględnienia czynnika ludzkiego w zarządzaniu bezpieczeństwem systemu transportu lotniczego*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej” 2014, s. 103; E. Klich, *Bezpieczeństwo lotów w transporcie lotniczym*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2010; D. Marzec, R. Fellner, *Wpływ czynnika ludzkiego na bezpieczeństwo lotów bezzałogowych statków powietrznych*, VII Międzynarodowa Konferencja „Nauki społeczne i techniczne – zakres współpracy na rzecz poprawy bezpieczeństwa”, 22.06.2018 r., Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach.

³ Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. poz. 440 z późn. zm.).

⁴ Ogłoszenie nr 7 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 6 lutego 2019 r. w sprawie programów szkoleń do uzyskania świadectwa kwalifikacji członków personelu lotniczego oraz wpisywanych do nich uprawnień prowadzonych przez pomioty szkolące (Dz. Urz. ULC, poz. 12).

Operacje BSP

Regulacje krajowe⁵ dzielą generalnie operacje bezałogowych statków powietrznych ze względu na przeznaczenie (sport/rekreacja, inne), rodzaj (z widzialnością BSP lub bez) i kategorie wagowe MTOM – ryc. 1.



Ryc. 1. Podział operacji lotniczych BSP ze względu na rodzaj, MTOM i wymagania stawiane do ich realizacji
Źródło: opracowanie własne na podstawie Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27 października 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, załącznik 6 i 6a (Dz. U. poz. 1993); Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 grudnia 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. z 2019 r., poz. 94).

⁵ Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27 października 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, załącznik 6 i 6a (Dz. U. poz. 1993) oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 grudnia 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. z 2019 r., poz. 94).

Rekreacja i sport

Polski ustawodawca⁶ zezwolił na wykonywanie modelami – bez posiadania świadectw kwalifikacji, bez badań lekarskich – tylko lotów VLOS oraz lotów FPV o MTOM do 2 kg. Loty w strukturach stałych lub elastycznych przestrzeni powietrznej dozwolone są na warunkach i za zgodą zarządzającego. Bezpieczeństwo ma zapewnić enumeratywne wskazanie odległości bezpiecznych⁷:

- odległość pozioma nie mniejsza niż 100 m od zabudowy miejscowości, miast, osiedli lub od zgromadzeń ludzi na wolnym powietrzu,
- odległość pozioma nie mniejsza niż 30 m od osób, pojazdów, obiektów budowlanych niebędących w dyspozycji lub pod kontrolą operatora.

Dla lotów FPV⁸:

- do wysokości nie większej niż 50 m nad poziomem terenu,
- w odległości poziomej nie większej niż 200 m od operatora.

Bezpieczeństwo ma zapewnić także wprowadzone pojęcie odległości bezpiecznej i szczególnej ostrożności.

Loty VLOS

W lotach VLOS, w celach innych niż rekreacyjne i sportowe, ustalono następujące warunki⁹:

- wymagane świadectwo kwalifikacji operatora,
- w lotach BSP o MTOM do 5 kg nie jest wymagane orzeczenie lekarskie,
- brak limitu wieku dla operatorów,
- dla lotów FPV warunki jak dla modeli,
- loty w strukturach stałych i elastycznych przestrzeni powietrznej na warunkach i za zgodą zarządzającego,
- BSP wyposażony w tabliczkę znamionową, failsafe i światła,
- wymóg posiadania INOP i kamizelki,
- odległość bezpieczna i szczególna ostrożność.

Loty BVLOS

Loty BVLOS można wykonywać jako loty:

- a) operacyjne,
- b) specjalistyczne,
- c) automatyczne,
- d) szkoleniowe.

⁶ Załącznik nr 6, jw.

⁷ Załącznik nr 6, jw.

⁸ Załącznik nr 6, jw.

⁹ Załącznik nr 6a, jw.

Warunki do wykonywania operacji BVLOS są następujące¹⁰:

- rejestracja w ULC po wyposażeniu BSP w:
 - znaki rozpoznawcze nadane BSP i wpis do ewidencji statków powietrznych,
 - urządzenia monitorujące tor lotu, stopień rozładowania akumulatorów, moc sygnału BSP ze stacją naziemną,
 - urządzenia pokazujące położenie, prędkość, wysokość, kierunek lotu i rejestrację tych parametrów,
 - urządzenia do wykonania automatycznych procedur awaryjnych,
 - kamerę do obserwacji przestrzeni;
- otrzymanie zgody od Prezesa ULC na wykonywanie jednego z czterech rodzajów lotów, ważnej przez 12 miesięcy,
- wymóg posiadania INOP (zawierającej sposoby ograniczenia ryzyka wykonywanych operacji) i noszenia kamizelki ostrzegawczej,
- świadectwo kwalifikacji,
- orzeczenie lekarskie,
- loty w strukturach stałych i elastycznych przestrzeni powietrznej na warunkach i za zgodą zarządzającego,
- BSP wyposażony w tabliczkę znamionową, failsafe i odpowiednie światła,
- zachowanie bezpiecznej odległości i szczególnej ostrożności.

Szkolenia operatorów

Do uzyskania świadectwa kwalifikacji VLOS i BVLOS, ULC¹¹ wprowadził dwa odrębne programy szkolenia. Składają się one z części dotyczącej szkolenia teoretycznego i praktycznego. Założeniem jest przygotowanie do lotów VLOS i BVLOS osób, które nie posiadają wcześniejszego doświadczenia i wiedzy w tej dziedzinie – tabela 1.

¹⁰ Załącznik nr 6b do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 20 grudnia 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. z 2019 r., poz. 94).

¹¹ Ogłoszenie nr 7 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 6 lutego 2019 r. w sprawie programów szkoleń do uzyskania świadectwa kwalifikacji członków personelu lotniczego oraz wpisywanych do nich uprawnień prowadzonych przez pomioty szkolące (Dz. Urz. ULC, poz. 12).

Tabela 1. Szkolenie teoretyczne i praktyczne VLOS i BVLOS

SZKOLENIE TEORETYCZNE – PRZEDMIOTY	
VLOS 14 h	BVLOS 25 h
Prawo lotnicze	Prawo lotnicze
Zasady wykonywania lotów	Zasady wykonywania lotów VLOS i BVLOS
Bezpieczeństwo wykonywania lotów i sytuacje niebezpieczne	Bezpieczeństwo wykonywania lotów i sytuacje niebezpieczne
Obsługa, budowa i działanie BSP	Obsługa, budowa i działanie BSP
	Meteorologi
	Nawigacja
	Procedury operacyjne
	Osiągi i planowanie lotu
SZKOLENIE PRAKTYCZNE	
VLOS	BVLOS
Ćwiczenia na ziemi – 2 h	Ćwiczenia na ziemi – 3 h
Symulator – czas określa podmiot szkolący	Symulator – czas określa podmiot szkolący
Ćwiczenia w locie – 4 h do 5 kg, 10 h do 25 kg	Ćwiczenia w locie – 10 h do 5 kg, 18 h do 25 kg
Przygotowanie operacyjne do lotu	Przygotowanie do lotu BSP
Bezpieczne wykonywanie czynności lotniczych	Bezpieczne wykonywanie czynności lotniczych
Obsługa naziemna i ocena zdolności do lotu	Obsługa naziemna i ocena zdolności do lotu
Wykonywanie procedur normalnych oraz w sytuacjach awaryjnych i niebezpiecznych	Wykonywanie procedur normalnych oraz w sytuacjach awaryjnych i niebezpiecznych

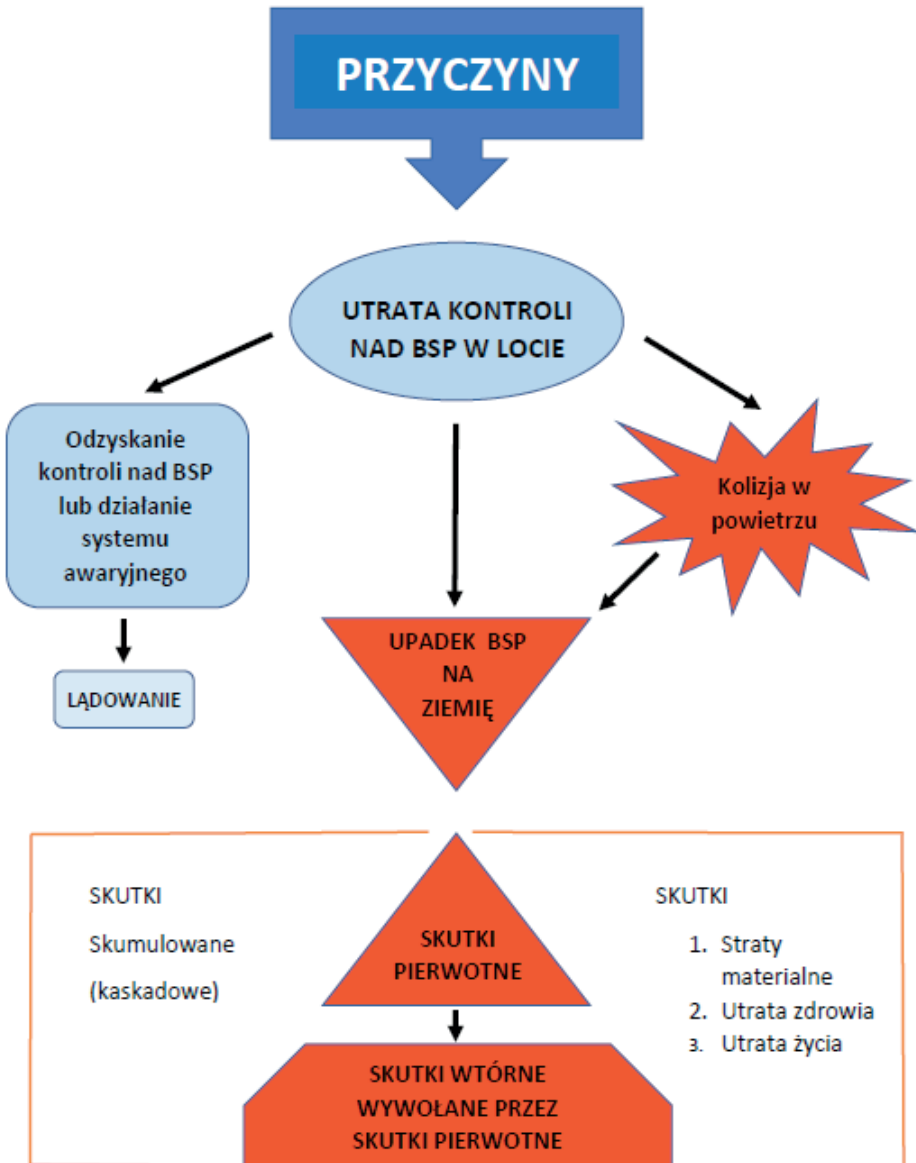
Źródło: opracowanie własne.

Zagrożenia

Identyfikacja zagrożeń

Do identyfikacji podstawowych składowych obszarów systemu bezpieczeństwa zastosowano metodę BHIP, która do rozpoznania zagrożeń wykorzystuje rozumowanie wstecz. Proces identyfikacji prowadzi się poszukując i analizując źródła zagrożeń dla znanych niekorzystnych zdarzeń albo stanów obszarów analiz¹². Schemat przyczyna – skutek dla analizowanego bezpieczeństwa lotów BSP ilustruje ryc. 2.

¹² M. Urbański, *Rozumowanie abdukcyjne. Modele i procedury*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2009; A. Gill, Kadziński A., *Rejestr zagrożeń*, „Autobusy” 2016, 12, s. 159–161.



Ryc. 2. Schemat przyczyna – skutek dla lotów BSP
Źródło: opracowanie własne.

Materializacją zagrożenia dla BSP jest jego upadek (spowodowany np. możliwą wcześniejszą kolizją) i w następstwie trudne do określenia skutki – utrata zdrowia lub życia ludzi, straty materialne lub inne. Ogromny zbiór źródeł zagrożeń można zawęzić do zagrożeń znaczących, analogicznych jak dla lotnictwa załogowego. Przydatne do analizy są teorie sprawdzone w systemach zarządzania bezpieczeństwem.

W rozważaniach wykorzystano klasyczne w lotnictwie koncepcje, takie jak: teoria SHELL F.H. Hawkinsa,¹³ Model 5M czy model „szwajcarskiego sera” J. Reasona¹⁴. Analiza szczegółowych przyczyn pozwala na sformułowanie ogólnych źródeł zagrożeń. Wyróżniono trzy grupy źródeł zagrożeń:

1. Człowiek:
 - psychologia, fizjologia,
 - kwalifikacje,
 - kultura bezpieczeństwa,
 - postawy,
 - stres.
2. Środowisko – uwarunkowania:
 - techniczne,
 - operacyjne,
 - meteorologiczne,
 - nawigacyjne,
 - środowiskowe.
3. Procedury, organizacja:
 - planowanie lotów, cele,
 - organizacja lotów,
 - wykonywanie zadań, stopień trudności,
 - nadzór,
 - system zarządzania, decyzje,
 - CRM.

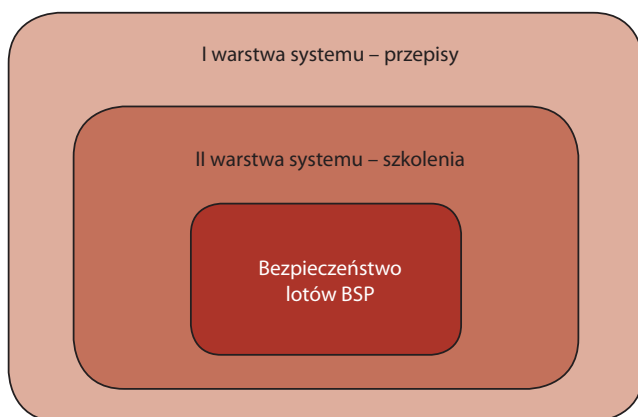
Jednym z zupełnie pomijanych zagrożeń związanych z działaniem operatora BSP jest tradycyjny sposób sterowania przy pomocy drążków kontrolera. Sterownie BSP, szczególnie w działaniach kryzysowych, ratunkowych, z elementem zaskoczenia, wymaga wyjątkowej precyzji pilotażu, której działający w ogromnym stresie operator nie jest w stanie sprostać. W takich ekstremalnych warunkach klasyczny sposób sterowania drążkami kontrolera nie spełnia swojego zadania. Opracowanie innych sposobów sterowania, np. za pomocą ruchu głowy, wzroku (ruchu gałki ocznej) bądź werbalnie (lub łącznie) i wprowadzenie ich do systemu szkolenia operatorów BSP, pozwoliłoby zastąpić niedoskonałość człowieka perfekcyjnie działającymi urządzeniami.

¹³ J. Dąbrowska, *Czynnik ludzki w lotnictwie*, „Prace Instytutu Lotnictwa” 2011, 221, s. 66–70.

¹⁴ Szymaniec K.M., *Systemowe zarządzanie ryzykiem zagrożeń w lotnictwie transportowym* – rozprawa doktorska, www.repozytorium.put.poznan.pl/Content/436003/ [dostęp: 4.09.2019].

Bariery – warstwy ochronne

Analiza warstw ochronnych LOPA (Layer of Protection Analysis) jest metodą wykorzystywaną do oceny funkcjonowania systemów bezpieczeństwa¹⁵. Użycie odpowiednich barier (zabezpieczeń) ma zapewnić bezpieczeństwo lub zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń niepożądanych. Jest to metoda związana z koncepcją stosowania barier ochronnych i strategią tzw. obrony w głąb¹⁶ (*defence in depth*). Dla lotów BSP systemowymi barierami zabezpieczającymi są narzucone przepisami warunki wykonywania lotów oraz zachowania operatorów uzależnione znacząco od prowadzonych szkoleń kwalifikacyjnych – ryc. 3.



Ryc. 3. Graficzna interpretacja warstwowego modelu systemu zabezpieczeń dla operacji BSP
Źródło: opracowanie własne.

Ewaluacja regulacji i szkoleń operatorów UAVO w odniesieniu do bezpieczeństwa operacji BSP

Warstwy ochronne (bariery) powinny budować szczelną strukturę modyfikowaną w zależności od potrzeb i zmieniających się warunków użytkowania BSP. Bariera powinna być szczelna i nawiązując do teorii Jamesa Reasona, jak najmniej podobna do plastra szwajcarskiego sera. System bezpieczeństwa mający zapobiegać materializacji zagrożeń tworzy łańcuch, którego ogniwami są niezależne warstwy ochronne (IPL, *independent protection layer*¹⁷).

W istniejących IPL – warstwach zabezpieczeń dla systemu bezpieczeństwa lotów BSP, rolę dominującą odgrywają obowiązujące przepisy oraz szkolenie operatorów.

¹⁵ A. Gill, *Warstwowe modele systemów bezpieczeństwa do zastosowań w transporcie szynowym*, WPP, Poznań 2018; R. Freeman, *Using Layer of Protection Analysis to Define Safety Integrity Level Requirements*, „Process Safety Progress” 2007, 26(3), s. 185–194; D. Wróblewski (red.), *Zarządzanie ryzykiem – przegląd wybranych metodyk*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.

¹⁶ A. Szymanek, *Zasada „głębokiej obrony” a zarządzanie bezpieczeństwem transportu*, „Logistyka” 2010, 2, s. 901–909.

¹⁷ A.E. Summers, dz. cyt.

Trzy grupy źródeł zagrożeń: „człowiek”, „środowisko – uwarunkowania” oraz „procedury i organizacja” zestawiono z warstwami ochronnymi IPL, to jest obowiązującymi regulacjami dla lotów VLOS i BVLOS oraz programami szkolenia dla tych operacji. Dokonano ewaluacji tych warstw ochronnych, szacując wskaźnik skuteczności oddziaływania na poziom bezpieczeństwa systemu. Z analizy wyłączono loty rekreacyjne i sportowe, co wynika z faktu braku szkoleń i nieznanomości przepisów przez większość operatorów modeli¹⁸. Warstwy ochronne regulacji i szkoleń dla lotów rekreacyjnych oraz sportowych praktycznie nie istnieją.

Tabela 2. Ewaluacja warstw ochronnych dla grup zagrożeń

	Źródła zagrożeń /zagrożenia	Warstwy ochrony – wskaźnik poziomu oddziaływania		Oszacowanie skuteczności	
		Obowiązujące regulacje dla lotów VLOS/BVLOS	Programy szkolenia	Wskaźnik skuteczności łącznie	Grupa zagrożeń
1	Psychologia, fizjologia	0	0,5	0,5	CZŁOWIEK 5 pkt
2	Kwalifikacje	0,5	1	1,5	
3	Kultura bezpieczeństwa	0,5	1	1,5	
4	Postawy	0	0,5	0,5	
5	Stres	0,5	0,5	1	
6	Techniczne	1	1	2	ŚRODOWISKO UWARUNKOWANIA 6,5 pkt
7	Operacyjne	0,5	1	1,5	
8	Meteorologiczne	0,5	1	1,5	
9	Nawigacyjne	0,5	0,5	1	
10	Środowiskowe	0	0,5	0,5	
11	Planowanie lotów, cele	0	0	0	PROCEDURY ORGANIZACJA 2 pkt
12	Organizacja lotów	0	0,5	0,5	
13	Wykonywanie zadań, stopień trudności	0,5	0,5	1	
14	Nadzór	0	0,5	0,5	
15	System zarządzania, decyzje	0	0	0	
16	CRM	0	0	0	
Szacowany wskaźnik wpływu bariery ochronnej na bezpieczeństwo lotów BSP		4,5	9	13,5	
1	– znaczący wpływ	MAKSYMALNA MOŻLIWA LICZBA PUNKTÓW			
0,5	– zauważalny wpływ				
0	– brak wpływu	16 pkt	16 pkt	32 pkt	

Źródło: opracowanie własne.

¹⁸ Załącznik nr 6 rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. (z późniejszymi zmianami – Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27 października 2016 r. oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 grudnia 2018 r.) nie nakłada obowiązku posiadania świadectwa kwalifikacji UAVO, co przekłada się na skąpą znajomość przepisów prawa lotniczego przez sportowców i osoby latające rekreacyjnie.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Graficzne podsumowanie skuteczności stosowanych warstw ochronnych IPL dla bezpieczeństwa lotów BSP w trzech grupach źródeł zagrożeń przedstawiają ryc. 4–5.

Skuteczna warstwa ochronna				S K W U S T K E A C Ż Z N N I O K Ś C I
G r u p a z a g r o ż e ń	C Z Ł O W I E K	10 pkt		
		9 pkt		
		8 pkt		
		7 pkt		
		6 pkt		
		5 pkt	5 pkt	
		4pkt		
		3pkt		
		2pkt		
		1pkt		
Nieskuteczna warstwa ochronna				

Ryc. 4. Wskaźnik skuteczności warstwy ochrony dla grupy zagrożeń – człowiek
Źródło: opracowanie własne.

Skuteczna warstwa ochronna				S K W U S T K E A C Ż Z N N I O K Ś C I
G r u p a z a g r o ż e ń	Ś W A R U N K O W I S K O W A N I A	10 pkt		
		9 pkt		
		8 pkt		
		7 pkt		
		6 pkt	6,5 pkt	
		5 pkt		
		4pkt		
		3pkt		
		2pkt		
		1pkt		
Nieskuteczna warstwa ochronna				

Ryc. 5. Wskaźnik skuteczności warstwy ochrony dla grupy środowisko – uwarunkowania
Źródło: opracowanie własne.

Skuteczna warstwa ochronna				S K W U S T K E A C Ź Z N N I O K Ś C I				
G r u p a z a g r o ż e ń	O P R O C E D U R Y O R G A N I Z A C Y A	12 pkt						
		11 pkt						
		10 pkt						
		9 pkt						
		8 pkt						
		7 pkt						
		6 pkt						
		5 pkt						
		4 pkt						
		3 pkt						
		2 pkt		2 pkt				
1 pkt								
Nieskuteczna warstwa ochronna								

Ryc. 6. Wskaźnik skuteczności warstwy ochrony dla grupy – procedury, organizacja
Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej ewaluacji warstw ochronnych dla zagrożeń bezpieczeństwa operacji BSP wynikają następujące wnioski:

1. Programy szkolenia (9 pkt) stanowią skuteczniejszą barierę od obowiązujących regulacji, co ma szczególne znaczenie w operacjach na rzecz bezpieczeństwa, gdzie dominuje czynnik ludzki.
2. Łączny wskaźnik skuteczności warstw ochronnych (13,5 pkt) nie sięga nawet połowy stanu idealnego – (32 pkt).
3. Programy i regulacje najlepiej zabezpieczają przed zagrożeniami z grupy środowisko – uwarunkowania.
4. Zabezpieczenie zagrożeń z grupy procedury – organizacja praktycznie nie istnieje – (2 pkt na max.12 pkt).

Wnioski natury ogólnej wynikające z przeprowadzonej analizy:

1. Bariery w postaci regulacji i szkoleń nie zaspakajają nawet w połowie idealnego stanu bezpieczeństwa.
2. Bariery dotyczące zabezpieczeń przed działaniami operatora (człowiek) są w połowie skuteczne (vs. 85% wypadków powoduje czynnik ludzki).
3. System nie zawiera barier dla zagrożeń operatorów modeli (kilkadziesiąt tysięcy osób).

4. Istniejące dysproporcje w skuteczności oddziaływania świadczą o braku spójności struktury systemu bezpieczeństwa. Należy zbudować system bezpieczeństwa dysponujący szeregiem skutecznych barier.

Słabością przeprowadzonej analizy skuteczności barier zabezpieczających IPL jest brak uwzględnienia innych barier ochronnych np. poziomu niezawodności i skuteczności zastosowanych technicznych zabezpieczeń w BSP, co stanowi przyczynek do prowadzenia dalszych badań w tym zakresie.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The study analyses the problems of the existing security system regarding operations performed by the UAV. The area of consideration includes the security of operations in the aspect of protective barriers used to protect against the materialization of threats. Two types of barriers (protective layers) have been taken into account – existing regulations and operator training programs. The scheme of the UAV operations, safety elements included in the regulations for model flights as well as VLOS and BVLOS operations are presented. The training of UAVO operators is presented in a form corresponding to the theoretical and practical training programs. The author presents a model scheme of causes and effects in the safety system of VLOS and BVLOS operations and identifies the sources and occurring threat groups. An analysis of the system utilises the LOPA (Layer of Protection Analysis) method. The author evaluates regulations and training as the barriers to the identified threats. The conclusions summarize the results of the work.

Keywords: UAV, safety, protective barriers, LOPA method, VLOS BVLOS training programs, threats

BIBLIOGRAFIA

- Dąbrowska J., Czynniki ludzkie w lotnictwie, „Prace Instytutu Lotnictwa” 2011, 221.
- Freeman R., *Using Layer of Protection Analysis to Define Safety Integrity Level Requirements*, „Process Safety Progress” 2007, 26(3).
- Gill A., *Warstwowe modele systemów bezpieczeństwa do zastosowań w transporcie szynowym*, WPP, Poznań 2018.
- Gill A., Kadziński A., *Rejestr zagrożeń*, „Autobusy” 2016, 12.
- Kałużna E., Fellner A., *Metody uwzględnienia czynnika ludzkiego w zarządzaniu bezpieczeństwem systemu transportu lotniczego*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej” 2014, 103.
- Klich E., *Bezpieczeństwo lotów w transporcie lotniczym*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2010.
- Marzec D., Fellner R., *Wpływ czynnika ludzkiego na bezpieczeństwo lotów bezzałogowych statków powietrznych*, VII Międzynarodowa Konferencja „Nauki społeczne i techniczne – zakres współpracy na rzecz poprawy bezpieczeństwa”, 22.06.2018 r., Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach.

- Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 27 października 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, załącznik 6 i 6a (Dz. U. poz. 1993).
- Ogłoszenie nr 7 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 6 lutego 2019 r. w sprawie programów szkoleń do uzyskania świadectwa kwalifikacji członków personelu lotniczego oraz wpiisywanych do nich uprawnień prowadzonych przez pomioty szkolące (Dz. Urz. ULC, poz. 12).
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. poz. 440 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 grudnia 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz. U. z 2019 r., poz. 94).
- Summers A.E., *Introduction to Layer of Protection Analysis*, „Journal of Hazardous Materials” 2003, 104(1–3).
- Szymanek A., *Zasada „głębokiej obrony” a zarządzanie bezpieczeństwem transportu*, „Logistyka” 2010, 2.
- Szymaniec K.M., *Systemowe zarządzanie ryzykiem zagrożeń w lotnictwie transportowym – rozprawa doktorska*, www.repozytorium.put.poznan.pl/Content/436003/ [dostęp: 4.09.2019].
- Urbański M., *Rozumowanie abdukcyjne. Modele i procedury*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2009.
- Wróblewski D. (red.), *Zarządzanie ryzykiem – przegląd wybranych metodyk*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.

Wybrane zagadnienia lotów BSP w przestrzeni powietrznej nad lotniskiem. Opinia kontrolerów ruchu lotniczego

Selected Issues of UAVs Flights in the Aerodrome's Airspace.
The Opinion of Air Traffic Controllers

Radosław Fellner
CNBOP-PIB

Dominika Marzec
PORT LOTNICZY OLSZTYN-MAZURY

STRESZCZENIE

Lotnictwo jest uważane za najbezpieczniejszy środek transportu, a utrzymanie takiego stanu w świetle wciąż rosnących rozmiarów tej gałęzi transportu, pojawiających się nowych rozwiązań technologicznych i związanych z nimi kolejnych zagrożeń bezpieczeństwa jest dużym wyzwaniem dla zarządzających przestrzenią powietrzną, służb porządku publicznego oraz prawodawców. Opracowanie podejmuje problematykę wykonywania operacji z wykorzystaniem BSP w przestrzeni powietrznej nad lotniskiem, np. w strefach CTR i ATZ. W rozdziale uwzględniono rolę podmiotów zaangażowanych bezpośrednio w utrzymanie bezpieczeństwa na lotnisku. W celu pozyskania niezbędnych informacji oprócz badań literaturowych, zastosowano metodę sondażu opinii kontrolerów ruchu lotniczego. Wynika z niego, że w opinii KRL poziom bezpieczeństwa nie jest zadowalający. W podsumowaniu pracy Czytelnik może zapoznać się z zaproponowanymi przez autorów narzędziami pozwalającymi na rozwiązanie zdiagnozowanych problemów.

Słowa kluczowe: bezzałogowe statki powietrzne, porty lotnicze, lotniska, kontrola ruchu lotniczego

WSTĘP

W Polsce przybywa pasjonatów rekreacyjnego latania bezzałogowymi statkami powietrznymi. Są też ci, którzy używają ich w codziennej pracy – funkcjonariusze Straży Granicznej czy operatorzy realizujący materiały filmowe. Popularność i liczba takich lotów gwałtownie rośnie. Wraz z nią rośnie ryzyko zdarzeń, w tym incydentów i wypadków lotniczych. Zidentyfikowano następującą liczbę incydentów związanych z na-

ruszeniem przestrzeni kontrolowanej lotnisk: 2013 r. – 1; 2014 r. – 2; 2015 r. – 17; 2016 r. – 20; 2017 r. – 12¹. W samym tylko 2016 r. Urząd Lotnictwa Cywilnego odnotował 20 zdarzeń z udziałem BSP², z czego 6 w CTR³: EPRW, EPLL, EPLB, EPBY, EPWA, EPKK. Dla porównania, amerykański nadzór lotniczy FAA informował w 2016 r, iż co miesiąc otrzymywał ponad 100 skarg od pilotów i przedstawicieli lotnisk na drony, które znajdowały się za blisko portu lotniczego lub samolotu⁴.

Tematy związane z wykorzystaniem BSP są stałym przedmiotem zainteresowania mediów, które informują o naruszaniu zasad bezpiecznego latania. W tym kontekście warto przypomnieć o takich doniesieniach, jak:

- zrzucenie z drona ładunku pirotechnicznego nad krakowskim lotniskiem w Balicach (marzec 2014 r.)⁵,
- zderzenia samolotu pasażerskiego z dronem w Kanadzie (październik 2017)⁶,
- samolot linii Lufthansa podczas podchodzenia do lądowania minął w odległości ok. 100 m drona (lipiec 2015 r.)⁷,
- w rejonie węzła Konotopa autostrady A2 załoga pasażerskiego Boeinga 777 linii Emirates zgłosiła kontroli ruchu lotniczego, że widzą latający obiekt, prawdopodobnie drona, kilka dni później pilot samolotu linii Wizzair lecącego z Dortmundu zgłosił, że widział dwa drony w bliskiej odległości (czerwiec 2016 r.)⁸,
- incydent w pobliżu portu lotniczego Gatwick (lipiec 2017 r.)⁹,
- podczas podchodzenia do lądowania na lotnisku Warszawa-Modlin pilot zauważył drona, urządzenie przeleciało w odległości ok. 100 m od skrzydła samolotu (październik 2017 r.)¹⁰.

Warto zwrócić uwagę na inny aspekt naruszania przestrzeni powietrznej, mianowicie ten związany z naruszaniem granicy państwowej przez statki powietrzne. W 2015 r. SG odnotowała 107 przypadków nieuprawnionych przelotów przez granicę państwa statków powietrznych różnego typu (samoloty, motolotnie oraz drony)¹¹, zaś w 2017 r.

¹ Odpowiedź na interpelację nr 21150 w sprawie potencjalnego wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych (dronów) do działalności przestępczej, Odpowiadający: sekretarz stanu w Ministerstwie Infrastruktury Mikołaj Wild, Warszawa, 11.05.2018 r.

² Odpowiedź ULC z dnia 30.01.2017 r.

³ EPRW – incydent 155/16 z dnia 29.01.2016 r., EPLL – incydent 860/16 z dnia 8.05.2016 r., EPLB – incydent 1259/16 z dnia 4.06.2016 r., EPBY – incydent 1402/16 z dnia 21.06.2016 r., EPWA – incydent 1437/16 z dnia 25.06.2016 r., EPKK – incydent 2184/16 z dnia 20.08.2016 r.

⁴ <https://www.fly4free.pl/na-lotniskach-system-do-niszczenia-dronow/> [dostęp: 24.07.2018].

⁵ <http://www.tvp.info/20937014/dron-zrzucil-ladunek-wybuchowy-na-lotnisko-wojskowe-w-balicach-abwma-film-ze-zdarzenia-jest-sledztwo-wideo> [dostęp: 24.07.2018].

⁶ <http://fakty.interia.pl/swiat/news-kanada-dron-zderzyl-sie-z-samolotem,nId,2453201> [dostęp: 24.07.2018].

⁷ <https://www.tvn24.pl/wiadomosci-z-kraju,3/warszawa-dron-bliski-zderzenia-z-samolotem-na-lotnisku-chopina,561923.html> [dostęp: 24.07.2018].

⁸ <http://wawalove.pl/Drony-przy-Lotnisku-Chopina-Wstrzymano-ladowania-samolotow-a22986> [dostęp: 24.07.2018].

⁹ <http://www.bbc.com/news/uk-40476264> [dostęp: 24.07.2018].

¹⁰ <http://www.nadwislanski.strazgraniczna.pl/wis/aktualnosci/24618,Niebezpieczna-sytuacja-na-lotnisku.html> [dostęp: 24.07.2018].

¹¹ Odpowiedź na interpelację poselską nr 4396 w sprawie naruszenia przestrzeni powietrznej RP, Warszawa, 25.07.2016 r.

odnotowano 97 takich przypadków¹². Maszyny są wykorzystywane głównie do przemytu wyrobów tytoniowych¹³.

Istotne jest zatem uwzględnienie perspektywy podmiotów zaangażowanych w utrzymanie bezpieczeństwa na lotniskach i w pobliżu przestrzeni powietrznej nad lotniskami, na których może się wszak znajdować przejście graniczne. Do tych podmiotów zalicza się m.in. zarządzającego lotniskiem i podległe mu służby, kontrolerów ruchu lotniczego, dyżurnego operacyjnego portu lotniczego, kierownika ds. bezpieczeństwa lotniska (tzw. safety manager), operatora BSP, przedstawicieli Urzędu Lotnictwa Cywilnego, a nawet prokuratora czy Policję – ryc. 1.



Ryc. 1. Podmioty zaangażowane w zapewnienie bezpiecznych lotów BSP nad lotniskami
Źródło: opracowanie własne.

Poza podmiotami przedstawionymi na ryc. 1, bezpośrednio zaangażowanymi w zapewnianie bezpieczeństwa na lotnisku oraz w jego otoczeniu, ważną rolę (najczęściej reaktywną) odgrywają służby porządku publicznego. Niniejsze opracowanie skierowane jest do wszystkich wymienionych podmiotów, ze szczególnym uwzględnieniem operatorów bezałogowych statków powietrznych, dla których poznanie perspektywy i trudności pojawiających się w pracy przedstawicieli służb ruchu lotniczego w przypadku konieczności kontrolowania lotu BSP jest szczególnie ważne.

¹² Odpowiedź na interpelację nr 21150 w sprawie potencjalnego wykorzystania bezałogowych statków powietrznych (dronów) do działalności przestępczej, Warszawa, 6.06.2018 r.

¹³ jw.

Autorzy posłużyli się kilkoma metodami badawczymi. Analiza literatury naukowej i regulacji prawnych umożliwiła odtworzenie warunków, w jakich mogą być wykonywane operacje BSP. Analiza treści (opisów sytuacji i komentarzy) opublikowanych przez operatorów BSP na grupach dyskusyjnych w mediach społecznościowych umożliwiła częściową ocenę stopnia świadomości obowiązujących w czasie realizacji badań regulacji¹⁴, jak i potencjalnych operatorów. Przeprowadzono także analizę stron internetowych wszystkich portów lotniczych w Polsce pod kątem obecności treści informujących o zasadach lotu BSP w strefach CTR. Ponadto, aby poznać perspektywę i opinię kontrolerów ruchu lotniczego w zakresie rozważanej tu problematyki, podjęto szeroko zakrojone, pierwsze w Polsce badania metodą sondażu opinii na temat bezpieczeństwa lotów BSP w przestrzeni powietrznej nad lotniskami. W ramach badania opracowaną ankietę rozesłano w październiku 2017 r. do ponad 300 kontrolerów. Badania prowadzono do końca grudnia 2017 r.

Aby zachować przejrzystość i granicę rozważań, należy sprecyzować znaczenie pojęcia „bezpieczeństwo”, gdyż w obszarze transportu lotniczego wyróżnia się jego dwa, odmienne znaczenia.

Bezpieczeństwo jako ochrona lotnictwa (ang. *aviation security*) oznacza połączenie środków oraz zasobów ludzkich i materialnych przeznaczonych do ochrony lotnictwa cywilnego przed aktami bezprawnej ingerencji, tj. zniszczeniem infrastruktury lotniczej lub statku powietrznego, porwaniem lub umieszczeniem na jego pokładzie urządzeń i substancji mogących stanowić zagrożenie dla życia pasażerów; dotyczy zabezpieczenia technicznego obszaru wewnętrznego, czyli terminali, obsługi ruchu pasażerskiego i bagażowego oraz zewnętrznego, czyli ruchu i pasów startowych, infrastruktury lotniska¹⁵.

Bezpieczeństwo lotnicze (ang. *safety*) obejmuje parametry techniczne i przepisy skierowane na produkcję i użytkowanie statków powietrznych, dzięki którym poziom ryzyka wyrządzenia szkody, wystąpienia usterki lub pojawienia się błędu jest niższy od maksymalnego poziomu zaakceptowanego przez uprawniony do tego organ¹⁶.

Wykonywanie lotów nad portami lotniczymi

Na dzień 25.07.2019 r. w Polsce funkcjonowało 15 portów lotniczych¹⁷. Są one obiektami szczególnymi w zakresie ochrony interesu gospodarczego państwa¹⁸. Generalna zasada brzmi: nad portami lotniczymi nie można latać rekreacyjnie i sportowo, nawet

¹⁴ Według stanu na październik 2017 r.

¹⁵ J. Sztucki, M. Gąsior, G. Zajac, M. Szczelina, *Zarządzanie bezpieczeństwem lotnictwa cywilnego*, Dolnośląska Szkoła Wyższa, Wrocław 2011, s. 32.

¹⁶ Aneks 19 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, „Zarządzanie Bezpieczeństwem”, wydanie 1, ICAO, Montreal 2013, s. 1–2.

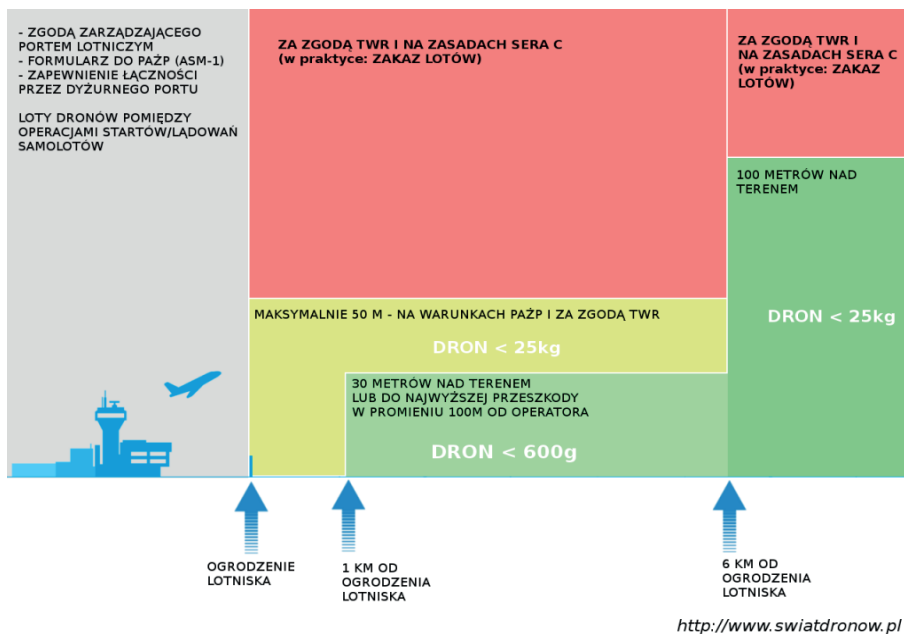
¹⁷ Zob. *Załącznik 1. Polskie porty lotnicze* niniejszej monografii.

¹⁸ Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 23 sierpnia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie osób i mienia (Dz. U. poz. 1432).

małymi dronami. Osoby chcące wykonać loty nad portem lotniczym w celach innych niż rekreacyjne i sportowe (np. loty komercyjne, badawcze) muszą uzyskać zgodę zarządzającego portem lotniczym (lub latać na jego potrzeby), posiadać zezwolenie od PAŻP (ASM 1), uzyskać zgodę na rozpoczęcie lotu od kontrolera ruchu lotniczego na wieży, a także pozostawać z nim w stałym kontakcie¹⁹.

Co do zasady, nad portami lotniczymi znajdują się strefy CTR, którymi zarządzają kontrolerzy ruchu lotniczego znajdujący się na wieży kontroli lotów. W przypadku lotów wykonywanych na potrzeby utrzymania bezpieczeństwa i obronności czy poszukiwań i działań ratowniczych, zgoda kontrolerów czy zarządzającego portem lotniczym nie jest potrzebna.

Ruch BSP w CTR, ale poza terenem lotniska, jest dozwolony, pod warunkiem zachowania odpowiednich odległości i wysokości oraz masy bezzałogowca. Dopuszczalność lotu w CTR dla różnych parametrów lotu przedstawia ryc. 2.



Ryc. 2. Warunki lotów dronem w strefie CTR (rycina w formie oryginalnej)

Źródło: <http://www.swiatdronow.pl/zasady-lotow-dronow-ctr-infografika> [dostęp: 23.07.2018].

Należy mieć na uwadze fakt, że nad portem lotniczym zamiast CTR, może być ustanowiona strefa ATZ. W takim przypadku lot BSP w niej jest możliwy po uprzednim otrzymaniu pozwolenia od zarządzającego tą strefą.

¹⁹ Zasady wykonywania lotów bezzałogowymi statkami powietrznymi i modelami latającymi, https://www.pansa.pl/index.php?menu_lewe=ops_drony&lang=_pl&opis=OPS/ops_rpa_vlos&cz=&kontr= [dostęp: 5.09.2019].

Wykonywanie lotów w strefach CTR i ATZ

Tak jak nie każdy port lotniczy musi być otoczony strefą CTR, w której służba pełniąca jest przez kontrolerów ruchu lotniczego, podobnie nie każde lotnisko musi być otoczone strefą ATZ. Czy oznacza to, że loty nad nimi można wykonywać bez żadnych uzgodnień? Absolutnie nie. Polskie prawo lotnicze przewiduje szczególne traktowanie przestrzeni powietrznej nad lotniskami, niezależnie od rodzaju zapewnianej w niej służby (lub jej braku). Także loty w innych rodzajach przestrzeni powietrznej występujących nad polskimi lotniskami (np. ATZ, MATZ, MCTR, strefy R, D czy P) są ograniczone. Brak kontrolera służby ATC na wieży lotniska nie oznacza, że nad lotniskiem przestają obowiązywać jakiegokolwiek restrykcje i że można latać „czym i jak się chce”.

Zdarza się, że niedaleko lotnisk położonych we wschodniej części Polski umiejscowione są strefy TRA dla lotów bezzałogowych statków powietrznych SG. Wlot w taką strefę, gdy jest aktywna, wymaga zgody SG. Nie zwalnia to z konieczności uzyskania osobnej zgody na lot w ADIZ od służb ruchu lotniczego.

Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020²⁰

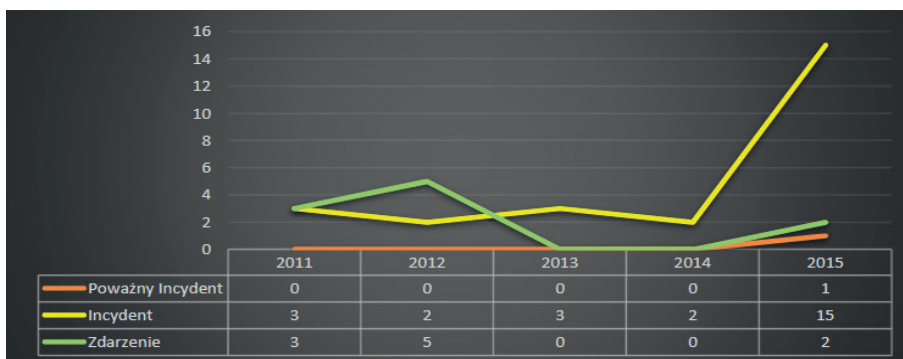
Operacje BSP zostały zidentyfikowane jako zagrożenie bezpieczeństwa w lotnictwie cywilnym w opracowaniach Urzędu Lotnictwa Cywilnego związanych z systemami SMS. W marcu 2017 r. opublikowany został „Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020” (dalej również jako KPB), który jest załącznikiem do „Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym” – są to dokumenty jasno klasyfikujące zagrożenia bezpieczeństwa, definiujące je i opisujące sposoby zarządzania danym zagrożeniem²¹. Operacje BSP zostały w nich określone jako „najnowsze zagrożenie w lotnictwie cywilnym”, zaś „szczególnym wyzwaniem stały się zdarzenia związane z naruszeniem stref CTR lotnisk przez operatorów dronów, którzy korzystali z tych urządzeń bez wymaganych uprawnień oraz wiedzy z zakresu przepisów dotyczących przestrzeni powietrznej”. Operacje bezzałogowych statków powietrznych²² wykazano jako zagrożenie w obszarze krajowym, co oznacza, że zostało zidentyfikowane na podstawie analiz wewnętrznych Urzędu Lotnictwa Cywilnego. Poza krajowym obszarem zagrożeń wyróżnia się europejskie [oparte na Europejskim Planie Bezpieczeństwa Lotniczego (EPAS)] oraz systemowe (związane z systemem nadzoru nad organizacjami lotniczymi).

²⁰ W trakcie prowadzenia badań przedstawionych w niniejszym opracowaniu (grudzień 2017 r.) druga edycja Krajowego Planu Bezpieczeństwa – „Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017-2019” była najnowszą. Dnia 15 lipca 2019 r. wdrożona została trzecia edycja dokumentu: „Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2019–2022”.

²¹ <http://www.ulc.gov.pl/pl/zarzadzanie-bezpieczenstwem/krajowy-plan-bezpieczenstwa-2017-2020> [dostęp:11.05.2018].

²² W Krajowym Planie Bezpieczeństwa 2017–2020 stosuje się podwójny skrót: BSP/RPAS, oznaczający bezzałogowy statek powietrzny.

Celem wpisania tego zagrożenia na listę w KPB jest ciągle monitorowanie zdarzeń związanych z lotami BSP, aby móc ustalić rzeczywisty poziom zagrożeń²³. Dokument zawiera także elementy graficzne obrazujące dotychczas zarejestrowane zdarzenia, klasyfikując je według lat i ilości zdarzeń (por. ryc. 3–5).



Ryc. 3. Liczba wszystkich zdarzeń związanych z BSP²⁴

Źródło: Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020, Załącznik do Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym, ULC, Warszawa 2017, s. 63.



Ryc. 4. Zdarzenia związane z BSP w zarobkowym transporcie lotniczym CAT²⁵

Źródło: Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020, Załącznik do Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym, ULC, Warszawa 2017, s. 63.

²³ Uzasadnienie identyfikacji zagrożenia oraz opis celu działań jest identyczne w drugiej i trzeciej edycji Krajowego Planu Bezpieczeństwa.

²⁴ W trzeciej edycji (2019–2022) Krajowego Planu Bezpieczeństwa dołączono dane dotyczące lat 2016–2018. W tych latach nie wystąpiły żadne poważne incydenty, wystąpiło odpowiednio 18, 7 i 13 incydentów oraz odpowiednio 0, 3 i 4 zdarzenia.

²⁵ W trzeciej edycji (2019–2022) KPB dołączono dane dotyczące lat 2016–2018. W tych latach nie wystąpiły żadne poważne incydenty, odnotowano odpowiednio 3, 2, i 7 incydentów oraz odpowiednio 0, 1 i 3 zdarzenia.

W KPB przyjęto następujące wagi punktowe dla poszczególnych rodzajów zdarzeń (por. ryc. 5):

- wypadek – 6 pkt,
- poważny incydent – 4 pkt,
- incydent – 1 pkt,
- zdarzenie bez wpływu – 0 pkt,
- nieklasyfikowane – 0 pkt.



Ryc. 5. Zdarzenia związane z BSP według wagi²⁶

Źródło: Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020, Załącznik do Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym, ULC, Warszawa 2017, s. 64.

Dane uwzględnione na ryc. 3–5 wskazują na występowanie tendencji wzrostowej liczby incydentów związanych z BSP, zwłaszcza po 2014 r. Można łatwo powiązać ten fakt ze znacznym wzrostem sprzedaży dronów w tym czasie i szybką ich popularyzacją oraz wzrostem liczby wydanych świadectw kwalifikacji²⁷. Dla porównania, w 2016 r. w Unii Europejskiej doszło do 1,2 tys. niebezpiecznych sytuacji z udziałem dronów, w tym takich, w których zbliżyły się one niebezpiecznie blisko lecącego samolotu²⁸.

ULC w Krajowym Planie Bezpieczeństwa proponuje także sposoby zarządzania zagrożeniem związanym z operacjami bezzałogowych statków powietrznych. Ujęto je w tabeli 1.

²⁶ W trzeciej edycji (2019–2022) Krajowego Planu Bezpieczeństwa zrezygnowano z analizy zdarzeń związanych z UAV/RPAS wg wagi.

²⁷ *Na polskim niebie lata już 100 tys. dronów*, <http://www.rp.pl/Biznes/312219868-Drony-na-polskim-niebie-to-swietny-biznes.html> [dostęp: 15.10.2017].

²⁸ <http://tvn24bis.pl/z-kraju,74/drony-ke-bez-unijnych-przepisow-moze-dojsc-do-wypadku-lotniczego,777577.html> [dostęp: 15.10.2017].

Tabela 1. Sposób zarządzania zagrożeniem²⁹

Nr działania	Zadanie	Odpowiedzialny	Data
RES.3c.001	Wdrożenie SPI na potrzeby KPB 2017: UAV/RPAS na podstawie ECCAIRS oraz danych ważonych rocznie	ULC	marzec 2017
RES.3c.002	Analiza wypadków i poważnych incydentów przez Zespół SSP z obszaru UAV/RPAS	ULC	marzec 2017
SP.3c.001	Kontynuacja akcji informacyjno-edukacyjnej „Lataj z głową”	ULC	wrzesień 2017

Źródło: Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020, Załącznik do Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym, ULC, Warszawa 2017, s. 64.

Jako odpowiedzialnego do zarządzania tym zagrożeniem definiuje tylko siebie. Jego działania mają polegać przede wszystkim na wdrożeniu wskaźnika bezpieczeństwa, który pozwoli na ilościowe określenie skali zagrożenia. Poza tym działaniem wszystkie wypadki i poważne incydenty mają być dogłębnie analizowane tak, aby móc identyfikować ich przyczyny. W systemie zarządzania bezpieczeństwem kładzie się też duży nacisk na promowanie bezpieczeństwa – w tym przypadku podczas kontynuacji akcji informacyjno-edukacyjnej „Lataj z głową” – ryc. 6 Abstrahując jednak od zapisów prawa, z punktu widzenia SMS uzasadnione jest stwierdzenie, że lotnisko jako instytucja powinno się włączać w akcje informacyjne, a nawet wydaje się wskazane umieszczenie w polityce bezpieczeństwa odpowiednich zapisów mówiących o minimalizacji zagrożenia związanego z operacjami BSP jako jednego z celów systemu SMS. W tabeli 2 zestawiono wyniki analizy dostępności informacji na ten temat na stronach internetowych polskich portów lotniczych.

²⁹ W trzeciej edycji (2019–2022) Krajowego Planu Bezpieczeństwa działanie SP.3c.001 rozszerzono o: „Organizowanie cyklicznych seminariów dla branży bezałogowych statków powietrznych oraz udział specjalistów LBSP na konferencjach (prelekcje dotyczące bezpieczeństwa operacji)”. Dodano także działanie FO.3c.001: „Nadzór nad operacjami z wykorzystaniem bezałogowych statków powietrznych za pomocą specjalistycznego sprzętu pomagającego namierzyć drony oraz operatorów. Prowadzenie wrywkowych kontroli operacji oraz operatorów BSP wspólnie z odpowiednimi służbami” (planowane rozpoczęcie realizacji: III kwartał 2019 r.) oraz działanie SP.3c.002: „Planowane wprowadzenie pilotażowego programu rozmieszczenia znaków informujących o zakazie lotów dronami w określonych strefach w porozumieniu z władzami miast” (planowane rozpoczęcie realizacji: IV kwartał 2019 r.). Za realizację nowych działań odpowiedzialny jest ULC.

Tabela 2. Informacja o dronach na stronach internetowych polskich portów lotniczych w okresie 2017–2019

Lp.	Nazwa portu lotniczego	KOD ICAO	Rok	
			2017	2019
1	Lotnisko Chopina w Warszawie	EPWA	tak	tak
2	Kraków Airport im. Jana Pawła II	EPKK	nie	tak
3	Port Lotniczy Gdańsk im. Lecha Wałęsy	EPGD	nie	nie
4	Międzynarodowy Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach	EPKT	nie	tak
5	Port Lotniczy Warszawa-Modlin	EPMO	nie	tak
6	Port Lotniczy Wrocław-Strachowice im. Mikołaja Kopernika	EPWR	tak	tak
7	Port Lotniczy Poznań-Ławica im. Henryka Wieniawskiego	EPPO	nie	nie
8	Port Lotniczy Rzeszów-Jasionka	EPRZ	nie	tak
9	Port Lotniczy Szczecin-Goleniów im. NSZZ „Solidarność”	EPSC	nie	nie
10	Port Lotniczy Lublin	EPLB	tak	tak
11	Międzynarodowy Port Lotniczy im. Ignacego Paderewskiego Bydgoszcz	EPBY	nie	nie
12	Port Lotniczy Łódź im. Władysława Reymonta	EPLL	tak	tak
13	Port Lotniczy Olsztyn-Mazury	EPSY	tak	tak
14	Port Lotniczy Radom-Sadków	EPRA	tak	tak
15	Port Lotniczy Zielona Góra-Babimost	EPZG	nie	tak

Źródło: opracowanie własne na podstawie stron internetowych portów lotniczych.

Jak wynika z informacji uwzględnionych w tabeli 2 tylko 6 z 15 portów lotniczych opublikowało na swoich stronach internetowych informacje na temat możliwości i ograniczeń latania BSP w ich okolicach. Oznacza to, że osoba planująca latanie dronem, poszukując informacji na temat restrykcji w tej kwestii ma nieco ograniczone szanse znalezienia precyzyjnych danych odniesionych do konkretnego lotniska. Zarysowany problem dodatkowo zyskuje na istotności, gdy weźmiemy pod uwagę fakt, że w portach lotniczych zlokalizowane są lotnicze przejścia graniczne, szczególnie chronione przez służby.

Bezprawne wtargnięcie BSP

Tak, jak operator jest odpowiedzialny za bezpieczny lot swojego BSP, tak i zarządzający lotniskiem jest zobowiązany wykorzystywać lotnisko zgodnie z jego przeznaczeniem, prowadzić eksploatację lotniska w sposób zapewniający ciągłość ruchu lotniczego i bezpieczeństwo lotów³⁰. Spośród służb funkcjonujących na lotnisku do interwencji, w sytuacji bezprawnego wtargnięcia drona, uprawnione są przede wszystkim: Policja, SOL oraz SG. Wszystkie osoby znajdujące się na terenie lotniska są obowiązane do nie-

³⁰ Art. 68 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (tekst jedn.: Dz. U. z 2019 r., poz. 1580).

zwłocznego informowania funkcjonariuszy powyższych służb w przypadku stwierdzenia potencjalnego niebezpieczeństwa dla osób, statków powietrznych i obiektów lub urządzeń³¹, a zatem także do informowania o zaobserwowanym przelocie drona.

Należy pamiętać, że przy uchwalaniu tzw. ustawy antyterrorystycznej³², znowelizowano także ustawę Prawo lotnicze dodając do niej art. 126 a, który stanowi, iż w pewnych okolicznościach BSP może zostać zniszczony, unieruchomiony albo nad jego lotem może zostać przejęta kontrola³³. Sytuacje te mają miejsce, gdy BSP:

- a) Zagroza życiu lub zdrowiu osoby.
- b) Stwarza zagrożenie dla chronionych obiektów, urządzeń lub obszarów.
- c) Stwarza uzasadnione podejrzenie, że może zostać użyty jako środek ataku terrorystycznego.

Do podjęcia działań uprawnieni są wtedy funkcjonariusze:

- Policji, Straży Granicznej, Biura Ochrony Rządu,
- Centralnego Biura Antykorupcyjnego,
- Służby Kontrwywiadu Wojskowego, Służby Wywiadu Wojskowego,
- Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego,
- Służby Celnej, Służby Więziennej,
- strażnicy straży marszałkowskiej,
- żołnierze żandarmerii wojskowej i sił zbrojnych,
- pracownicy specjalistycznych uzbrojonych formacji ochronnych (np. SOL).

- d) Zakłóca przebieg imprezy masowej albo zagraża bezpieczeństwu jej uczestników.

Do podjęcia działań uprawnieni są funkcjonariusze:

- Policji, Straży Granicznej, Biura Ochrony Rządu,
- Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego,
- Służby Kontrwywiadu Wojskowego,
- żołnierze żandarmerii wojskowej,
- pracownicy specjalistycznych uzbrojonych formacji ochronnych (np. SOL).

Co więcej, gdy bezzałogowy statek powietrzny wykonuje lot w przestrzeni powietrznej w części, w której wprowadzono ograniczenia lotów albo znajdującej się nad terytorium Polski, w której lot statku powietrznego jest zakazany od poziomu terenu do określonej wysokości, do zniszczenia lub unieruchomienia bezzałogowego statku powietrznego albo przejęcia kontroli nad jego lotem są uprawnieni żołnierze Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej na zasadach określonych w odrębnych przepisach³⁴.

Zestawienie proponowanych metod neutralizacji BSP przedstawiono w rozdziale pt. *Korzyści i zagrożenia związane z wykorzystaniem BSP na lotnisku*.

³¹ http://mazuryairport.pl/regulamin-lotniska-_362.html [dostęp 5.09.2019].

³² Ustawa z dnia 10 czerwca 2016 r. o działaniach antyterrorystycznych (tekst jedn.: Dz. U. z 2019 r., poz. 796), dalej: ustawa antyterrorystyczna.

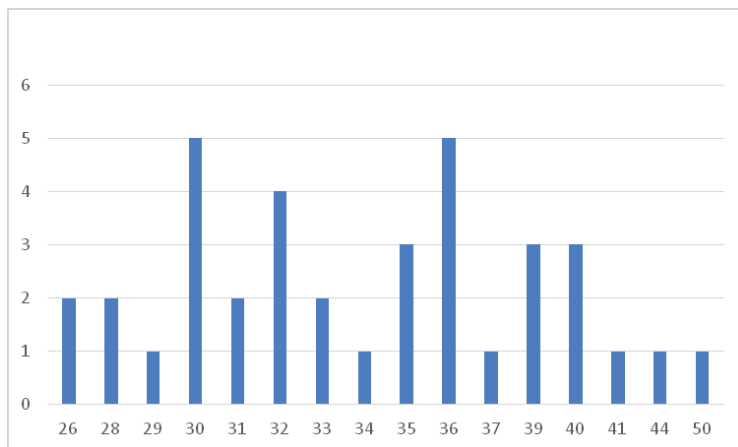
³³ Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo lotnicze (Dz. U. poz. 959).

³⁴ Art. 126a, ust. 2. Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (tekst jedn.: Dz. U. z 2019 r., poz. 1580).

Loty BSP – perspektywa kontrolerów ruchu lotniczego

Aby możliwie wyczerpująco ująć problematykę latania dronami w pobliżu lotnisk konieczne stało się poznanie perspektywy i opinii kontrolerów ruchu lotniczego na ten temat. W tym celu wykonano badania metodą sondażu opinii. Narzędzie badawcze stanowił wystandaryzowany kwestionariusz ankiety zawierająca 3 pytania metryczkowe, 2 pytania zamknięte oraz 3 otwarte. Ankieta została rozesłana do kontrolerów ruchu lotniczego w całej Polsce³⁵. Otrzymano odpowiedzi od 44 osób, co – biorąc pod uwagę ogólną liczbą KRL – daje zwrot na poziomie ok. 8%³⁶. Choć część KRL nie odpowiedziało na wszystkie pytania, to należy podkreślić, że – jak wynika z danych zebranych i dostępnych autorom pracy – było to pierwsze w Polsce badanie ankietowe kontrolerów ruchu lotniczego na temat bezpieczeństwa lotów BSP w przestrzeni powietrznej nad lotniskami³⁷.

Pozyskano ankiety od 6 kobiet (16%) i 37 mężczyzn (84%) w wieku od 26 do 50 lat, przy czym 1 osoba nie podała swojej płci, a 8 swojego wieku. Strukturę wieku opiniodawców ujęto na ryc. 7.



Ryc. 7. Struktura wieku ankietowanych (N = 37)

Źródło: opracowanie własne.

17 uczestników nie wpisało konkretnego lotniska jako miejsce pracy. Pozostali jako miejsce pracy wskazali³⁸: EPRZ (5), EPLL (1), EPSY (3), EPRA (1), EPSC (1), EPLB (4), EPKT (2), EPMO (2), EPPO (4), EPGD (1), EPKK (4), EPWA (1), APP (4).

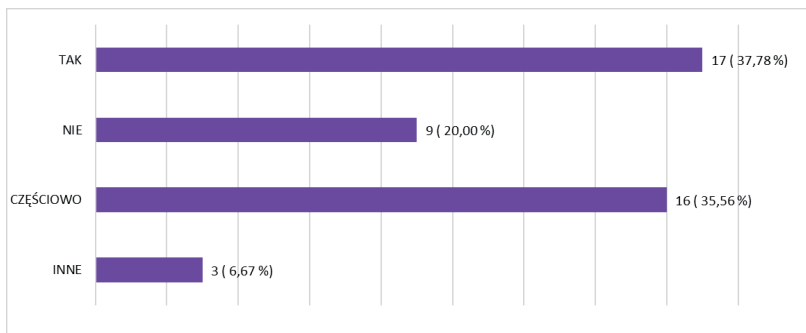
³⁵ Ogólna liczba cywilnych kontrolerów ruchu lotniczego w Polsce wynosi ponad 570 [https://www.pansa.pl/?lang=_pl&opis=wiecej&id_wyslance=1343] [dostęp: 5.09.2019].

³⁶ W tym miejscu autorzy niniejszej pracy pragną złożyć serdeczne podziękowania Panu Maciejowi Szczukowskiemu za specjalistyczne konsultacje przy opracowaniu ankiety oraz nieocenioną pomoc w spopularyzowaniu badania i przesłania ankiety kontrolerom ruchu lotniczego z całej Polski.

³⁷ Odpowiedzi na pytania otwarte i adnotacje kontrolerów do pytań cytowane są głównie przy zachowaniu pisowni oryginalnej. Tam, gdzie było to wymagane, dokonano korekty językowej celem ułatwienia Czytelnikowi odbioru prezentowanych treści.

³⁸ Dane nie sumuje się do 100%, gdyż kontrolerzy mogą pracować rotacyjnie na 3 lotniskach.

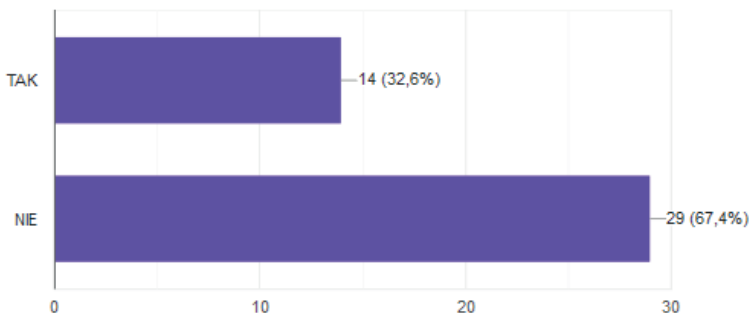
W pierwszym pytaniu kontrolerów zapytano, czy w ich opinii przepisy prawa regulujące loty bezzałogowymi statkami powietrznymi i modelami latającymi w CTR ułatwiają utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej nad lotniskami. Odpowiedzi twierdzącej udzieliło 17 ankietowanych, zaprzeczyło 9 badanych, blisko połowa – 16 opowiedziało się za wariantem „częściowo”. Jedna osoba w rubryce „inne” stwierdziła: „[p]rzepisy obowiązują, ale są martwe. Znakomita większość operatorów nie ma o nich pojęcia”. Inny kontroler zaznaczył odpowiedź „częściowo” i w adnotacji dodał: „[n]ie ma bezpośredniej łączności z operatorami dronów – brak możliwości szybkiego lądowania drona” – ryc. 8.



Ryc. 8. Zestawienie odpowiedzi na pytanie 1: Czy w Pana/Pani opinii przepisy prawa regulujące loty bezzałogowymi statkami powietrznymi i modelami latającymi w CTR ułatwiają utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej w pobliżu lotnisk?

Źródło: opracowanie własne.

Drugie pytanie brzmiało: Czy w swojej pracy spotkał(a) się Pan/Pani z niebezpieczną sytuacją/incydem/wypadkiem lotniczym w pobliżu lotniska, w którym uczestniczył bezzałogowy statek powietrzny/model latający?. Otrzymano 43 odpowiedzi, z czego 14 na „tak” i 29 na „nie” – ryc. 10.



Ryc. 9. Zestawienie odpowiedzi na pytanie 2: Czy w swojej pracy spotkał(a) się Pan/Pani z niebezpieczną sytuacją/ incydem/wypadkiem lotniczym w pobliżu lotniska, w którym uczestniczył bezzałogowy statek powietrzny/model latający?

Źródło: opracowanie własne.

Pytanie trzecie nawiązywało do poprzedniego, gdyż badanych poproszono o przytoczenie przykładu niebezpiecznej sytuacji oraz propozycji eliminacji ryzyka powtórzenia się jej w przyszłości. Swoimi doświadczeniami podzieliło się 18 osób. Najczęściej kontrolerzy przytaczali okoliczności utraty lub zaburzenia łączności z operatorem bezzałogowego statku powietrznego, utraty świadomości sytuacyjnej na skutek niedostatecznych informacji o wykonywanych lotach oraz naruszeń przepisów wykonywania lotów ze względu na ich nieznaną stronę operatorów bezzałogowców. Szczegółowe zestawienie uzyskanych odpowiedzi ujęto w tabeli stanowiącej załącznik nr 2 do niniejszej monografii.

Pytanie czwarte brzmiało: *Jakimi metodami operatorzy BSP kontaktują się z TWR i czy metody kontaktu są właściwe i zapewniają odpowiednio sprawny i efektywny przepływ informacji?* Z 44 udzielonych odpowiedzi rysuje się obraz niejednoznaczny. O ile wszyscy kontrolerzy wskazali na kontakt telefoniczny, o tyle 7 oceniło, że nie jest to wystarczająca forma kontaktu: „nie jest efektywna i sprawna, rozmowy telefoniczne zabierają zbyt dużo czasu” (EPLB), „nie ma skutecznego sposobu na informowania operatora drona o natychmiastowym wycofaniu zezwolenia z przyczyn ruchowych” (EPGD). Zdarza się bowiem, że operatorzy co prawda podają w formularzu swój numer telefonu komórkowego do kontaktu, ale podczas operacji wyciszają, a nawet wyłączają telefon i używają go jako ekran aparatury. Odnotowano także przypadki, gdy operator nie odbierał telefonu, „bo przecież ma ręce zajęte”. To dowodzi, że przydatne może być opracowanie alternatywnych metod sterowania BSP, nieangażujących rąk.

Ankietowani wskazywali, iż zgłoszeń lotów jest wiele i znalezienie właściwego zajmuje dużo czasu. Zgłoszenia zawierają znaczną ilość trudnych do szybkiego przetworzenia przez człowieka danych – na przykład współrzędne geograficzne miejsca startu. Danych jest za dużo: „ważne rzeczy gubią się w gąszczu spamu”, a także czasem reakcji: „[j]ednocześnie podczas wystąpienia zmiany sytuacji ruchowej kontakt telefoniczny jest niepraktyczny (czas wykonania połączenia, tj. wybranie odpowiedniego numeru, sygnał połączenia, porozumienie się w sprawie zmiany lub cofnięcia zgody, wykonanie polecenia przez BSP)” (EPP0). W podobnym tonie wypowiadał się kontroler EPKK: „nie są to metody efektywne, gdyż wymagają stałej obecności członka personelu operacyjnego, który takie telefony może odbierać i koordynować możliwość lotu drona lub też monitorować aplikację DroneRadari odpowiednio reagować na zapytania pojawiające się od operatorów dronów”.

Część kontrolerów pozytywnie wypowiedziało się na temat aplikacji DroneRadar („aplikacja DRONERADAR nie jest zbyt popularna wśród operatorów bezzałogowców, a szkoda bo to bardzo fajne narzędzie”, „musimy przypominać o uruchomieniu aplikacji”), a część wyraziło swoje niezadowolenie („aplikacja DroneRadar jest kolejnym systemem, który niepotrzebnie obciąża kontrolera lub asystenta”). Pojawiały się pomysły, aby umożliwić kontakt drogą radiową, np. nasłuch na częstotliwości TWR.

Kontrolerzy zwrócili przy tym uwagę na obieg informacji w PAŻP: „[p]roblemem natomiast jest sposób, w jaki my jesteśmy o takim locie informowani przez firmę. ASM przesyła do nas faks z informacjami i mapką. Obrazek! Faksem! W XXI wieku!”

Ostatnie, piąte pytanie miało charakter otwarty. Kontrolerzy mogli własnymi słowami wypowiedzieć się na temat kwestii, którą należy unormować albo na którą należy zwrócić uwagę. Z tej możliwości skorzystało 16 osób.

Najczęściej kontrolerzy postulowali:

- wprowadzenie zakazu lotów w CTR („Loty dronów w CTR powinny być zabronione”, „Jest tyle przestrzeni klasy G w Polsce. Prośba do droniarzy o to, aby to tam sobie latali, a nie w przestrzeniach kontrolowanych, gdzie narażają innych użytkowników na niebezpieczeństwo”, „Myślę, że poza CTR-ami jest dostatecznie dużo miejsca, żeby sobie polatać do woli bez ograniczeń”, „Jestem za całkowitym zakazem lotu dronów w CTR”);
- wprowadzenie obowiązkowej łączności na częstotliwości TWR („Lot dronem w CTR? Proszę bardzo: FPL i łączność na częstotliwości TWR”, „każdy z portów lotniczych mógłby mieć listę uprawnionych operatorów BSP, którzy mogliby nadawać na częstotliwości radiostacji »portowej« i w ten sposób można by było utrzymywać stałą, dwustronną łączność radiową”, „zwykłe radio, nawet na częstotliwości portów lotniczych) ułatwiłoby sprawną wymianę informacji i ewentualnych zezwoleń na start lub lądowanie drona”);
- możliwość kupna BSP tylko za zezwoleniem i z podaniem danych osobowych;
- nagłośnienie w mediach problemu latania dronami w pobliżu lotnisk („tylko poprzez media można temat »rozdmuchać« do takiej świadomości, iż większość ludzi nawet »amatorzy« będą zdawali sobie sprawę, czym to grozi, jakie są ewentualnie kary i konsekwencje takiej zabawy”).

Co ciekawe, zwrócono również uwagę na obieg informacji w obrębie służb państwowych korzystających z dronów: „[o]statnio mieliśmy ciekawy przypadek. Mecz Lech-Legia, Policja eskortuje śmigłowcem Mi-2 kibiców Legii. Nad stadionem przygotowuje się Policja do zabezpieczania terenu i dzwoni, że chcą latać dronem. Dostają zgodę, którą musimy wycofać po 15 min, bo do stadionu zbliża się śmigłowiec. Też policyjny, ale wiedząc o statku powietrznym, mamy uziemiać drony”.

Kontrolerzy obawiają się braku kontroli nad sytuacją w przestrzeni powietrznej: „[j]est tyle przestrzeni klasy G w Polsce. Prośba do droniarzy o to, aby to tam sobie latali, a nie w przestrzeniach kontrolowanych, gdzie narażają innych użytkowników na niebezpieczeństwo. Pracując jako KRL TWR w strefie kontrolowanej lotniska od gnd do 1800 ft, nie jestem w stanie zapewnić kontroli ruchu lotniczego statkom powietrznym mając w CTR drona, nad którym nie mam kontroli. *Safety first*. To, co się teraz dzieje, czyli ciągle liberalizowanie przepisów na rzecz dronów będzie trwało do pierwszego poważnego wypadku z udziałem AC i dopiero wtedy otworzą się oczy tym, którzy na to zezwolili, bo była presja lobby. Jestem za całkowitym zakazem lotu dronów w CTR. Jeśli są to komercyjne loty i muszą coś zrobić – proszę bardzo niech zapłacą PAŻP, Portom i linią za zamknięcie CTRu na wyznaczony czas i wtedy niech robią sobie co chcą. Ja nie chcę (ale w świetle dzisiejszych przepisów muszę) brać odpowiedzialności za CTR, w którym dzieje się coś, nad czym nie mam kontroli” (EPGD), „[z]upełny brak kontroli nad tym, czy dron lata czy nie” (EPLB). Z drugiej jednak

strony, inny kontroler napisał: „[w]śród kontrolerów ruchu lotniczego (w niektórych unitach) panuje jakaś niezrozumiała obawa przed operatorami dronów. Zupełnie niesłusznie. To po stronie operatorów spoczywa odpowiedzialność za ustępowanie pierwszeństwa drogi innym statkom powietrznym”. Zestawienie wszystkich odpowiedzi zamieszczono w tabeli stanowiącej załącznik nr 3 do niniejszej książki.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W związku z pręźnie rozwijającym się w naszym kraju rynkiem dronowym niepodważalna staje się potrzeba dopasowania istniejących przepisów prawa w sposób zapewniający wysoki poziom bezpieczeństwa lotów bezzałogowymi statkami powietrznymi.

W grudniu 2017 r., kiedy prowadzone były badania, których wyniki zaprezentowano w niniejszym rozdziale, tylko 6 z 15 polskich portów lotniczych opublikowało na swoich stronach internetowych informacje na temat warunków latania BSP nad nimi i w ich pobliżu. W lipcu 2019 r. ta liczba wzrosła do 12.

Trzeba jednak pamiętać, że w naszym kraju można spotkać operatorów dronów, którzy są zupełnie „nowi” w branży lotniczej i nie znają różnic pomiędzy poszczególnymi służbami ruchu lotniczego czy ograniczeniami i obowiązkami wynikającymi z rodzaju przestrzeni powietrznej, w której planują wykonywanie lotu. Z obserwacji autorów opracowania wynika, że niektórzy operatorzy nie wiedzą nawet, gdzie można znaleźć informacje o rodzaju zapewnianej służby (lub jej braku) w danym obszarze. A to oni (jako amatorzy) mogą stanowić największe zagrożenie bezpieczeństwa w ruchu lotniczym, właśnie ze względu na swoją niewiedzę na temat struktur przestrzeni powietrznej i prawa lotniczego, a co za tym idzie – ruchu statków powietrznych. Ze względu na to, wskazanym jest, aby podstawowe informacje na temat zasad latania przekazywać w sposób dla takich osób przystępny, klarowny i możliwie najbardziej prosty. Żadnej z takich osób nie można odesłać do AIP czy NOTAM dla danego lotniska, ponieważ najzwyczajniej nic z tego nie zrozumie, a może się wręcz zniechęcić do prób poszukiwania informacji.

Zastanawiając się nad okolicznościami, w których można „uświadomić” potencjalnego operatora drona, przychodzi na myśl moment zakupu samego urządzenia. W kolejnych etapach poprzedzających rozpoczęcie lotów może być trudno znaleźć równie dobrą okazję do przekazania cennych informacji – nie można w żaden sposób wyegzekwować zapoznania się z informacjami dostępnymi na stronie internetowej ULC, PAŻP czy lotniska, które może być w pobliżu planowanego miejsca lotu. Być może warto zastanowić się nad skorzystaniem z tej okazji kontaktu sprzedawcy z przyszłym operatorem bezzałogowca i już na tym etapie przekazać mu ulotkę informacyjną na temat zasad latania w polskiej przestrzeni powietrznej i zagrożeń bezpieczeństwa, które są z tym związane. Zasadne jest także zobligowanie producentów oraz dystrybutorów BSP do zamieszczania w instrukcjach obsługi i ich polskich tłumaczeniach odniesień do źródeł informacji lotniczych oraz omówienie podstawowych zasadach latania dronem.

Uzyskane wyniki badań własnych wskazują, że w opinii kontrolerów ruchu lotniczego poziom bezpieczeństwa nie jest zadowalający. Jako przyczyny takiego stanu rzeczy autorzy wskazują przede wszystkim:

- niską świadomość w zakresie obowiązujących przepisów prawa wśród operatorów bezzałogowych statków powietrznych,
- niski stopień wykrywalności przestępstw związanych z naruszaniem przestrzeni powietrznej oraz stwarzaniem zagrożenia bezpieczeństwa w ruchu lotniczym przez operatorów bezzałogowych statków powietrznych,
- nieefektywny sposób zapewniania łączności pomiędzy przedstawicielami służb ruchu lotniczego oraz operatorami bezzałogowych statków powietrznych (łączność telefoniczna) oraz
- dynamicznie rosnącą liczbę wykonywanych lotów bezzałogowymi statkami powietrznymi w polskiej przestrzeni powietrznej.

Sami respondenci podsunęli kilka pomysłów poprawy tej sytuacji. Postulują nałożenie obowiązku wyposażania bezzałogowych statków powietrznych w nadajniki sygnału GPS oraz prowadzenia łączności pomiędzy przedstawicielami służb ruchu lotniczego z operatorami za pomocą radiostacji łączności lotniczej, w sposób analogiczny do sposobu prowadzenia łączności z innymi statkami powietrznymi. Rozwiązania te pomogłyby zapewnić świadomość sytuacyjną zarówno służbom zarządzającym przestrzenią powietrzną, jak i jej użytkownikom. Wskazane są także dalsze badania mające na celu dokładniejsze poznanie perspektywy i opinii środowiska operatorów dronów. Jego przedstawiciele na różnego rodzaju forach internetowych często uskarżają się na restrykcyjne, w ich ocenie, przepisy latania w bliskiej odległości od lotnisk. Wśród części operatorów panuje niska świadomość ryzyka związanego z lotami w CTR. Konieczna wydaje się zatem konfrontacja i zestawienie perspektyw użytkowników przestrzeni powietrznej i służb zapewniających bezpieczną żeglugę powietrzną oraz wypracowanie wspólnych wniosków.

Wskazaniem jest prowadzenie dalszego monitoringu i analiz zdarzeń związanych z lotami dronów, by zdiagnozować istniejące zagrożenia bezpieczeństwa. Zdaniem autorów, aby działać zgodnie z głównymi założeniami systemu zarządzania bezpieczeństwem (podejście proaktywne), należy rozważyć propozycję nałożenia obowiązku łączności radiowej, obostrzeń podczas zakupu bezzałogowego statku powietrznego, zupełnego zakazu lotów w CTR lub rozszerzenia zasięgu akcji promujących bezpieczne latania dronami. Zapoznanie przedstawicieli ośrodków szkolących operatorów BSP z wynikami badań przedstawionymi w pracy mogłoby przyczynić się do udoskonalenia programów szkoleń adekwatnie do występujących problemów i potrzeb rynku.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

Aviation is considered the safest means of transport. Maintenance of such a status in the light of the ever-increasing size of this branch of transport and the emergence of new technological solutions and subsequent safety hazards associated with them is a great challenge for air traffic managers, public order services and lawmakers. The chapter describes a problem of performing operations using unmanned aerial vehicles near airports. It includes the perspective of entities directly involved in maintaining safety at and near the airport – air traffic controllers. In order to obtain the necessary information, the authors conducted a survey. It shows that – in the opinion of air traffic controllers – the level of safety is not satisfactory. In the conclusions of the chapter the Reader can find the proposals of tools allowing to solve the diagnosed problems.

Keywords: unmanned aerial vehicles, airports, aerodrome, air traffic control

BIBLIOGRAFIA

- Aneks 19 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, „Zarządzanie Bezpieczeństwem”, wydanie 1, ICAO, Montreal 2013.
- <http://fakty.interia.pl/swiat/news-kanada-dron-zderzyl-sie-z-samolotem,nId,2453201> [dostęp: 24.07.2018].
- <http://ironsky.pl/kupi%C5%82em-dji-spark-gdzie-mog%C4%99-nim-lata%C4%87-czyli-kompendium-wiedzy-o-rekreacyjnym-lataniu-dronem-kt%C3%B3rego> [dostęp: 15.10.2018].
- <http://tvn24bis.pl/z-kraju,74/drony-ke-bez-unijnych-przepisow-moze-dojsc-do-wypadku-lotniczego,777577.html> [dostęp: 15.10.2017].
- <http://wawalove.pl/Drony-przy-Lotnisku-Chopina-Wstrzymano-ladowania-samolotow-a22986> [dostęp: 24.07.2018].
- <http://www.latajzglowa.pl>
- <http://www.bbc.com/news/uk-40476264> [dostęp: 24.07.2018].
- <http://www.nadwislanski.strazgraniczna.pl/wis/aktualnosci/24618,Niebezpieczna-sytuacja-na-lotnisku.html> [dostęp: 24.07.2018].
- <http://www.pansa.pl>
- <http://www.rp.pl/Biznes/312219868-Drony-na-polskim-niebie-to-swietny-biznes.html> [dostęp: 15.10.2017].
- <http://www.swiatdronow.pl/zasady-lotow-dronow-ctr-infografika> [dostęp: 23.07.2019].
- <http://www.tvp.info/20937014/dron-zrzucil-ladunek-wybuchowy-na-lotnisko-wojskowe-w-balicach-abw-ma-film-ze-zdarzenia-jest-sledztwo-wideo> [dostęp: 24.07.2018].
- <http://www.ulc.gov.pl/pl/zarzadzanie-bezpieczenstwem/krajowy-plan-bezpieczenstwa-2017-2020> [dostęp: 10.12.2018]
- <https://www.fly4free.pl/na-lotniskach-system-do-niszczenia-dronow/> [dostęp: 24.07.2018].
- <https://www.tvn24.pl/wiadomosci-z-kraju,3/warszawa-dron-bliski-zderzenia-z-samolotem-na-lotnisku-chopina,561923.html> [dostęp: 24.07.2018].
- Krajowy Plan Bezpieczeństwa 2017–2020, Załącznik do Krajowego Programu Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym, ULC, Warszawa 2017.
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 23 sierpnia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie osób i mienia (Dz. U. poz. 1432).
- Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo lotnicze (Dz. U. poz. 959).

- Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków (Dz.U. poz. 1497).
- Odpowiedź na interpelację nr 21150 w sprawie potencjalnego wykorzystania bezałogowych statków powietrznych (dronów) do działalności przestępczej, Odpowiadający: sekretarz stanu w Ministerstwie Infrastruktury Mikołaj Wild, Warszawa, 11.05.2018 r.
- Odpowiedź na interpelację nr 21150 w sprawie potencjalnego wykorzystania bezałogowych statków powietrznych (dronów) do działalności przestępczej, Warszawa, 6.06.2018 r.
- Odpowiedź na interpelację poselską nr 4396 w sprawie naruszenia przestrzeni powietrznej RP, Warszawa, 25.07.2016 r.
- Pismo z Ministerstwa Infrastruktury znak DL4.470.1.MS.2018.2 z dnia 19. lutego 2018 r. adresowane do zarządzających lotniskami użytku publicznego, Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego oraz Prezesa Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej.
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 139/2014 z dnia 12 lutego 2014 r. ustanawiające wymagania oraz procedury administracyjne dotyczące lotnisk zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 216/2008.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 4 kwietnia 2013 r. w sprawie przygotowania lotnisk do sytuacji zagrożenia oraz lotniskowych służb ratowniczo-gaśniczych (Dz.U. poz. 487).
- Sztucki J., Gąsior M., Zając G., Szczelina M., *Zarządzanie bezpieczeństwem lotnictwa cywilnego*, Dolnośląska Szkoła Wyższa, Wrocław 2011.
- Ustawa z dnia 10 czerwca 2016 r. o działaniach antyterrorystycznych (tekst jedn.: Dz. U. z 2019 r., poz. 796).
- Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (tekst jedn.: Dz. U. z 2019 r., poz. 1580).
- www.ulc.gov.pl/_download/prawo/prawo_krajowe/ustawa_prawo_lot_akty_wyk/rozp-z-art-33-ust-2-i4.pdf [dostęp: 15.10.2018].



CZĘŚĆ III

PERSPEKTYWY ROZWOJU



Wykorzystanie symulatorów VR do szkolenia operatorów i obsługi platform BSP

The Use of VR Simulators
for Training the UAV Operators and Support Crew

Jan K. Argasiński, Natalia Lipp, Paweł Strojny
UNIwersytet Jagielloński w Krakowie, SIMPRO sp. z o.o.

Natalia Dużmańska-Misiarczyk, Łukasz Lesicki
SIMPRO sp. z o.o.

STRESZCZENIE

Opracowanie prezentuje ramy koncepcyjne dla wykorzystania symulatorów w wirtualnej rzeczywistości do szkolenia operatorów i obsługi platform bezzałogowych statków powietrznych. Zaprezentowano teorię uczenia się przez doświadczenie stworzoną przez Davida Kolba. Postuluje on, że wiedzę zdobywa się głównie poprzez praktykę. W teorii tej podkreśla się przede wszystkim fakt, że uczenie się stanowi proces aktywnej eksploracji przebiegający w interakcji pomiędzy osobą a jej środowiskiem. Z uwagi, że zaprojektowanie szkolenia w paradygmacie teorii Kolba z wykorzystaniem tradycyjnych środków przekazywania wiedzy i umiejętności jawi się jako bardzo trudne, jeśli nie niemożliwe, autorzy postulują wykorzystanie narzędzi wirtualnej rzeczywistości w celu przezwyciężenia trudności, takich jak wysokie koszty szkolenia czy ryzyko uszkodzenia sprzętu. Praca porusza również problematykę transferowalności doświadczenia nabytego w wirtualnej rzeczywistości do świata rzeczywistego. Przedstawiono elementy struktury gier komputerowych, które po przeniesieniu do symulatora szkoleniowego w wirtualnej rzeczywistości mogą przyczynić się do zwiększenia efektywności uczenia się. Autorzy wskazują również na warunki konieczne do skutecznego transferu umiejętności, takie jak: immersja, realizm i poczucie bycia obecnym w symulowanym środowisku. Nakreślono także korzyści, ograniczenia i potencjalne ryzyka związane z zastosowaniem interfejsów nagłownych, ze szczególnym uwzględnieniem problemu choroby symulatorowej. Wskazano również rekomendacje dotyczące jej przeciwdziałania. Ponadto pokrótce przedstawiono proces prototypowania symulatora szkoleniowego w wirtualnej rzeczywistości przy użyciu popularnych narzędzi m.in. Unity i Unreal Engine.

Słowa kluczowe: wirtualna rzeczywistość, interakcje człowiek-komputer, symulacje, gry poważne, bezzałogowe statki powietrzne

Specyfika szkolenia operatorów i obsługi BSP

Kompetencje konieczne do sprawnej obsługi bezzałogowych statków powietrznych (BSP), wśród których kluczowe są umiejętności przyjmowania zewnętrznej perspektywy czy sterowania obiektem latającym, mogą być trudno nabywalne ze względu na naturalne predyspozycje człowieka. Nie są to jednak kompetencje niedostępne, czego dowodem może być powszechne dziś użycie takich narzędzi, jak samolot (sterowanie), gry komputerowe (zewnętrzna perspektywa), czy loty FPV. Nie ulega jednak wątpliwości, że sprawne z nich korzystanie wymaga odpowiedniego treningu. Ze względu na nienaturalność tego typu aktywności, skuteczne szkolenie nie może ograniczać się do tradycyjnego przekazywania wiedzy. Przyjęcie takiej strategii poskutkowałoby ograniczeniem transferu kompetencji ze względu na brak wspólnego uczniowi i instruktorowi doświadczenia, do którego mogliby odwoływać się w procesie szkolenia. Jednakże, zaprojektowanie treningu, który spełniałby swoje cele w sposób najbardziej efektywny, mogłoby przekraczać dostępne możliwości finansowe, sprzętowe czy organizacyjne. Z uwagi na wyżej wymienione trudności poszukuje się nowych rozwiązań, które pomogłoby zoptymalizować proces szkolenia. Wśród eksplorowanych możliwości, na pierwszy plan wysuwa się VR, której zalety i potencjał przedstawiono w niniejszym rozdziale.

Teoria uczenia się przez doświadczenie

Szkolenie operatorów i obsługi BSP nie może opierać się jedynie o tradycyjny model przekazywania wiedzy. Osoby odpowiedzialne za edukację operatorów BSP są tego świadome, o czym świadczy sposób organizacji zajęć, podczas których można znaleźć bloki nakierowane na nabywanie doświadczenia. Tym samym osoby projektujące szkolenia wkraczają na postulowaną od pierwszej połowy XX wieku przez Kurta Lewina ścieżkę uczenia się przez doświadczenie (ang. *experiential learning*). Niemniej zapewnienie osobie szkolonej możliwości doświadczenia jest jedynie pierwszym krokiem w procesie edukacji, który w paradygmacie teorii ELT uzależniony jest od spełnienia szeregu warunków, usystematyzowanych przez D.A. Kolba¹:

1. Uczenie się jest ciągłym procesem bazującym na doświadczeniu

Elementem doświadczenia może być przekazywana przez instruktora wiedza, jednak jej dominacja nad innymi źródłami doświadczenia byłaby nieefektywna. Co równie ważne, nie sposób określić końca procesu uczenia się, w szczególności uczenia się sterowania BSP, jako że choćby postęp techniczny wymusza modyfikację zachowań. To właśnie dlatego wielu ekspertów podkreśla fakt, że rzeczywista nauka „zaczyna się” po ukończeniu kursu.

¹ D.A. Kolb, *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1984.

2. **Uczenie się lepiej traktować jako *proces* niż realizację *celu***

Kolb² nie dopuszcza możliwości istnienia określonego „stanu kompetencji”, do którego należy dążyć. Uważa raczej, że uczenie się polega na ciągłym transformowaniu kompetencji. Co więcej, odwołując się do dorobku behawioryzmu, stwierdza, że nadmierne utrwalanie nawyków i wiedzy prowadzi do „nie-uczenia” poprzez zmniejszenie prawdopodobieństwa ich adaptacji do zmieniających się warunków. O ile pogląd ten może być w wielu dziedzinach dyskusyjny, to w przypadku kompetencji potrzebnych operatorom BSP wydaje się trafny z wielu powodów – choćby ze względu na konieczność reagowania na nieprzewidywalne działania innych aktorów czy zmienne warunki pogodowe.

3. **Proces uczenia wymaga *rozwiązywania konfliktów* pomiędzy *dialektycznie przeciwnymi trybami adaptacji do świata***

Proces uczenia się bazuje na napięciu sprzeczności. Dla zapewnienia efektywności uczenia się, uczeń musi mieć możliwość korzystania z czterech trybów:

- a) pełnego i nieuprzedzonego doświadczenia,
- b) refleksji i spoglądania na swoje doświadczenie z różnych perspektyw,
- c) integracji obserwacji w logiczne teorie i
- d) wykorzystania wytworzonych teorii do stawiania przewidywań i rozwiązywania problemów.

Powyższe tryby wykluczają się wzajemnie – na przykład trudno równocześnie działać i przyjmować perspektywę zewnętrznego obserwatora. Kluczem jest więc harmonijne korzystanie z konkurujących ze sobą trybów w odpowiednich momentach. W przypadku sterowania BSP ten postulat nabiera szczególnego znaczenia – dostarczają one ciągle nowych informacji wymuszając ich nieprzerwane przyswajanie, rozumienie, integrację i wykorzystanie.

4. **Uczenie się jest *holistycznym procesem adaptacji***

Uczenia się nie należy ograniczać do pojedynczych umiejętności, trzeba je raczej traktować całościowo. Dzięki temu zwiększa się efektywność całego procesu – następuje transfer umiejętności między różnymi dziedzinami życia i możliwe staje się dostosowanie działań do specyfiki sytuacji. Innymi słowy, uczenie przez doświadczenie wykształca większą elastyczność w działaniu – w niektórych sytuacjach krytyczną cechę operatora BSP.

5. **Uczenie się to *proces transakcyjny zachodzący pomiędzy osobą a środowiskiem***

Niesie to ze sobą dwie zasadnicze konsekwencje istotne z perspektywy szkolenia operatorów BSP. Po pierwsze, takie postawienie sprawy pozwala na przyjęcie oczywistego faktu, że operator nie tylko odbiera rzeczywistość, ale aktywnie ją kształtuje. Po drugie zaś, ułatwia wykorzystanie nabywanych kompetencji w rzeczywistych warunkach dzięki włączeniu kontekstu (np. zmienności warunków pogodowych) już na etapie instruktażu.

² jw.

6. Uczenie się to proces tworzenia wiedzy

Wiedza nie jest przekazywana jako „gotowa”, a aktywnie wytwarzana przez uczącego się. Ponadto, poprawnie toczący się proces uczenia się przez doświadczenie zwiększa szansę, że nabyte kompetencje będą uporządkowane w sposób maksymalnie użyteczny dla osoby szkolonej – na przykład pozwalając uniknąć instruktorowi przekazywania wraz z jego wartościową wiedzą nawyków użytecznych dla niego, ale nie dla szkolonego operatora.

Zgodnie z postulatami Kolba³, optymalnym podejściem jest stworzenie takiej sytuacji, w której osoby szkolone będą starać się osiągnąć zadane cele, równocześnie mając możliwość autoewaluacji skutków swoich działań i ich późniejszej modyfikacji. Organizacja szkoleń dla operatorów BSP zgodnie z tymi postulatami jest możliwa i praktykowana (intuicyjnie lub ze świadomością *teorii uczenia się przez doświadczenie*) już dziś. Wymaga ona jednak podjęcia decyzji, jak wiele środków zainwestować w szkolenie z uwzględnieniem postulatów Kolba. Łatwo zauważyć, że perfekcyjne szkolenie musiałoby być angażujące i kosztowne. Ponadto wiązałoby się ze zwiększonym ryzykiem uszkodzenia sprzętu (np. aktywne eksperymentowanie oznacza podejmowanie ryzyka) czy koniecznością zabezpieczenia terenu zgodnie z wymogami prawa. Niemożliwe byłoby też umieszczanie osoby szkolonej w sytuacjach rzadkich i trudnych do zasymulowania w fizycznej rzeczywistości. Postuluje się, że odpowiedzią na potrzebę intensywnego wykorzystywania *teorii uczenia się przez doświadczenie* w procesie szkolenia operatorów BSP jest zastosowanie technologii VR, która już w obecnym stanie oferuje możliwość realistycznej reprezentacji rzeczywistości fizycznej i psychologicznej osoby szkolonej. Nie bez znaczenia jest również fakt, że technologia ta oferuje praktycznie nieograniczone możliwości kształtowania i powtarzania scenariuszy bez ponoszenia dodatkowych kosztów. Wydaje się to być szczególnie istotne w procesie szkolenia operatorów będących funkcjonariuszami służb mundurowych (w tym Policji, Straży Granicznej, straży miejskich, Służby Ochrony Państwa, Służby Ochrony Lotniska itp.), gdzie szczególnie istotne jest nie tylko nabywanie, ale i systematyczne podtrzymywanie gotowości operacyjnej użytkowników.

Użyteczność technologii VR w szkoleniu

Idea przeniesienia części treningu do VR nie jest nowa. Technologię tę z dużym powodzeniem od lat stosuje się w szkoleniach militarnych, medycznych i do zawodów szczególnie niebezpiecznych⁴. Dotychczasowe doświadczenie w stosowaniu technolo-

³ jw.

⁴ N.E. Seymour i in., *Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance: Results of a Randomized, Double-Blinded Study*, „Annals of Surgery” 2002, 236(4), s. 458; R. Smith, *The Long History of Gaming in Military Training*, „Simulation & Gaming” 2010, 41(1), s. 6–19; J. Jankowski, A. Grabowski, *Projektowanie wirtualnych środowisk w celu szkolenia pracowników w zakresie prac szczególnie niebezpiecznych*, „Mechanik” 2012, 85.

gii VR prowadzi do wniosku, że efektywność takiego treningu jest uzależniona m.in. od niżej omówionych warunków.

Podstawą skuteczności VR jako narzędzia szkoleniowego jest wdrożenie w strukturę i projekt gier poważnych (ang. *serious games*), zasad teorii pedagogicznych i teorii uczenia się. Jak to zostało stwierdzone powyżej, zgodnie z regułami Kolba, efektywne uczenie się jest oparte o doświadczenie – aktywną eksplorację i odkrywanie. Wirtualna rzeczywistość ma potencjał, aby spełnić wszystkie z kolbowski⁵ postulatów, które zostały opisane w poprzedniej części opracowania. Doświadczenia przeniesione z obszaru gier rozrywkowych do gier poważnych powodują, że trening dodatkowo staje się satysfakcjonujący i przyjemny. Do najważniejszych elementów związanych z grami, które przyczyniają się do zwiększenia skuteczności wirtualnego treningu, jak wskazują Greitzer, Kuchar i Huston⁶ należą:

1. **Zdobywanie poziomów** (ang. *leveling up*), przyczynia się do zwiększania poczucia własnej kompetencji i sprawstwa (ang. *sense of agency*). Gracz uzyskuje jednoznaczną informację zwrotną o nabytej biegłości.
2. **Adaptowalność systemu gry** uzyskiwana dzięki rozwiązaniom, takim jak wykorzystanie technik sztucznej inteligencji. Umożliwia współczesnym grom samoistne dostosowywanie się do możliwości i umiejętności gracza. Przeniesienie tego rodzaju rozwiązań do wirtualnej rzeczywistości sprzyja treningowi dzięki zapewnieniu indywidualnie dostosowanego poziomu trudności, przez co trenujący utrzymuje się w optymalnym do nauki stanie ustawicznego napięcia i zaangażowania.
3. **Wyznaczanie wartych zdobycia celów**, czyli takich, które są dla gracza zrozumiałe, jasne i atrakcyjne. Dzięki dobrze zaprojektowanym celom i rozłożeniu w czasie możliwości ich realizacji trening nie jest ani zbyt frustrujący, ani za mało łatwy⁷.

Dodatkowo, w literaturze podkreśla się rolę transferu umiejętności w efektywności szkolenia. Chodzi o możliwość zastosowania zdobytej podczas nauki wiedzy we właściwych, docelowych okolicznościach⁸. Rozważając wprowadzenie wirtualnej rzeczywistości jako narzędzia szkoleniowego dla operatorów BSP, należy postawić pytanie: czy wirtualny trening przyczyni się do zwiększenia kompetencji tychże podczas wykonywania codziennych obowiązków?

Badania nad wirtualną rzeczywistością dowodzą, że transfer umiejętności z wirtualnego do realnego świata jest możliwy, gdy symulacja będzie wystarczająca immersyjna, dostarczy wysokiego poczucia obecności (ang. *presence*, subiektywny stan bycia

⁵ D.A. Kolb, dz. cyt.

⁶ F.L. Greitzer, O.A. Kuchar, K. Huston, *Cognitive Science Implications for Enhancing Training Effectiveness in a Serious Gaming Context*, „Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)” 2007, 7(3), s. 2.

⁷ jw.

⁸ R. Parsons, S.L. Hinson, D. Sardo-Brown, *Educational Psychology: A Practitioner-Researcher Model of Teaching*, Wadsworth Publishing, Boston 2000.

przeniesionym) oraz będzie odwzorowywać prawdziwe warunki w zakresie fizycznym i funkcjonalnym, czyli będzie wysoko realistyczna⁹.

Do dwóch fundamentalnych kategorii definiujących użyteczność VR w praktyce szkoleniowej należą więc immersja oraz poczucie obecności. W przeglądzie literatury obejmującym okres przed pojawieniem się interfejsu nagłownego Oculus Rift (1999–2009)¹⁰, T. Mikropoulos i A. Nastis¹¹ zidentyfikowali szereg tzw. afordancji¹² charakterystycznych dla VR i istotnych dla procesów szkoleniowych. Należą do nich doświadczenie pierwszoosobowe i poczucie obecności przekładające się na specyfikę poczucia przebywania w wirtualnej przestrzeni. Wspomniana unikalność ma z kolei przełożenie na – jak zauważają M. Ott i L. Freina¹³ – możliwość umieszczenia użytkownika w sytuacjach, które w inny sposób są czasowo i przestrzennie niedostępne lub problematyczne (ze względów bezpieczeństwa lub etycznych).

L. Jensen i F. Konradsen¹⁴ przeprowadzili kwerendę w największych naukowych bazach tekstów (m.in. SCOPUS, Web of Science, PubMed, IEEE Xplore, PsycINFO) uzyskując przeszło osiem tysięcy referencji. Po usunięciu duplikatów i skoncentrowaniu się na tekstach pełnych, napisanych w języku angielskim, opisujących użycie HMD, obejmujących praktykę eksperymentalną i zawierających dane źródłowe – otrzymano pulę dwudziestu jeden artykułów. Czternaście z nich opisywało doświadczenie edukacyjne (immersję, realizm, fizyczny dyskomfort, nastawienie), w jedenastu mierzono wyniki uczenia (kognitywne, afektywne, psychomotoryczne).

Wyłaniający się z analizy obraz sugeruje, że:

- generowanie wrażenia obecności jest podstawową motywacją dla tworzenia symulatorów VR; oznacza to, że wizualne niedostatki technologii wpływają negatywnie na odbiór całości doświadczenia;
- wszystkie analizowane badania wychodzą z założenia, że immersja ma pozytywny wpływ na wyniki szkolenia, a także na chęć uczestniczenia w procesie edukacyjnym;

⁹ A.L. Alexander i in., *From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-In and Their Effects on Transfer in Pc-Based Simulations And Games*, „DARWARS Training Impact Group” 2005, 5, s. 1–14.

¹⁰ Jak podają Jensen i Konradsen (L. Jensen i F. Konradsen, *A Review of the Use of Virtual Reality Headmounted Displays in Education and Training*, „Educ Inf Technol” 2018, 23, s. 1515–1529.), od 2013 r. w branży symulacyjnej zaobserwowano radykalny wzrost zainteresowania VR, którego powodem było pojawienie się pierwszej w tym właśnie okresie współczesnej generacji interfejsów nagłownych Oculus Rift. Radykalny wzrost dostępności specjalistycznych dotąd urządzeń, obniżenie cen, poprawa jakości wyświetlaczy oraz śledzenia spowodowały ogromny wzrost zainteresowania wirtualną i poszerzoną rzeczywistością.

¹¹ T.A. Mikropoulos, A. Nastis, *Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999–2009)*, „Computers & Education” 2011, 56(3), s. 769–780.

¹² B. Dalgarno, M.J.W. Lee, *What Are the Learning Affordances of 3-D Virtual Environments?*, „British Journal of Educational Technology” 2010, 41(1), s. 10–32.

¹³ M. Ott, L. Freina, *A literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives*, „Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)” 2015.

¹⁴ L. Jensen, F. Konradsen, dz. cyt.

- użycie HMD skutkuje nieznacznie niższą akwizycją wiedzy niż w przypadku tradycyjnych interfejsów (choć efekt nie jest jednoznacznie potwierdzony);
- wykorzystanie HMD w treningu psychomotorycznym daje wyraźne i pozytywne rezultaty;
- użycie technologii wirtualnej rzeczywistości dodatnio wpływa na motywację szkolonych osób.

Wydaje się więc stwierdzeniem niebudzącym wątpliwości, że wszędzie tam, gdzie dla przebiegu treningu istotne jest przywołanie poczucia obecności w pewnym środowisku fizycznym, VR spełnia pokładane w nim nadzieje. Wziąwszy pod uwagę fakt, że symulowanie skomplikowanych i niebezpiecznych sytuacji (np. poprzez budowanie makiet, poligonów itp.) jest bardzo trudne i kosztowne w realizacji poza środowiskiem elektronicznym, wykorzystanie trenażerów HMD jest niezwykle atrakcyjnym przedsięwzięciem. Jak pokazują badania i quasi-badania, takie jak zaprezentowane w tekstach M. Coxon, N. Kelly i S. Page¹⁵ czy Y. Shu i in.¹⁶ rozwiązanie to znajduje coraz szersze potwierdzenie i zastosowanie. Opracowania, takie jak autorstwa S. Borsci i in.¹⁷, sugerują ponadto, że użycie technologii VE daje mierzalnie lepsze rezultaty w przypadku szkolenia umiejętności wykonywania procedur. W ostatnim z wymienionych tekstów autorzy opisują badanie, w którym uczniów szkolono z użyciem m.in. desktopowej aplikacji 3D i filmu wideo. Wyniki pokazały, że osoby edukowane w środowisku wirtualnym wykonywały procedury znacząco lepiej niż pozostałe, a także – po przerwie – szybciej odzyskiwały sprawność w wykonywaniu procedury; w końcu – po dłuższej pauzie – nadal radziły sobie sprawniej niż uczestnicy badania szkoleni innymi metodami.

Ograniczenia i potencjalne ryzyka związane ze stosowaniem technologii VR

Jak wykazano wyżej, zastosowanie wirtualnej rzeczywistości do celów szkoleniowych i ewaluacyjnych obsługi bezzałogowych statków powietrznych ma liczne zalety. Technologia ta nie jest jednak pozbawiona ograniczeń. Główną wadą VR-u jest możliwość wystąpienia objawów tzw. choroby symulatorowej¹⁸ podczas szkolenia. Syndrom ten składa się z szeregu objawów, pośród których wymienić można m.in. nudności, trudności z koncentracją, ból głowy czy potliwość¹⁹. Poziom dotkliwosci objawów

¹⁵ M. Coxon, N. Kelly, S. Page, *Individual Differences in Virtual Reality: Are Spatial Presence and Spatial Ability Linked*, „Virtual Reality” 2016, 20(4), s. 203–212.

¹⁶ Y. Shu i in., *Do Virtual Reality Head-Mounted Displays Make a Difference? A Comparison of Presence and Self-Efficacy Between Head-Mounted Displays and Desktop Computer-Facilitated Virtual Environments*, „Virtual Reality” 2018, s. 1–10.

¹⁷ S. Borsci i in., *When Simulated Environments Make the Difference: The Effectiveness of Different Types of Training of Car Service Procedures*, „Virtual Reality” 2016, 20(2), s. 83–99.

¹⁸ R.S. Kennedy i in., *Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*, „The International Journal of Aviation Psychology” 1993, 3(3), s. 203–220.

¹⁹ M.P. Biernacki, R.S. Kennedy, Ł. Dziuda, *Simulator Sickness and Its Measurement with Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)/Zjawisko choroby symulatorowej oraz jej pomiar na przykładzie kwestionariusza do badania choroby symulatorowej (SSQ)*, „Medycyna Pracy” 2016, 67(4), s. 545–556.

jest zależny m.in. od cech symulatora czy samej osoby szkolonej²⁰. Nasilenie objawów choroby symulatorowej może być również związane z aspektami temporalnymi ekspozycji na VR, takimi jak długość szkolenia czy wcześniejsza adaptacja. Symptomy mogą być również odczuwane po zakończeniu wirtualnego treningu²¹.

Ze względu na to, że systemy wspierające obsługę BSP poprzez zastosowanie narzędzi VR są już opracowywane i testowane²², należy pamiętać o istniejących technikach ograniczania prawdopodobieństwa wystąpienia dyskomfortu. Są one uwzględniane przy opracowywaniu wymogów bezpieczeństwa i higieny pracy dla HMD (np. higiena czasowa korzystania z opisywanej technologii), interfejsu użytkownika (zapewnienie stabilnych obszarów do *zawieszenia wzroku*) i innych. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że implementacja treningu w VR może pomóc w adaptacji do choroby symulatorowej występującej poza symulacjami treningowymi ze względu na fakt, że interfejsy nagłowne zaczynają być coraz powszechniej wykorzystywane w codziennej pracy operatorów BSP.

Prototypowanie trenażera VR

Wymienione powyżej uwarunkowania przekładają się bezpośrednio na praktyki związane z prototypowaniem aplikacji treningowych. Bardzo często punktem wyjścia w procesie projektowania i tworzenia innowacyjnych rozwiązań, między innymi do celów szkoleniowych, jest ogólny pomysł, koncepcja (ryc. 1). W przypadku zagadnień dotyczących platform BSP może to być np. pomysł na przebudowę interfejsu użytkownika, usprawnienie sposobu sterowania, nowy moduł autopilota albo wypróbowanie w wirtualnym locie platformy BSP z silnikami o większej mocy.

Zdarza się, że pomysł, który na wstępnym etapie wydawał się obiecujący, po zaimplementowaniu okazuje się rozwiązaniem nietrafionym. Dlatego szczególnie ważne jest, aby koncepcje poddawać weryfikacji na każdym etapie projektowania systemu. Bardzo przydatnym narzędziem w tym procesie są prototypy. Celem ich tworzenia jest szybkie zweryfikowanie, czy dany pomysł ma praktyczną wartość lub

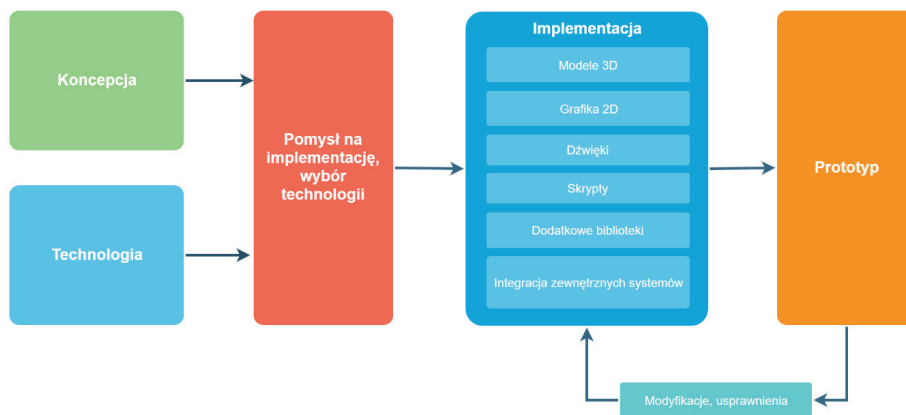
²⁰ Sh. Classen, M. Bewernitz i O. Shechtman, *Driving Simulator Sickness: An Evidence-Based Review of the Literature*, „American Journal of Occupational Therapy” 2011, 65(2), s. 179–188; J.J.-W. Lin i in., *Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory, and Simulator Sickness in a Virtual Environment*, „Proceedings IEEE Virtual Reality” 2002, s. 164–171; J.D. Moss, E.R. Muth, *Characteristics of Head-Mounted Displays and Their Effects on Simulator Sickness*, „Human Factors” 2011, 53(3), s. 308–319; K. Zużewicz i in., *Heart Rate Variability and Motion Sickness During Forklift Simulator Driving*, „International Journal of Occupational Safety and Ergonomics” 2011, 17(4), s. 403–410.

²¹ N. Dużmańska, P. Strojny, A. Strojny, *Can Simulator Sickness Be Avoided? A Review on Temporal Aspects Of Simulator Sickness*, „Frontiers in Psychology” 2018, 9.

²² A. Erfanian i in., *Mechanism of Integrating Force and Vibrotactile Cues for 3D User Interaction within Virtual Environments*, „IEEE Virtual Reality (VR)” 2017, s. 257–258.

N. Smolyanskiy i M. Gonzalez-Franco, *Stereoscopic First Person View System for Drone Navigation*, „Frontiers in Robotics and AI” 2017, 4, s. 11; J. Zhao i in., *The Effects of Visual and Control Latency on Piloting a Quadcopter Using a Head-Mounted Display*, „IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)” 2018, s. 2972–2979.

czy obrany kierunek rozwoju projektu jest właściwy. Dzięki prototypom można już we wczesnej fazie tworzenia rozwiązania wykryć błędy w podstawowych założeniach i odpowiednio je skorygować.



Ryc. 1. Ogólny schemat przebiegu procesu prototypowania
Źródło: Opracowanie własne.

Prostą i szybką drogą do zbudowania prototypu działającego w oparciu o technologię VR jest użycie gotowego silnika 3D. Jest to oprogramowanie przeznaczone do tworzenia aplikacji działających w czasie rzeczywistym (najczęściej są to gry wideo, często też symulatory i inne aplikacje interaktywne). Obecnie najpopularniejszymi silnikami 3D wspierającymi technologię VR są Unity²³ oraz Unreal Engine²⁴. Zaprezentowane poniżej przykłady prostych prototypów zostały zbudowane w oparciu o silnik Unity, w którym podstawowym językiem programowania jest C#, lecz istnieje też możliwość dołączania bibliotek napisanych w innych językach (np. C/C++) poprzez odpowiednio przygotowany kod opakowujący (ang. *wrapper*). Ze względu na popularność Unity, różni producenci sprzętu, oprogramowania i innych dodatkowych rozwiązań dla technologii VR bardzo często zapewniają gotową integrację z silnikiem poprzez system wtyczek (*plugins*). Analogiczne rozwiązania stosowane są również w silniku graficznym Unreal Engine, który także umożliwia instalowanie dodatków. Dzięki temu do prototypu VR dość sprawnie włączyć można obsługę dodatkowych urządzeń, takich jak np. system śledzenia dłoni, system śledzenia wzroku (ang. *eye tracking*) lub system przechwytywania pozycji całej sylwetki operatora (ang. *motion capture*).

²³ <https://unity.com/> [dostęp: 18.07.2019].

²⁴ <https://www.unrealengine.com/> [dostęp: 18.07.2019].

Do zbudowania prototypu VR potrzebne jest (tak jak w przypadku każdej innej aplikacji 3D) wcześniejsze przygotowanie elementów składowych, które zależą w dużym stopniu od prototypowanego systemu. Najczęściej są to:

- **modele 3D** do odwzorowania testowanych elementów, urządzeń, pojazdów, otoczenia, ludzi itp. Do wytworzenia potrzebnych modeli może zostać użyte zewnętrzne oprogramowanie, takie jak: Blender²⁵, 3ds Max²⁶, Maya²⁷, AutoCAD²⁸;
- **dwuwymiarowa grafika** do wykonania tekstur dla modeli 3D, przedstawienia płaskich elementów interfejsu użytkownika, zaprezentowania zdjęć, map itp. (obsługiwane są standardowe formaty graficzne, takie jak: jpg, png, bmp);
- **dźwięki** istotne dla prototypu;
- **skrypty**, czyli kod programu (najczęściej w języku C#) realizujący logikę prototypu, obsługujący wszystkie elementy interaktywne, a także wszelkie zewnętrzne podsystemy, z których korzysta prototyp;
- **dodatkowe biblioteki**, czyli istniejąca bogata baza gotowych modułów (darmowych i płatnych), która może znacznie przyspieszyć budowanie prototypu. Przykładem może być gotowa biblioteka do symulacji efektów pogodowych, wody, zmian oświetlenia w cyklu dnia i nocy, lub też gotowe rozwiązanie do symulacji efektów cząsteczkowych, takich jak dym czy ogień.

Przygotowane wcześniej modele są rozmieszczane w przestrzeni 3D za pomocą edytora Unity. Tam też elementy interaktywne są łączone z odpowiednimi skryptami. Edytor zapewnia możliwość testowania aplikacji, a także zmianę parametrów podczas jej działania. Istnieje także możliwość wyeksportowania aplikacji do postaci wykonywalnej, która nie wymaga uruchamiania edytora.

Na potrzeby zilustrowania powyższego procesu prototypowania przyjęto, że w zespole projektowym tworzącym trenera BSP powstał pomysł na sterowanie obrotową kamerą zamontowaną na platformie BSP za pomocą gogli VR. Pomysł zakłada, że ruch głowy użytkownika w goglach VR będzie przełożony na odpowiedni obrót kamery (ryc. 2). Jest to funkcjonalność szczególnie pożądana w przypadku szkolenia użytkowników ze służb mundurowych wykonujących patrole przy użyciu BSP – np. Straży Granicznej, straży pożarnej, Służby Leśnej czy Policji.

Podstawowa analiza zagadnienia wykazała, że w tym systemie należy uwzględnić potencjalne opóźnienia zarówno w transmisji komend sterujących kamerą, jak również w przesyłaniu samego obrazu. Aby sprawdzić, w jak dużym stopniu różne wartości opóźnień w transmisji mogą mieć wpływ na użytkowanie systemu, wykonano prosty prototyp. W stworzonej aplikacji wykorzystano bardzo uproszczony model 3D samolotu oraz ortofotomapę terenów miejskich. Użytkownik prototypu może sprawdzić empirycznie, przy jakich wartościach opóźnienia projektowany system będzie

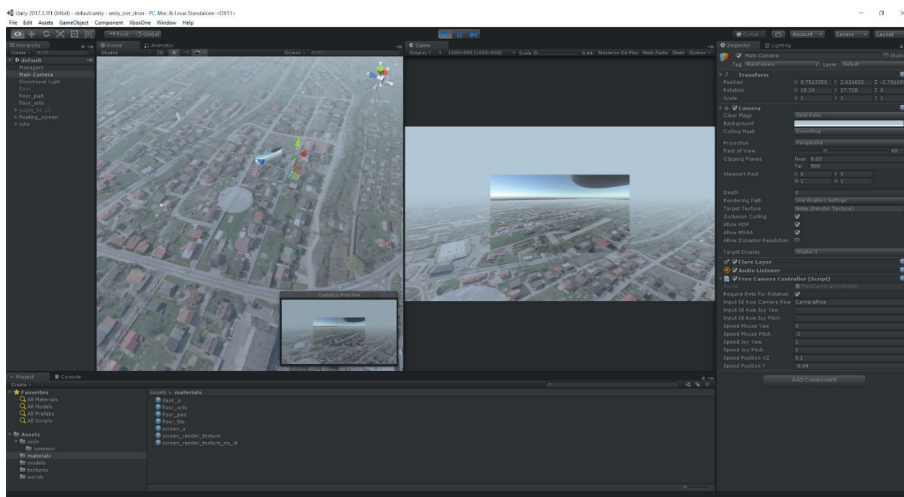
²⁵ <https://www.blender.org/> [dostęp: 19.07.2019].

²⁶ <https://www.autodesk.pl/products/3ds-max/> [dostęp: 19.07.2019].

²⁷ <https://www.autodesk.pl/products/maya> [dostęp: 19.07.2019].

²⁸ <https://www.autodesk.pl/products/autocad> [dostęp: 19.07.2019].

wygodny w użyciu. Pozwala to np. oszacować wartości progowe opóźnienia transmisji, które mogą pomóc w późniejszym wyborze rozwiązań sprzętowych do zastosowania w projektowanym systemie.



Ryc. 2. Przykładowy prototyp VR – test modułu sterowania kamerą BSP

Źródło: Opracowanie własne.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Celem opracowania było nakreślenie ogólnej perspektywy wykorzystania symulatorów VR do szkolenia operatorów i obsługi platform BSP. Ze względu na ograniczony charakter publikacji podjęte rozważania dotyczyły raczej sposobów i uwarunkowań dla tworzenia użytecznych edukacyjnych prototypów oprogramowania VR-owego niż szczegółów przebiegu implementacji. Dokonana kwerenda najnowszej literatury, ze szczególnym uwzględnieniem publikacji przeglądowych wykazuje, że interfejsy nagłowne mogą zwiększać w znaczny sposób możliwości szkoleniowe chociażby ze względu na dużą łatwość w eksploracji scenariuszy zdarzeń unikatowych (tzw. „czarnych łabędzi”) oraz trudną do osiągnięcia w innych warunkach elastyczność i adaptowalność. Interfejsy wirtualnej i poszerzonej rzeczywistości oraz związane z nimi urządzenia i oprogramowanie wedle wszelkiego prawdopodobieństwa będą coraz częściej wykorzystywane przez służby mundurowe. Policja, Państwowa Straż Pożarna czy Straż Graniczna wydają się naturalnymi adresatami różnych zakresów implementacji interfejsów nagłownych dla operatorów bezzałogowych statków powietrznych. Dodatkowo – ze względu na specyfikę symulacji komputerowych i gier poważnych – oprogramowanie tego typu niemal automatycznie staje się również bardzo skutecznym mechanizmem ewaluacji potencjału i bieżących umiejętności szkolonych osób. Dzieje się tak ze względu na możliwość szczegółowego zapisu ogromnej ilości parametrów

związanych z wykonywanymi przez operatora/obsługę czynnościami i ich rezultatami. Jest to z całą pewnością temat wymagający pogłębionej refleksji i eksploracji eksperymentalnej. W świetle zaprezentowanych korzyści – zarówno merytorycznych, jak i budżetowych (stosunek kosztów wytworzenia symulatora do uzyskanego realizmu symulacji jest, zdaniem autorów, więcej niż bardzo dobry) – przedstawione ryzyko związane z tzw. chorobą symulatorową czy potencjalnymi błędami (niedokładnościami) wydaje się warte poniesienia. Tym bardziej, że – jak to zostało również wskazane – są one możliwe do przezwyciężenia za pomocą odpowiednich praktyk związanych z procesem projektowania i testowania.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The work presents a conceptual framework for the use of virtual reality simulators to train operators and ground service of unmanned aerial vehicle platforms. It presents the theory of learning through experience created by David Kolb. He postulates that knowledge is acquired mainly through practice. His theory emphasizes the fact that learning is a process of active exploration that takes place in the interaction between a person and his or her environment. Designing training in compliance with Kolb's theory by using traditional means of transferring knowledge and skills appears to be very difficult. The authors postulate the use of virtual reality tools to overcome difficulties such as high training costs or the risk of equipment damage. The chapter also discusses the issue of transferability of experience acquired in virtual reality to the real world. Elements of the structure of computer games are presented and after applying them to a training simulator in virtual reality they can contribute to increasing the efficiency of learning. The authors also point out the conditions necessary for the effective transfer of skills, such as immersion, realism and the feeling of being present in a simulated environment. Benefits, limitations and potential risks associated with the use of head-based interfaces have been outlined, with particular emphasis on the problem of simulation sickness. Recommendations regarding its counteraction were also indicated. Besides, the prototyping process of a training simulator in virtual reality was presented in a nutshell using popular tools such as Unity and Unreal Engine.

Keywords: Virtual Reality, human-computer interactions, simulations, serious games, Unmanned Aerial Vehicles

BIBLIOGRAFIA

- Alexander A.L. i in., *From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-In and Their Effects on Transfer in Pc-Based Simulations And Games*, „DAR-WARS Training Impact Group” 2005, 5.
- Biernacki M.P., Kennedy R.S., Dziuda Ł., *Simulator Sickness and Its Measurement with Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)/Zjawisko choroby symulatorowej oraz jej pomiar na przykładzie kwestionariusza do badania choroby symulatorowej (SSQ)*, „Medycyna Pracy” 2016, 67(4).
- Borsci S. i in., *When Simulated Environments Make the Difference: The Effectiveness of Different Types of Training of Car Service Procedures*, „Virtual Reality” 2016, 20(2).
- Classen Sh., Bewernitz M., Shechtman O., *Driving Simulator Sickness: An Evidence-Based Review of the Literature*, „American Journal of Occupational Therapy” 2011, 65(2).
- Coxon M., Kelly N., Page S., *Individual Differences in Virtual Reality: Are Spatial Presence and Spatial Ability Linked*, „Virtual Reality” 2016, 20(4).
- Dalgarno B., Lee M.J.W., *What Are the Learning Affordances of 3-D Virtual Environments?*, „British Journal of Educational Technology” 2010, 41(1).
- Dużmanska N., Strojny P., Strojny A., *Can Simulator Sickness Be Avoided? A Review on Temporal Aspects Of Simulator Sickness*, „Frontiers in Psychology” 2018, 9.
- Erfanian A. i in., *Mechanism of Integrating Force and Vibrotactile Cues for 3D User Interaction within Virtual Environments*, „IEEE Virtual Reality (VR)” 2017.
- Greitzer F.L., Kuchar O.A., Huston K., *Cognitive Science Implications for Enhancing Training Effectiveness in a Serious Gaming Context*, „Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)” 2007, 7(3).
- Jankowski J., Grabowski A., *Projektowanie wirtualnych środowisk w celu szkolenia pracowników w zakresie prac szczególnie niebezpiecznych*, „Mechanik” 2012, 85.
- Jensen L., Konradsen E., *A Review of the Use of Virtual Reality Headmounted Displays in Education and Training*, „Educ Inf Technol” 2018, 23.
- Kennedy R.S. i in., *Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*, „The International Journal of Aviation Psychology” 1993, 3(3).
- Kolb D.A., *Experiential Learning: Experience as the Source Of Learning and Development*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1984.
- Lin J.J.-W. i in., *Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory, and Simulator Sickness in a Virtual Environment*, „Proceedings IEEE Virtual Reality” 2002.
- Mikropoulos T.A., Nastis A., *Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999–2009)*, „Computers & Education” 2011, 56(3).
- Moss J.D., Muth E.R., *Characteristics of Head-Mounted Displays and Their Effects on Simulator Sickness*, „Human Factors” 2011, 53(3).
- Ott M., Freina L., *A literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives*, „Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)” 2015.
- Parsons R., Hinson S.L., Sardo-Brown D., *Educational Psychology: A Practitioner-Researcher Model of Teaching*, Wadsworth Publishing, Boston 2000.
- Seymour N.E. i in., *Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance: Results of a Randomized, Double-Blinded Study*, „Annals of Surgery” 2002, 236(4).
- Shu Y. i in., *Do Virtual Reality Head-Mounted Displays Make a Difference? A Comparison of Presence and Self-Efficacy Between Head-Mounted Displays and Desktop Computer-Facilitated Virtual Environments*, „Virtual Reality” 2018.
- Smith R., *The Long History of Gaming in Military Training*, „Simulation & Gaming” 2010, 41(1).
- Smolyanskiy N., Gonzalez-Franco M., *Stereoscopic First Person View System for Drone Navigation*, „Frontiers in Robotics and AI” 2017, 4.
- Zhao J. i in., *The Effects of Visual and Control Latency on Piloting a Quadcopter Using a Head-Mounted Display*, „IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)” 2018.
- Zuzewicz K. i in., *Heart Rate Variability and Motion Sickness During Forklift Simulator Driving*, „International Journal of Occupational Safety and Ergonomics” 2011, 17(4).

Taktyka pracy w roju oraz jej implementacja w środowiskach wirtualnej rzeczywistości

Swarming Tactic and Its Implementation
in Virtual Reality Environment

Maximilian Minta
NEPTUN STUDIO

STRESZCZENIE

W opracowaniu przeanalizowano zagadnienie bezzałogowych maszyn pracujących w roju. Ponadto możliwości, jakie płyną z zastosowania środowisk wirtualnej rzeczywistości do planowania algorytmów autonomicznej pracy pojedynczych robotów oraz ich synchronicznej pracy. W pracy przedstawiono: przykłady obecnych rozwiązań opartych o rozproszone systemy bezzałogowe; historyczny algorytm bioniczny opisujący inteligencję roju, osadzony w środowisku wirtualnej rzeczywistości jako przykład spotkania trzech dziedzin: systemów rozproszonych, sztucznej inteligencji oraz wirtualnej rzeczywistości. W dalszej części przybliżono ideę symulowania sygnałów z urządzeń pomiarowych z wirtualnego otoczenia robota oraz dostarczania tych informacji do projektowania algorytmów je interpretujących lub bezpośrednio do komputera pokładowego lub innego urządzenia. Kolejno ukazano proste przykłady symulacji sygnałów z urządzeń pomiarowych osadzonych w środowiskach wirtualnej rzeczywistości, a także zestawienie różnych środowisk oraz ich atutów. Zaprezentowano też koncepcję wykorzystania przez służby taktyk pracy BSP w roju.

Słowa kluczowe: rój dronów, systemy rozproszone, wirtualna rzeczywistość, taktyki systemów bezzałogowych

WSTĘP

Rozproszone i współpracujące (działające w roju) drony można uznać za następstwo taktyki wojennej (ang. *military swarming*) dla jednostek załogowych. Korzyści użycia roju są zależne od okoliczności i problemu, jaki jest za jego pomocą rozwiązywany.

Przykłady taktyk militarnych to np.:

- **Amunicja krążąca w roju** (uzbrojenie ofensywne – zwalczające przeciwnika) – bezzałogowe statki powietrzne (zazwyczaj samoloty) wyposażone w ładunek wybuchowy. Dzięki pracy w roju są trudniejsze do wyeliminowania przez

przeciwnika (musi on zniszczyć wszystkie skierowane na niego pociski – „drony kamikadze”).

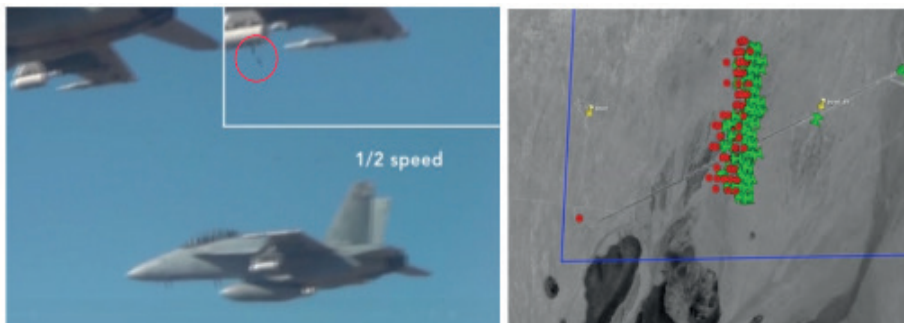
- **Rój dronów nawodnych z sonarami** (uzbrojenie defensywne – obronne) – drony nawodne (pływające) wyposażone w sonary (urządzenia do śledzenia obiektów za pomocą dźwięku) rozmieszczone w pewnych odległościach, mogą śledzić obiekty pod wodą, gdzie każdy robot jest odpowiedzialny za „obserwowanie” obszaru dna morskiego wokół siebie. Informacje z każdej maszyny mogą być analizowane jednocześnie (np. informacje mogą być składane w jeden obraz trójwymiarowy).

Przykłady przeznaczenia cywilnego:

- **Pokazy wizualne** (rynek eventowy, czyli branża wydarzeniowa) – za pomocą roju dronów (zazwyczaj lekkich wielowirnikowców z kolorowym oświetleniem), latających synchronicznie po zaplanowanych trasach można przeprowadzać pokazy świetlne na niebie lub wewnątrz budynków (ang. *drone show* – pokaz dronów).
- **Zbieranie danych wizyjnych rojem** (rynek geodezyjny) – wykonywanie zdjęć terenu na danym obszarze za pomocą wielu statków powietrznych pracujących synchronicznie zwiększa prędkość zbierania danych, przy zaangażowaniu mniejszej ilości zasobów ludzkich – jedna zbiorcza naziemna stacja kontroli lotów (jeden operator).

Dotychczasowe przypadki użycia rojów BSP na świecie i w Polsce

W październiku 2016 r. z użyciem trzech F-18 E/F Super Hornet testowano 103 mini BSP Perdix działające w grupie – tzw. roju. Badano ich zachowanie w przestrzeni powietrznej oraz skuteczność ugrupowania dronów w tej formacji pod kątem podejmowania właściwych decyzji i wykonywania konkretnych zadań, tzw. „autonomii współdziałania” (*collaborative autonomy*)¹.



Ryc. 1. Demonstracja Perdix 2016

Źródło: Dvids, www.dvidshub.net/video/504622/perdix-swarm-demo-oct-2016, bit.ly/2HRkTbZ [dostęp: 26.10.2016].

¹ *Super Hornets zrzuciły rój dronów*, Defence24, <https://www.defence24.pl/sily-zbrojne/marynarka-wojenna/super-hornety-zrzucily-roj-dronow-wideo>, bit.ly/30dkWb0 [dostęp: 11.01.2017].

Na ryc. 1 widać jak operator systemu zmienia ustawienia punktów kontrolnych (czerwone okręgi), za nimi poruszają się graficzne reprezentacje położenia dronów (zielone kształty) z danych telemetrycznych (czyli dostarczonych drogą radiową z pokładów bezałogowców).

Takie informacje – podawane publicznie przez armie – mogą być w rzeczywistości przestarzałe, a prace z pewnością są na bardziej zaawansowanym poziomie.

Aż 1374 drony wzbily się jednocześnie w powietrze i dały pokaz podczas obchodów Święta Pracy 1 maja 2018 r. w chińskiej miejscowości Xi'an. Oznacza to, że poprzedni rekord Guinnessa należący do Intela i ustanowiony podczas otwarcia Olimpiady Zimowej w Pjongczang 2018, w którym udział wzięło 1218 dronów, został pokonany² – ryc. 2.

Ten przykład udowadnia, że dronów precyzyjnie sterowanych w niewielkich odległościach od siebie mogą być tysiące.



Ryc. 2. Egret's 1374 drones dancing over the City Wall of Xi'an, achieving the Guinness World Records

Źródło: EHang, www.youtube.com/watch?v=4mHDDG3FCjs, bit.ly/2S8Jtcs [dostęp: 2.05.2018].

Pierwszy pokaz z wykorzystaniem roju dronów w Polsce przeprowadzono podczas finału Industriady 2019 w Katowicach przez firmę „Droneland” 8 czerwca 2019 r. Użyto w nim 20 dronów. Wobec tego, można przypuszczać, że w Polsce na przestrzeni kilku lat takie pokazy staną się popularną atrakcją.

² 1374 drony jednocześnie w powietrzu – nowy rekord Guinnessa, www.swiatdronow.pl/1374-drony-jednoczesnie-w-powietrzu-nowy-rekord-guinnessa, bit.ly/2JAadl8 [dostęp: 3.05.2018].



Ryc. 3. Pierwszy w Polsce drone show z rojem dronów

Źródło: Świat dronów, www.swiatdronow.pl/pierwszy-w-polsce-drone-show-z-rojem-dronow-w-roliglownej, bit.ly/2LMsrlm [dostęp: 11.06.2019].

Wirtualna rzeczywistość i drony

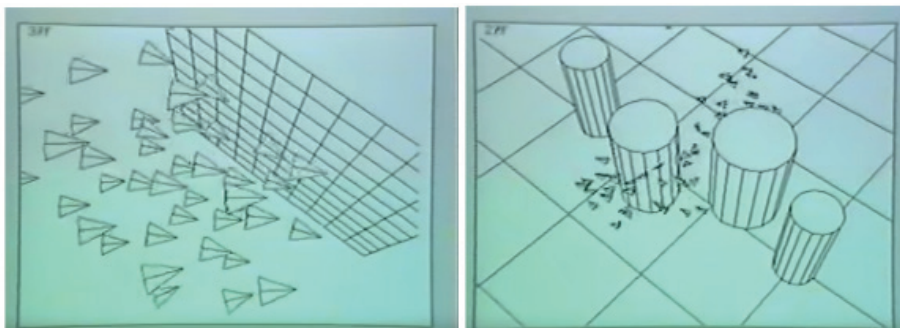
Środowiska wirtualnej rzeczywistości mogą pełnić rolę narzędzia do planowania taktyki pracy dronów, jak i są narzędzi szkoleniowych dla operatorów i użytkowników systemów bezzałogowych. Poniżej przedstawiono zarówno profesjonalne rozwiązania dedykowane dla grupy dronów, jak i sposoby adaptacji środowisk o otwartym kodzie źródłowym (ang. *open source* – gdzie kod programu jest dostępny i darmowy dla każdego oraz możliwa jest jego własna modyfikacja).

Algorytm Boids i VR z 1986 r.

Bioniczny (na podstawie obserwacji natury) algorytm (wzór matematyczny) opisujący zachowanie roju zbliżone do zachowania stada ptaków, ławicy ryb lub roju pszczół. Został stworzony przez Craiga Reynoldsa. Zaprezentowano go po raz pierwszy w 1987 r. na konferencji SIGGRAPH³ – ryc. 4.

Uogólniając, algorytm steruje obiektami (ang. *Boids*) na podstawie położenia innych sąsiadujących agentów (samodzielnymi obiektami) oraz elementów otoczenia. Obiekty nie zderzają się ze sobą oraz omijają przeszkody (jak np. ławica ryb).

³ C.W. Reynolds, *Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model*, 1987 [dok. elektr.], www.red3d.com/cwr/papers/1987/SIGGRAPH87.pdf, bit.ly/2VXkjtb [dostęp: 22.05.2019].



Ryc. 4. Symulacja algorytmu boids (1986)

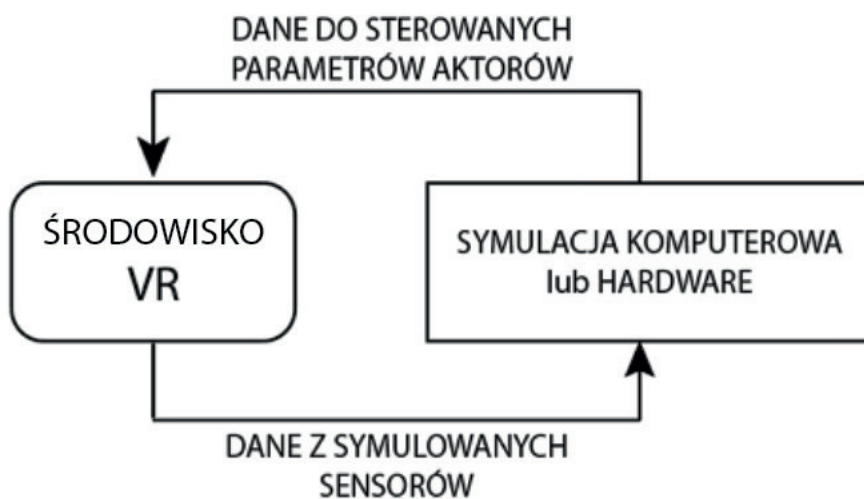
Źródło: EJonasson,

www.youtube.com/watch?v=86iQIV3-3IA,
bit.ly/2jXBDXJ [dostęp: 22.05.2013].

Poza tym, że Reynolds opisał algorytm będący podwaliną pod logikę działania niektórych, obecnych systemów rojów bezzałogowych (np. amunicji krążącej w roju), zaprezentował również jego działanie w VR już w 1986 r. – ryc. 4.

Idea symulowania sygnałów z VR

Symulowanie sygnałów polega na przetwarzaniu danych, zamodelowanych matematycznie obiektów 3D przez środowisko wirtualnej rzeczywistości oraz ich przesyłaniu między innymi środowiskami (obliczeniowymi i symulacyjnymi) albo zewnętrznymi urządzeniami (np. programowalnym komputerem lotu). Ideę tę zobrazowano na ryc. 5.



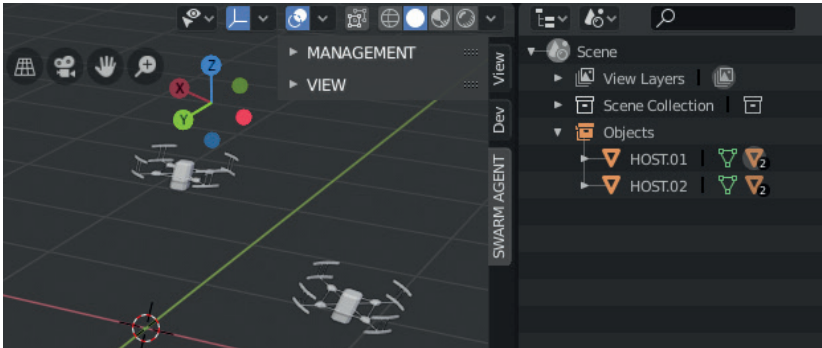
Ryc. 5. Schemat idei komunikacji w symulacji z VR

Źródło: opracowanie własne.

Przykłady

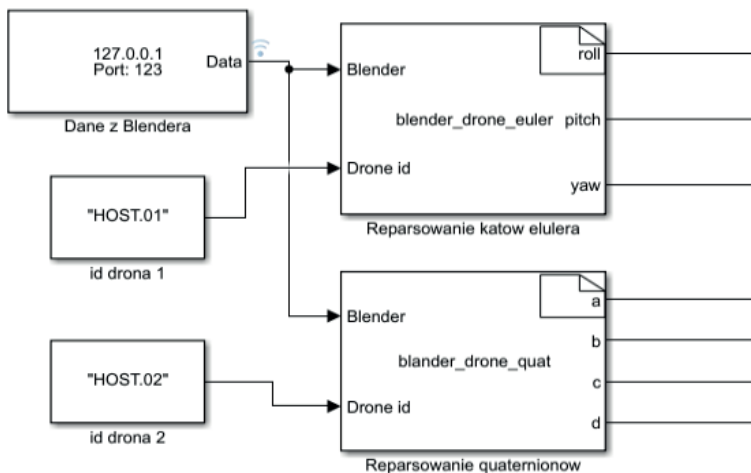
Śledzenie nachyleń osi symulowanego MR

Kąty nachylenia statku powietrznego względem przyspieszenia grawitacyjnego oraz jego prędkości obrotowe są jednymi z podstawowych informacji, jakie powinny być dostarczane do komputera pokładowego. Są obliczane z danych pochodzących z żyroskopu i akcelerometru, które zazwyczaj stanowią jeden układ scalony MEMS.



Ryc. 6. Scena w Blenderze z obiektami – dronami
Źródło: opracowanie własne.

Dane ze środowiska Blender⁴ (ryc. 6) są wysyłane przez protokół UDP za pomocą rozwijanej przez "Neptun Studio" wtyczki do tego środowiska, która jednocześnie parsuje (ang. *parse* – kodowanie danych w ciąg znaków).



Ryc. 7. Simulink – bloki odbierania i analizy danych
Źródło: opracowanie własne.

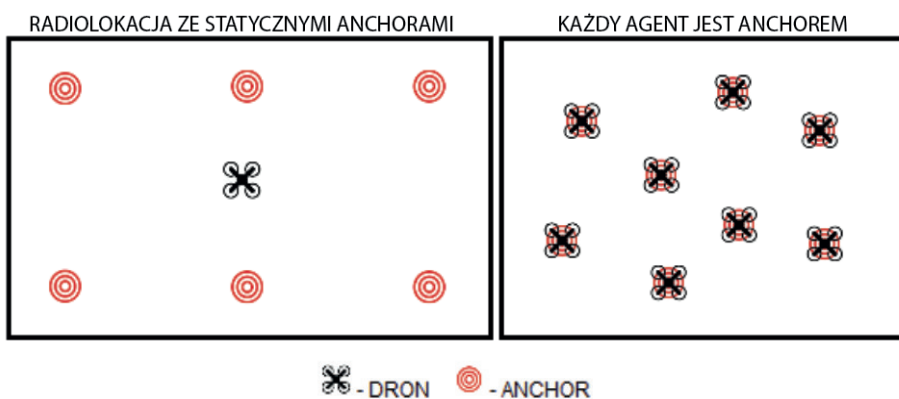
⁴ Blender, strona projektu, blender.org [dostęp: 4.09.2019].

Bloki środowiska simulink (ryc. 7) odbierają oraz analizują dane ze środowiska VR. Można również zwrócić sygnały (np. siłę ciągu poszczególnych rotorów) do VR.

Zaprezentowano prosty sposób komunikacji między VR a innymi środowiskami. Do rozbudowanych zastosowań istnieją gotowe rozwiązania, przede wszystkim HLA (ang. *High-Level Architecture* – Architektura Wysokiego Poziomu, architektura wymiany informacji, zwłaszcza między systemami symulacyjnymi, nad którą prace rozpoczęto w październiku 1995 r. w Departamencie Obrony USA).

Radiolokacja dronów w roju

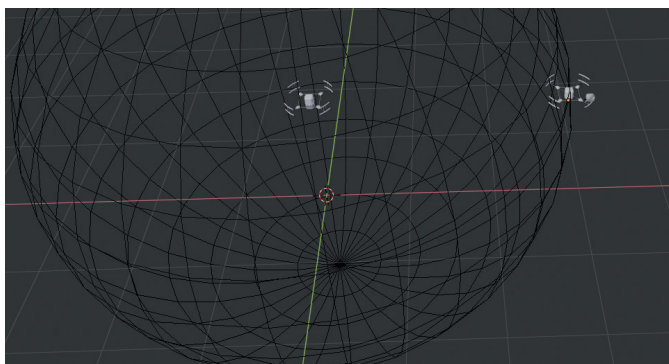
Rozważany system lokalizacji dronów w roju działa podobnie jak np. GPS. Stosuje się systemy oparte o statyczne kotwice (ang. *anchor's*) nadające sygnał radiowy oraz odbiorniki tego sygnału na lokalizowanych urządzeniach (np. dronach).



Ryc. 8. Idea nawigacji za pomocą kotwic (statyczne, agent = anchor)

Źródło: opracowanie własne.

Rozważmy użycie dronów jako jednocześnie odbiorników i kotwic (ryc. 8).



Ryc. 9. Blender – 2 drony

Źródło: opracowanie własne.

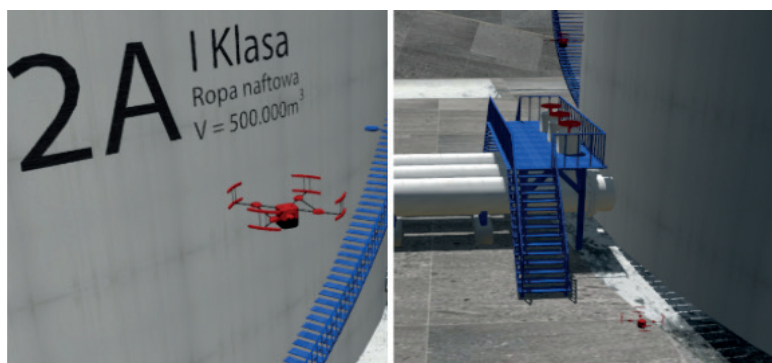
Na ryc. 9 zwizualizowano sferę o promieniu równym odległości do najbliższego drona (wizualizacja symulacji prawa Gaussa dla mocy odbieranego sygnału radiowego – bez uwzględnienia zniekształceń – jeden dron nadaje, drugi odbiera).

Badania laboratoryjne ograniczają się jedynie do weryfikowania dokładności pomiaru za pomocą tej rozproszonej technologii radiolokacji (aby następnie zaimplementować zniekształcenia sygnału w symulacji komputerowej z użyciem VR).

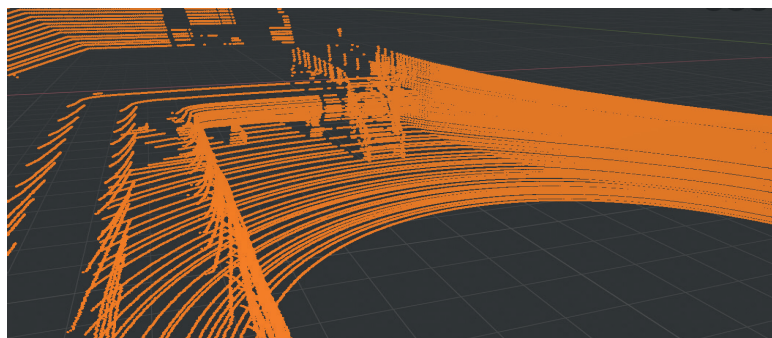
Symulowane sygnały radiowe (ze wszystkich dronów) są odbierane przez inne drony w roju. Następnie projektowana jest logika działania komputerów pokładowych. Możliwości tej technologii są aktualnie badane przez „Neptun Studio”.

Symulacja danych z LIDAR’u

W tym przypadku są symulowane oczekiwane odczyty z LIDAR’u (urządzenia badającego odległość od innych obiektów materialnych za pomocą obracających się wiązek laserowych) na pokładzie statku bezzałogowego, co dostarcza dane do planowania odpowiedzi systemu np. lokalizacji na podstawie tego medium bez potrzeby prac poligonowych (z uwzględnieniem dokładności symulacji).



Ryc. 10. VBS – drony latające wokół zbiornika paliwowego
Źródło: opracowanie własne.

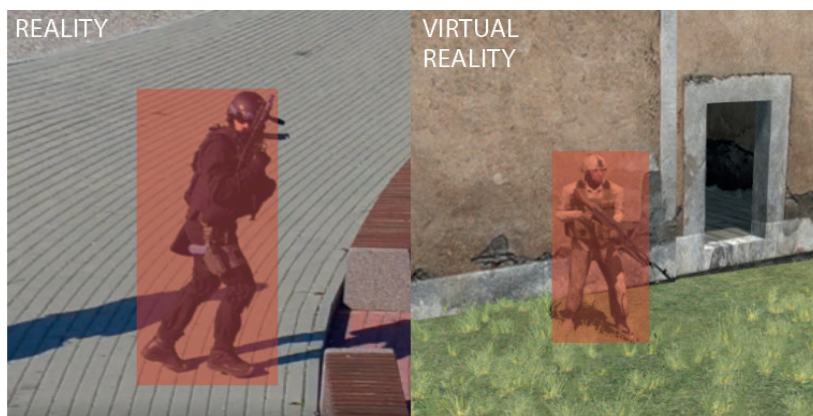


Ryc. 11. Blender – chmura punktów, symulacja LIDAR’u
Źródło: opracowanie własne.

W środowisku VBS zaimplementowano MR latające wokół zbiornika paliwowego (ryc. 10), w środowisku Blender (ryc. 11) widać chmurę punktów wygenerowaną przez symulowany lidar jednego z dronów.

Rozpoznawanie obrazu

Wizja z kamery na pokładzie rzeczywistej jednostki i symulowanej wizji na pokładzie drona (ryc. 12), analizowana przez ten sam algorytm (tutaj na bazie Vision Toolbox⁵) działa podobnie (mimo dużej różnicy między generowanym a rzeczywistym obrazem), co udowadnia, że można testować algorytmy analizy wizji na bazie sztucznego obrazu (w szczególnych przypadkach ze względu na niedoskonałość generowanego obrazu względem rzeczywistego).



Ryc. 12. Rozpoznawanie obrazu (Reality/VR)
Źródło: opracowanie własne.

Wybrane narzędzia

MATLAB & Simulink⁶

Środowisko do wykonywania obliczeń inżynierskich oraz symulacji, pozwalające budować modele symulacyjne za pomocą bloków (por. ryc. 7.). Niektóre z możliwości Simulinka, szczególnie przydatnych do rozważanych zadań, to:

- symulacje dyskretne i ciągłe – np. symulacja wszystkich elementów w MR⁷,
- możliwość implementowania w wielu językach programowania i tworzenia customowych bloków funkcyjnych (ryc. 7.),

⁵ *Computer Vision Toolbox*, MathWorks, uk.mathworks.com/products/computer-vision.html, bit.ly/2VtHPs2 [dostęp: 4.09.2019].

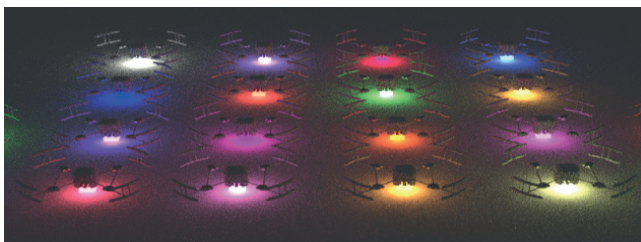
⁶ *Matlab & Simulink*, MathWorks, uk.mathworks.com/products/matlab.html, bit.ly/2JiR343 [dostęp: 4.09.2019].

⁷ *Introduction to Simulink: Quadcopter Simulation and Control*, MathWorks, uk.mathworks.com/videos/introduction-to-simulink-quadcopter-simulation-and-control-100476.html, bit.ly/2PYsREC [dostęp: 25.03.2015].

- możliwość generowania kodu bezpośrednio do jednostki obliczeniowej – np. popularne Raspberry Pi lub Deep Learning pod CUDA⁸.

Blender⁹

Jest to środowisko VR o otwartym kodzie źródłowym przeznaczone pierwotnie dla artystów czy grafików do tworzenia obiektów 3D oraz fotorealistycznych animacji – ryc. 13.

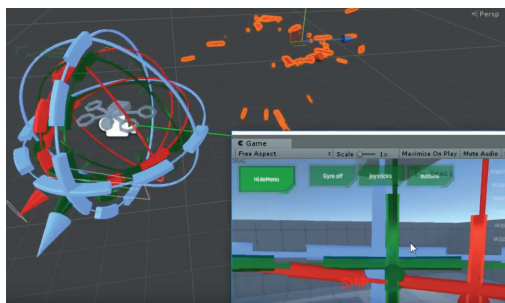


Ryc. 13. Blender – drony z lampami LED
Źródło: opracowanie własne.

Rozwijane oprogramowanie do planowania misji roju w formie wtyczki do Blendera⁸, między innymi pokazów, daje możliwość planowania animacji przez rzeszę artystów posługujących się Blenderem (wystarczy dostarczyć dodatek do oprogramowania).

Unity 3D¹⁰

To wszechstronny silnik graficzny, pierwotnie przeznaczony do tworzenia gier. Jego cechą szczególną jest bardzo wysoki poziom wsparcia dla wszelkich możliwych platform sprzętowych i systemów operacyjnych – ryc. 14.



Ryc. 14. Screen ze środowiska Unity¹¹ – multirotor

Źródło: Zambari, www.youtube.com/watch?v=ml1IDR_CepE&feature=youtu.be, bit.ly/2PYuguS [dostęp: 4.04.2018].

⁸ *Deep Learning with MATLAB, NVIDIA Jetson, and ROS, MATLAB*, www.youtube.com/watch?v=0FP-PBGAkKw8k, bit.ly/2Q2qKj1 [dostęp: 10.10.2018].

⁹ *Blender*, strona projektu, bledner.org [dostęp: 4.09.2019].

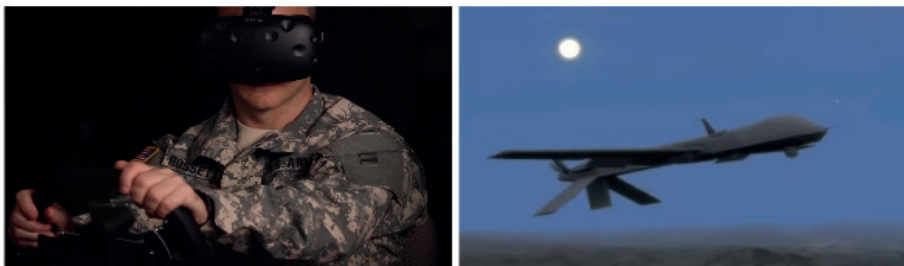
¹⁰ *Unity*, strona projektu, unity.com [dostęp: 4.09.2019].

¹¹ *Unity*, strona projektu, unity.com [dostęp: 04.09.2019].

Dzięki tym zaletom istnieje możliwość stworzenia np. wieloplatformowego środowiska szkoleniowego.

VBS¹²

VBS to oficjalne środowisko szkoleniowe wojsk członków NATO. Jest stosowane do symulacji pola walki czy projektowania тренаżerów. Jego zaletą jest np. obfity content sprzętu wojskowego – ryc. 15.

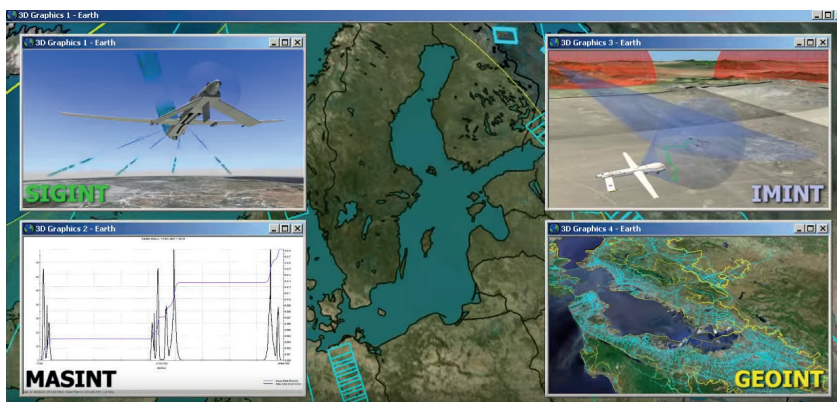


Ryc. 15. Screenshoty ze środowiska VBS¹³

Źródło: Bohemia Interactive Simulations, www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=ad_xFWtutNY, bit.ly/2VmvuRP [dostęp: 11.06.2018].

AGI STK¹⁴

AGI STK to oprogramowanie dla inżynierów, operatorów, analityków i programistów pracujących nad systemami lądowymi, morskimi, powietrznymi i kosmicznymi – ryc. 16.



Ryc. 16. Screenshoty ze środowiska STK

Źródło: VideoDept, www.youtube.com/watch?v=Pp--jIWfgNU, bit.ly/2WF9X82 [dostęp: 28.10.2009].

¹² *Virtual Battlespace*, Bohemia Interactive Simulations, bisimulations.com/products/virtual-battlespace, bit.ly/2vZoq2V [dostęp: 11.06.2018].

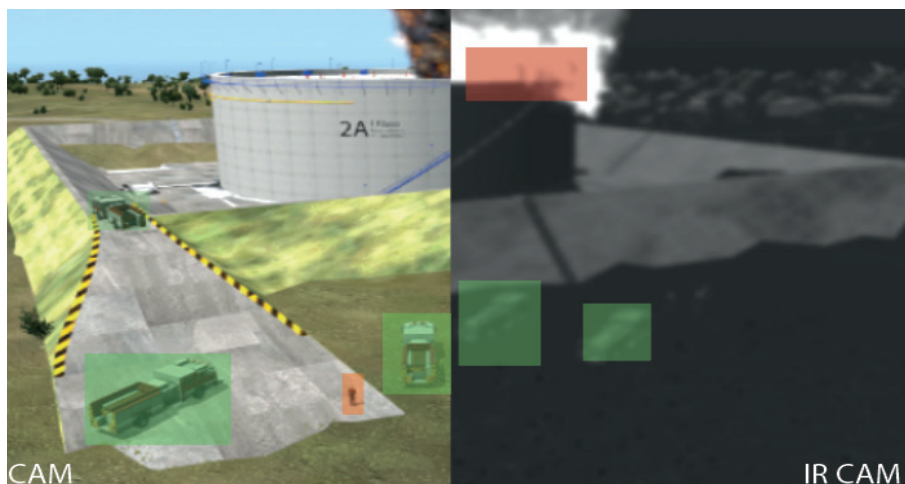
¹³ jw.

¹⁴ AGI STK, strona projektu, www.agi.com [dostęp: 04.09.2019].

Posiada zestaw narzędzi przydatnych do projektowania systemów bezzałogowych (np. symulacje rozpoznania radiowego, analiza terenu).

Konceptcje dla służb

Rycina 17 przedstawia koncepcję analizy obrazu dla drona, który wspiera akcję gaśniczą, poprzez obserwację pojazdów gaśniczych, strażaka oraz ogniska pożaru.



Ryc. 17. VBS – analiza obrazu (koncepcja)
Źródło: opracowanie własne.

System pracujący w roju może realizować taką obserwację z wielu punktów za pomocą jednej naziemnej stacji kontroli lotu. Pracując w odpowiednim szyku może dać też możliwość przewidywania z wyprzedzeniem kierunku wiatru w obszarze akcji gaśniczej (np. za pomocą analizy zmian kierunków wiatru w otoczeniu maszyn rozproszonych w różnych pozycjach do ogniska pożaru).

Za pomocą sygnałów świetlnych z dronów można wspierać akcję ratunkową w obszarach o utrudnionej widoczności lub zdobywać informacje na temat otoczenia (za pomocą sonarów lub radiolokacji rozproszonej na wielu maszynach współpracujących ze sobą).

Podczas szkoleń służb w VR można dodatkowo programować i uczyć sztuczną inteligencję bez potrzeby wykonywania działań poligonowych, które z reguły są dużo droższe w realizacji i mogą narazić wartościowy sprzęt na uszkodzenie.

PODSUMOWANIE

W opracowaniu przedstawiono ideę projektowania taktyki pracy systemów bezzałogowych za pomocą VR oraz przekazywania informacji między innymi środowiskami, jak i urządzeniami zewnętrznymi (np. programowalnym komputerem lotu).

Korzyścią z projektowania automatyki realizowanej na pokładzie bezzałogowców z wykorzystaniem VR jest przede wszystkim przyspieszenie prac nad algorytmami oraz zmniejszenie kosztów dzięki zminimalizowaniu ryzyka uszkodzeń sprzętu podczas testowania lub uczenia algorytmów.

Zrozumienie tej idei jest kluczowe w implementowaniu pracy robotów, których autonomia jest oparta o zaawansowane systemy pomiarowe i komunikacyjne, czego przykładem jest opisany system radiolokacji w roju.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The author analyses the issue of unmanned machines working in a swarm. He presents the advantages resulting from the use of virtual reality environment to schedule algorithms of autonomous and synchronous work of individual robots. The study presents: the examples of current solutions based on distributed unmanned systems; historical bionic algorithm describing the swarm's intelligence embedded in the virtual reality environment as an example of combining three areas; distributed systems, artificial intelligence and virtual reality. In the further part of the study the author explains the idea of simulating signals from measuring devices in the robot's virtual environment and transferring these data in order to design algorithms that could interpret them or directly to the on-board computer or another device. Next, he presents simple examples of simulating the signals from measuring devices embedded in virtual reality environment, an overview of different environments and their strengths. Conceptual implementation the UAV swarm work tactics by the services is also presented.

Keywords: swarm of drones, distributed systems, virtual reality, tactics of unmanned systems

BIBLIOGRAFIA

- 1374 drony jednocześnie w powietrzu – nowy rekord Guinnessa, www.swiatdronow.pl/1374-drony-jednoczesnie-w-powietrzu-nowy-rekord-guinnessa, bit.ly/2JAadl8 [dostęp: 3.05.2018].
- AGI STK, strona projektu, www.agi.com [dostęp: 11.06.2019].
- Blender, strona projektu, bledner.org [dostęp: 11.06.2019].
- Bohemia Interactive Simulations, www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=ad_xFWtutNY, bit.ly/2VmvuRP [dostęp: 11.06.2018].
- Computer Vision Toolbox, MathWorks, uk.mathworks.com/products/computer-vision.html, bit.ly/2VtHPs2 [dostęp: 11.06.2019].
- Deep Learning with MATLAB, NVIDIA Jetson, and ROS, MATLAB, www.youtube.com/watch?v=0FPPBGAKw8k, bit.ly/2Q2qKj1 [dostęp: 10.10.2018].
- Dvids, www.dvidshub.net/video/504622/perdix-swarm-demo-oct-2016, bit.ly/2HRkTbZ [dostęp: 26.10.2016].
- EHang, www.youtube.com/watch?v=4mHDDG3FCjs, bit.ly/2S8Jtcs [dostęp: 2.05.2018].
- Introduction to Simulink: Quadcopter Simulation and Control, MathWorks, uk.mathworks.com/videos/introduction-to-simulink-quadcopter-simulation-and-control-100476.html, bit.ly/2PYsREC [dostęp: 25.03.2015].
- Matlab & Simulink, MathWorks, uk.mathworks.com/products/matlab.html, bit.ly/2JiR343 [dostęp: 11.06.2019].
- Reynolds C.W., *Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model, 1987* [dok. elektr.], www.red3d.com/cwr/papers/1987/SIGGRAPH87.pdf, bit.ly/2VXk]tb [dostęp: 11.06.2019].
- Super Hornety zrzuciły rój dronów, Defence24, <https://www.defence24.pl/sily-zbrojne/marynarka-wojenna/super-hornety-zrzucily-roj-dronow-wideo>, bit.ly/30dkWb0 [dostęp: 11.01.2017].
- Symulacja algorytmu boids (1986), EJonasson, www.youtube.com/watch?v=86iQiV3-3IA, bit.ly/2jXBDXJ [dostęp: 22.05.2013].
- Świat dronów, www.swiatdronow.pl/pierwszy-w-polsce-drone-show-z-rojem-dronow-w-roliglownej, bit.ly/2LMsrlm [dostęp: 11.06.2019].
- Unity, strona projektu, unity.com [dostęp: 11.06.2019].
- VideoDept, www.youtube.com/watch?v=Pp--jIWfgNU, bit.ly/2WF9X82 [dostęp: 28.10.2009].
- Virtual Battlespace, Bohemia Interactive Simulations, bisimulations.com/products/virtual-battlespace, bit.ly/2vZoq2V [dostęp: 11.06.2019].
- Zambari, www.youtube.com/watch?v=ml1IDR_CepE&feature=youtu.be, bit.ly/2PYyugS [dostęp: 4.04.2018].

Systemy dostarczające usługę lokalizacji BSP dla przestrzeni U-space

Systems Providing the UAV Location Service for U-space

Piotr Sadowski

STRESZCZENIE

Opracowanie przedstawia zagadnienie dystrybucji i koncepcji wykorzystania informacji o lokalizacji bezzałogowych statków powietrznych w kontekście usług U-space. Zawiera charakterystykę koncepcji usług U-space. Opisuje możliwości użycia, architekturę i elementy implementacji systemów lokalizacji w kontekście integracji z systemami zarządzania ruchem BSP. W pracy opisano prototypy systemów lokalizacji wykorzystujące technologie ADS-B (ang. *Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*), LTE (ang. *Long Term Evolution*) i sieci IoT (ang. *Internet of things*) LORA (ang. *Long Range*). Poruszano także zagadnienia wykorzystania istniejącej lub budowania nowej infrastruktury naziemnej w ramach ww. technologii telekomunikacyjnych.

Słowa kluczowe: lokalizacja, śledzenie, bezzałogowy statek powietrzny, U-space, zarządzanie ruchem bezzałogowych statków powietrznych

WSTĘP

Dynamicznie rozwijający się rynek usług świadczonych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych pociąga za sobą potrzebę rozwoju środowiska, w którym usługi te będą mogły być realizowane. Dostarczanie usług z wykorzystaniem BSP wymaga opracowania procesów realizacji operacji lotniczych przede wszystkim bezpiecznych i opłacalnych ekonomicznie. Koncepcje środowiska realizacji bezzałogowych operacji lotniczych są spójne w skali międzynarodowej i przewidują do tego celu przestrzeń powietrzną w przedziale wysokości GND – 500 ft AGL¹ (GND – ang. *GrouND* – poziom ziemi, AGL – ang. *Above Ground Level* – nad poziomem ziemi, ft – ang. *feet* – stopy).

¹ Operacje bezzałogowych statków powietrznych możliwe są również (i odbywają się) powyżej wysokości 500 ft AGL, lecz obecnie dotyczą głównie operacji wojskowych. Realizowane są zazwyczaj w wydzielonych strukturach przestrzeni powietrznej i wymagają specjalnych zgód i koordynacji z odpowiednimi służbami zarządzania ruchem lotniczym. W świetle opracowywanych przepisów, zgodnie z klasyfikacją ICAO, operacje te będą odbywać się wg przepisów HFR (ang. *High-level Flight Rules*).

Obecnie projektowane przepisy ICAO będą klasyfikować te operacje jako loty wg przepisów LFR (ang. *Low-level Flight Rules*)². Z kolei przestrzeń powietrzna pomiędzy GND – 500ft AGL, przewidziana nad obszarami zurbanizowanymi, nosi miano U-space. Przestrzeń U-space jest przestrzenią, w której zapewnione zostaną usługi wspierające i m.in. integrujące realizację lotów bezzałogowych statków powietrznych z lotnictwem załogowym. W tym celu projektowane są systemy klasy UTM, których zadaniem jest m.in. dostarczenie szeregu usług U-space oraz narzędzi do bezpiecznego planowania i zarządzania ruchem BSP też w kontekście integracji z systemami zarządzania ruchem załogowym. W celu skutecznego i bezpiecznego zarządzania ruchem BSP systemy UTM muszą być wyposażone w szereg interfejsów wymiany danych i zasilane w dane niezbędne do efektywnej realizacji procesów organizacji ruchu bezzałogowców m.in. dotyczące dostępnej przestrzeni powietrznej i infrastruktury, planowanych operacji BSP, METEO. Jednym z wymaganych typów danych są te dotyczące lokalizacji bezzałogowych statków powietrznych. Pozyskanie i przetworzenie danych o lokalizacji BSP w czasie rzeczywistym umożliwi realizację funkcji taktycznego geofencingu definiowanych jako podstawowe w ramach usług U-space³. Dystrybucja danych lokalizacyjnych do operatorów zwiększy świadomość o sytuacji w przestrzeni powietrznej i podniesie poziom bezpieczeństwa. Udostępnienie danych bezpośrednio systemom sterowania pozwoli na implementację algorytmów unikania kolizji DSA, definiowanych jako zaawansowane usługi U-space (poziom U3)⁴. Spełnienie powyższych założeń w ramach pozyskania i dystrybucji danych o lokalizacji BSP jest jednym z elementów pozwalających na budowę systemu do zarządzania i realizacji lotów autonomicznych.

Przegląd usług U-space

Operacje lotnicze w zurbanizowanej przestrzeni wiążą się z dodatkowymi wymaganiami, jakie będą musiały spełnić bezzałogowe systemy powietrzne. Wymagania te narzucone są przez czynniki determinujące warunki realizacji operacji lotniczych, m.in. stopień złożoności przestrzeni, interakcje z lotnictwem załogowym i wysokie ryzyko związane z wykonywaniem operacji bezpośrednio nad osobami i obiektami. Wszelkie operacje w przestrzeni U-space będą musiały być zidentyfikowane, odbywać się z jednoznacznie wydaną zgodą i dostarczać dane lokalizacyjne (dotyczy ruchu załogowego i bezzałogowego). Bezzałogowe operacje wykonywane poza zasięgiem wzroku BVLOS będą wymagały implementacji algorytmów unikania kolizji nie tylko z innymi użytkownikami przestrzeni powietrznej, ale również z przeszkodami terenowymi.

W związku z przewidywanym wzrostem natężenia i komplikacji ruchu w przestrzeniach zurbanizowanych między GND – 500ft AGL, do zachowania akceptowal-

² UAS ATM Integration Operational Concept, EASA, EUROCONTROL 2018.

³ U-space Services Implementation Monitoring Report, EC, EASA, EUROCONTROL 2018.

⁴ jw.

nego poziomu bezpieczeństwa operacji lotniczych wymagane jest opracowanie infrastruktury wspierającej organizację i integrację bezzałogowego ruchu lotniczego. Trzy główne wysokopoziomowe elementy usług U-space to: zarządzanie danymi, świadomość sytuacyjna i zarządzanie ruchem.

Systemy wspierające organizację i zarządzanie ruchem BSP w przestrzeniach U-space będą musiały dostarczać usługi lokalizacyjne i informacyjne operatorom statków powietrznych i pilotom. Systemy te będą wykorzystywać istniejącą, ogólnie dostępną infrastrukturę telekomunikacyjną bądź odpowiednio zaprojektowaną hybrydę opracowaną w połączeniu z dedykowanymi lotnictwu załogowemu technologiami. Szereg rozwiązań jest obecnie rozwijanych i implementowanych w postaci pierwszych wersji systemów zarządzania bezzałogowym ruchem lotniczym. Koncepcję usług dla przestrzeni U-space przedstawia ryc. 1.



Ryc. 1. Usługi U-space
Źródło: opracowanie własne.

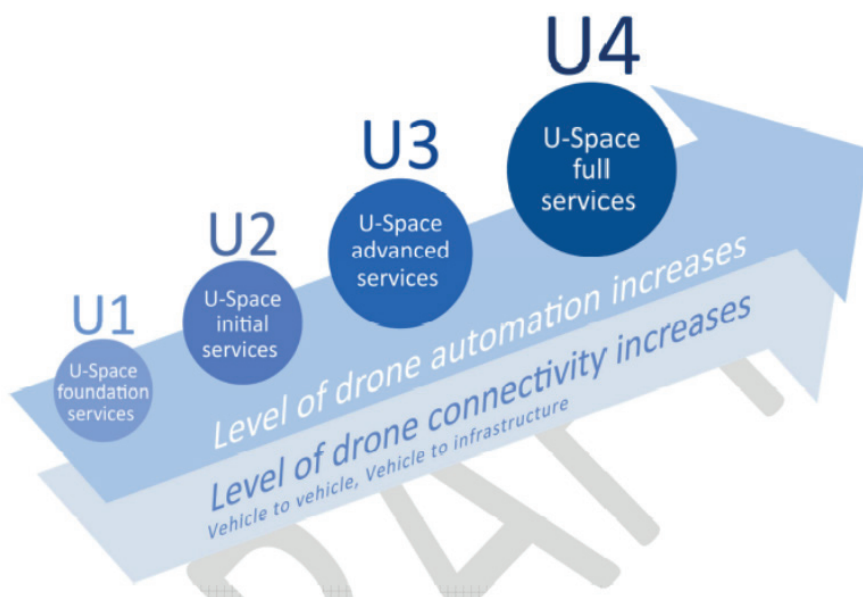
Systemy zarządzania bezzałogowym ruchem lotniczym będą musiały sprostać następującym zagadnieniom wyzwaniom:

- rejestracja BSP i operatorów;
- identyfikacja BSP i operatorów;
- planowanie operacji lotniczych;
- wydawanie zgód na loty;
- śledzenie (lokalizacja, tracking) BSP w czasie rzeczywistym;
- zabezpieczenie i zapewnienie dostępu do aktualnych danych METEO i aeronautycznych.

Przewidywana, rosnąca liczba bezałogowych statków powietrznych wykonująca operacje w tej samej przestrzeni implikować będzie potrzebę automatyzacji procesu planowania i realizacji ruchu powietrznego. Dlatego systemy zarządzania ruchem będą musiały dostarczyć szereg danych operatorowi BSP niezbędnych w celu bezpiecznej i skutecznej realizacji operacji lotniczej. Dane wymagane na etapie planowania operacji lotniczej to m.in.:

- dane o innych planowanych operacjach w segmencie przestrzeni powietrznej,
- dane o dostępności i ograniczeniach w przestrzeni powietrznej (geofencing, NOTAM),
- elewacja, model terenu 3D i dane o przeszkodach terenowych,
- dane METEO – prędkość i kierunek wiatru, obszary występowania oblodzenia, ciśnienie QNH,
- dane o dostępności infrastruktury i systemach wsparcia operacji BSP.

Koncepcja przestrzeni U-space przewiduje wprowadzenie szeregu usług, których zadaniem jest wspieranie, na etapach przedtaktycznym (planowanie) i taktycznym (realizacja), bezałogowych operacji lotniczych. Dodatkowo udostępnianie usług podzielono na etapy związane z dojrzałością stosowanych technologii i zaawansowaniem prac projektowych, implementacyjnych i legislacyjnych. Poziomy usług w relacji ze stopniem wzrostu interakcji telekomunikacyjnej między bezałogowymi statkami powietrznymi przedstawia ryc. 2.



Ryc. 2. Poziomy implementacji usług U-space

Źródło: UAS ATM Integration Operational Concept, EASA, EUROCONTROL 2018.

Komisja Europejska przedstawiła następującą rekomendację kolejności i zakresu wdrażania usług U-space⁵:

U1 – U-space – usługi podstawowe:

- e-Rejestracja operatorów i bezałogowych statków powietrznych;
- e-Identyfikacja operatorów i bezałogowych statków powietrznych;
- geofencing.

U2 – U-space – usługi inicjujące. Wsparcie dla zarządzania ruchem w zakresie:

- planowania operacji bezałogowych;
- wydawania zgód na loty;
- lokalizacji (trackingu);
- upowszechnienie dynamicznej informacji o dostępności przestrzeni powietrznej;
- proceduralnej integracji ze służbami kontroli ruchu lotniczego.

U3 – U-space – usługi zaawansowane. Wsparcie dla realizacji operacji w przestrzeniach o dużym zagęszczeniu ruchu BSP:

- zarządzanie pojemnością przestrzeni;
- wsparcie w zakresie wykrywania kolizji;

U4 – U-space – pełen zakres usług: Automatyzacja procesów w zakresie:

- integracji z lotnictwem załogowym;
- realizacji lotów autonomicznych.

(U1) e-Rejestracja

Usługa umożliwiająca rejestrację bezałogowych statków powietrznych i operatorów wraz z zestawem danych (określonym w przepisach) niezbędnych do przygotowania i realizacji operacji lotniczej. Usługa w pełni cyfrowa z odpowiednimi mechanizmami bezpieczeństwa.

(U1) e-Identyfikacja

Usługa umożliwiająca, przy zastosowaniu cyfrowych narzędzi, identyfikację operatora i bezałogowego statku powietrznego (pozycja, wysokość i czas) wykonującego operację lotniczą. Usługa ogólnie dostępna umożliwiająca również określenie legalności wykonywanej operacji lotniczej. Realizowana za pośrednictwem elektronicznej emisji identyfikatora przez wyposażenie BSP w korelacji z danymi dostępnymi w rejestrach (poziom e-Rejestracji).

(U1) Przed taktyczny geofencing

Usługa udostępniająca operatorowi BSP informację na temat stref zakazu lub ograniczenia lotów oraz stref i ograniczeń w przestrzeni powietrznej wynikających z procesu zarządzania przestrzenią powietrzną. Usługa wymaga akredytowanych źródeł informacji. Dostarczone informacje mają być wykorzystywane przez operatora na etapie planowania lotu. Mogą również być zaimplementowane w systemie sterowania BSP i wykorzystane do realizacji funkcji geofencingu.

⁵ UAS ATM Integration Operational Concept, EASA, EUROCONTROL 2018.

(U2) Lokalizacja w czasie rzeczywistym (tracking)

Usługa zapewniająca pozyskanie i dystrybucję danych lokalizacyjnych (o czasie, położeniu i wysokości) bezzałogowych statków powietrznych. Wykorzystuje odpowiednio zaprojektowaną infrastrukturę składającą się z telekomunikacyjnych modułów stanowiących wyposażenie BSP, telekomunikacyjnych modułów naziemnych oraz systemów przetwarzania danych dozoru (*surveillance*). Jakość danych i terminowość⁶ ich dostarczania może różnić się znacząco od zastosowanych rozwiązań i technologii.

(U2) Taktyczny geofencing

Usługa pozwalająca na dynamiczną dystrybucję i wykorzystanie informacji o geofencingu podczas realizacji operacji lotniczej z uwzględnieniem możliwości adaptacji i korekcji lotu w aspekcie przekazanych zmian. W połączeniu z funkcją lokalizacji (trackingu w czasie rzeczywistym) daje możliwość monitoringu położenia BSP względem granic stref i podnoszenia alarmu w sytuacjach ich bezprawnego naruszenia. Usługa pozwala na definiowanie stref buforowych, naruszenie których może notyfikować operatora i zarządającego strefą o potencjalnej możliwości naruszenia strefy geofencingu.

(U2) Planowanie operacji lotniczych

Usługa dostarczająca możliwość zaplanowania operacji lotniczej w dedykowanej, określonej przestrzeni powietrznej. Udostępniająca narzędzia do identyfikacji kolizji z jej elementami oraz na etapie przed taktycznym z planowanymi trasami lotów innych BSP wykorzystując predykcję trajektorii 4D. Przewidziano różne warianty usług planowania w zależności od wymagań operatora/użytkownika.

(U2) Proceduralna integracja z ATC (ang. *Air Traffic Control Services – Służby kontroli ruchu lotniczego*)

Usługa przewiduje proceduralną integrację ze służbami kontroli ruchu lotniczego dla operacji BSP mających wpływ na ruch załogowy (np. przecinanie rejonów kontroli lotnisk, CTR – ang. *Controlled Traffic Region*). Usługa wymaga wymiany informacji między operatorami BSP a służbami ATC oraz określenia zasad i procedur postępowania w zakresie realizacji operacji BSP oraz elastycznego wydawania zgód/zakazów w zależności od charakterystyki ruchu załogowych statków powietrznych.

(U3) Dynamiczny geofencing

Usługa pozwala na dynamiczną dystrybucję informacji o geofencingu bezpośrednio do systemów sterowania BSP i autonomiczne separowanie się statków powietrznych od granic stref i przeszkód terenowych. Wymaga linku danych do systemów pokładowych w celu integracji z systemami zarządzania ruchem BSP.

(U3) Wykrywanie i unikanie kolizji

Usługa udostępnia szereg narzędzi pozwalających na unikanie kolizji na etapie planowania misji, m.in. propozycje zmiany trasy, wysokości lotu lub czasu startu. Usługa

⁶ Obecne stosowane technologie pozwalają uzyskać transmisję sygnałów i przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym rzędu milisekund. Jednak technologie te wymagają budowy dedykowanej infrastruktury. Stosując istniejące technologie, np. LTE o globalnym zasięgu, decydujemy się na opóźnienia w transmisji sygnałów, nawet do kilku, kilkunastu sekund, co nakłada ograniczenia na zakres ich stosowania.

może określać możliwość zajęcia lub zakaz wlotu w określone elementy przestrzeni powietrznej w określonym czasie.

(U4) U-space – pełen zakres usług

Usługa zapewnia pełną integrację z lotnictwem załogowym przy zachowaniu pełnej funkcjonalności i automatyzacji zakresu usług U-space.

Koncepcje wykorzystania danych z systemów lokalizacyjnych

Zakres danych lokalizacyjnych uzyskiwany z systemów lokalizacyjnych pozwala na identyfikację w czasie rzeczywistym położenia i wysokości BSP. W zależności od zastosowanej technologii można uzyskać różne opóźnienia transmisji i przetwarzania danych – od kilkunastu milisekund do kilkunastu sekund. W zależności od cech systemu lokalizacji – opóźnienia transmisji, możliwości dystrybucji – przewiduje się kilka koncepcji wykorzystania danych dozoru w ramach usług U-space:

- geofencing;
- unikanie kolizji;
- planowanie operacji lotniczych;
- awaryjna lokalizacja BSP.

Geofencing

W celu realizacji funkcji geofencingu niezbędne jest posiadanie aktualnych danych w zakresie stref ograniczeń lotów oraz bieżącego położenia i wysokości lotu bezzałogowego statku powietrznego – dane dozoru. Na podstawie ich korelacji można identyfikować potencjalne możliwości naruszenia stref i separować BSP od granic stref w trybie sterowania ręcznego lub automatycznego. Udostępniając dane lokalizacyjne systemom zarządzania ruchem bądź bezpośrednio do systemów sterowania BSP można określać zajętość stref predefiniowanych na potrzeby planowania i realizacji lotów a następnie dystrybuować dane do systemów sterowania pozostałych BSP w celu realizacji geofencingu dynamicznego.

Unikanie kolizji

Bezpośrednia wymiana informacji o czasie i położeniu BSP następująca w minimalnym czasie rzeczywistym pozwala na implementację i realizację algorytmów unikania kolizji. Warunkiem bezpiecznego i skutecznego ich działania jest wyposażenie wszystkich BSP poruszających się w tym samym segmencie przestrzeni w możliwość nadawania i odbioru danych dozoru. Dodatkowo systemy przetwarzania danych dozoru muszą dysponować mocą obliczeniową wystarczającą do analizy bardzo dużej ilości danych w jak najkrótszym czasie⁷.

⁷ W celu zachowania funkcjonalności systemu lokalizacyjnego pokładowe urządzenia przetwarzające dane dozoru muszą w jak najkrótszym czasie przetworzyć dane pochodzące od wszystkich BSP znajdujących się w zasięgu urządzeń lokalizacyjnych. Przy dużej skali ruchu może to być kilka tysięcy BSP nadających ramki 4 razy na sekundę. Oznacza to, że systemy muszą przetworzyć kilkanaście tysięcy ramek z danymi i wygenerować komendy sterujące bez zbędnych opóźnień. Zakładając prędkość lotu 50 km/h podczas sekundowego opóźnienia przetwarzania danych każdy BSP pokona drogę ~ 14m. Zatem prędkość i wydajność przetwarzania danych ma znaczny wpływ na bezpieczeństwo operacji lotniczych.

Planowanie operacji lotniczych

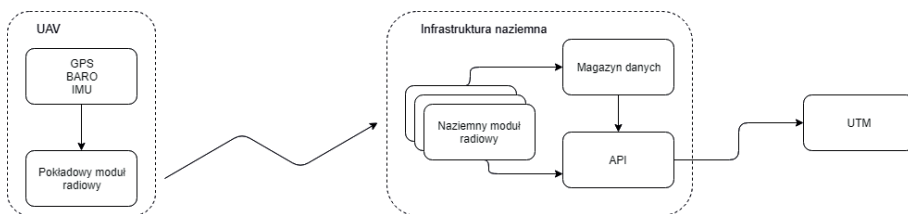
Dystrybucja i przetwarzanie danych lokalizacyjnych może wpłynąć na jakość procesu planowania operacji BSP. Przy dużej intensywności i długotrwałości ruchu precyzyjna korekta trajektorii może okazać się niemożliwa bez korekcji wprowadzonej przez rzeczywiste określenie pozycji statku powietrznego. W lotnictwie załogowym określenie trzech rzeczywistych punktów z położeniem i czasem statku powietrznego pozwala na 10-procentowe doprecyzowanie dalszej trajektorii lotu⁸.

Awaryjna lokalizacja BSP

Biorąc pod uwagę obecne aspekty prawne, w celu realizacji misji poza zasięgiem wzorku niezbędnym jest wyposażenie BSP w podstawowy i zapasowy system lokalizacyjny. System ten nie wymaga transmisji danych w czasie rzeczywistym. Zadaniem systemu jest lokalizacja BSP na żądanie z wykorzystaniem ogólnie dostępnych technologii telekomunikacyjnych, np. LTE.

Architektura systemów lokalizacyjnych

Systemy lokalizacyjne budowane są wg wzorca architektury modułowej. Składają się z części powietrznej – instalowanej jako wyposażenie pokładowe BSP oraz z części naziemnej – infrastruktury radiowej realizującej funkcję odbioru danych z BSP oraz części dystrybucyjnej i serwerowej. Schemat blokowy architektury systemów lokalizacyjnych przedstawia ryc. 3.



Ryc. 3. Schemat blokowy systemu lokalizacji

Źródło: opracowanie własne.

Czujniki pokładowe (GPS, BARO, IMU) stanowią zespół elementów dostarczających następujące dane nawigacyjne:

- orientacja w przestrzeni – kąty *pitch*, *roll*, *yaw*;
- współrzędne – długość i szerokość geograficzna;
- ciśnienie atmosferyczne – hPa;
- czas – YYYYMMDDHH24MISS.SS⁹.

⁸ NM B2B technical Forum 6.0, EUROCONTROL 2019.

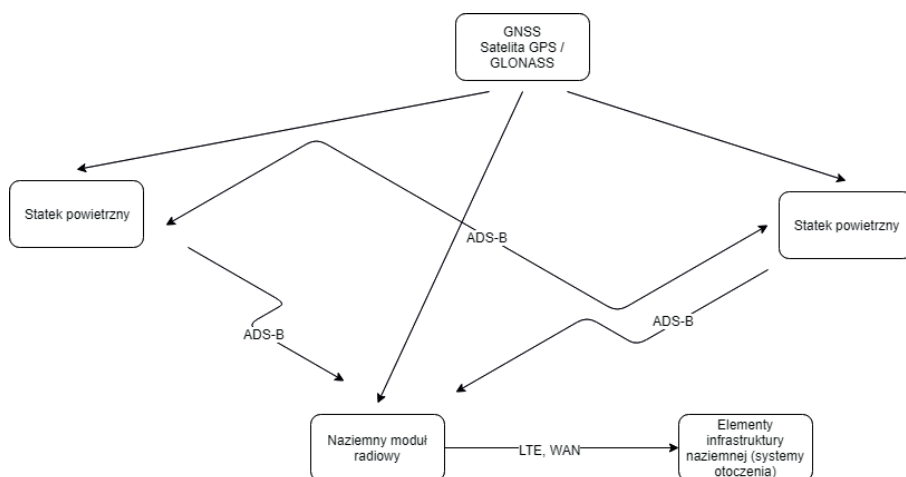
⁹ Oznaczenie formatu zapisu daty i czasu.

Dane nawigacyjne organizowane są w postaci ramki i transmitowane łączem szeregowym do pokładowego modułu radiowego. Do stacji naziemnych przesyłane są protokołem radiowym odpowiednim dla zastosowanej technologii telekomunikacyjnej i odbierane przez naziemny moduł radiowy. Następnie udostępniane są systemom otoczenia z wykorzystaniem dedykowanego API. Istnieje również możliwość utrwalenia danych dozoru w bazach danych i udostępniania przez API danych historycznych.

Przegląd systemów lokalizacyjnych

ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) jest radiowym systemem lokalizacyjnym przesyłającym dane dozoru w czasie rzeczywistym. Dane dozoru pochodzą z pokładowych czujników nawigacyjnych i rozszerzone są o identyfikator statku powietrznego oraz dane o prędkości. System zakłada wyposażenie statków powietrznych w urządzenia radiowe nadające i odbierające sygnał w paśmie 1030-190 MHz oraz dedykowane naziemne odbiorniki radiowe. Rozwiązanie jest alternatywą dla skomplikowanej i kosztownej infrastruktury radarowej. Jego główną przewagą nad rozwiązaniami radarowymi jest eliminacja błędów określenia pozycji statku powietrznego z wykorzystaniem propagacji fal radiowych. Schemat poglądowej architektury systemu ADS-B przedstawia ryc. 4.



Ryc. 4. Poglądowy schemat architektury systemu ADS-B

Źródło: opracowanie własne.

Założenia systemu ADS-B to:

- automatyczny, zawsze włączony, bez konieczności centralnego zarządzania,
- zależny od czujników pokładowych dostarczających dane nawigacyjne,
- przeznaczony do dozorowania statków powietrznych – dane uzyskane z systemu są przesyłane z minimalnym opóźnieniem i umożliwiają prowadzenie kontroli ruchu lotniczego,
- dane dostarczane są nieustannie i do wszystkich użytkowników przestrzeni powietrznej i stacji naziemnych – broadcast (rozgłaszanie).

Wadą systemu jest brak rozwiniętej infrastruktury. Obecnie do zastosowań zarządzania ruchem bezzałogowych statków powietrznych powstają odbiorcze urządzenia naziemne mające na celu zbieranie danych przesyłanych ze statków powietrznych i udostępnianie ich naziemnym systemom otoczenia.

Rozsyłanie danych dozorowania w czasie rzeczywistym do wszystkich użytkowników przestrzeni, w szczególności do systemów pokładowych bezzałogowych statków powietrznych, pozwala na implementację algorytmów unikania kolizji. Powyższe rozwiązania stanowią podstawowe narzędzia do realizacji lotów autonomicznych i są obecnie testowane. Przykładem urządzenia nadawczo-odbiorczego ADS-B jest urządzenie TR-1W firmy Aerobits – ryc. 5.



Ryc. 5. ADS-B transceiver

Źródło: www.aerobits.pl [dostęp: 04.09.2019].

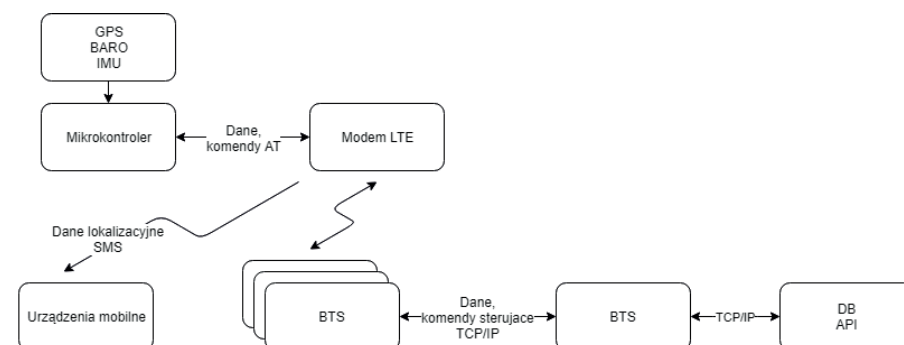
System ADS-B znajduje zastosowanie w lotnictwie załogowym i jest interesującą alternatywą dla rozwiązań radarowych. Jednym z przykładów zastosowań ADS-B w lotnictwie załogowym są badania w zakresie monitoringu naziemnego ruchu statków powietrznych na lotnisku Heathrow¹⁰.

¹⁰ *Evaluation of ADS-B at Heathrow for The EUROCONTROL ADS Programme Report*, National Air Traffic Services Ltd 2002.

Lokalizacja z wykorzystaniem LTE

Systemy lokalizacyjne wykorzystujące infrastrukturę sieci telefonii komórkowych znajdują zastosowanie również w lotnictwie bezzałogowym. Ich głównymi zaletami są dostępność istniejącej infrastruktury i niemal globalny zasięg (w rejonach zurbanizowanych). Wadami – duże czasy opóźnienia transmisji danych, niewielki zasięg w pionie oraz problemy z obsługą przez stacje bazowe przelączających się wyżej niż zazwyczaj nadajników. Transmisja danych z modułów nadawczych jest płatną usługą świadczoną przez firmy telekomunikacyjne. Z uwagi na mankamenty systemy te nie mogą być na razie wykorzystywane do aplikacji, w których istotna jest precyzja określenia pozycji w czasie. Moduły nadawcze wymagają zainstalowanej i zarejestrowanej karty SIM. Rozwiązaniem problemu opóźnienia transmisji danych może być zastosowanie przyszłych technologii 5G.

Systemy LTE znajdują zastosowanie do pogładowego zobrazowania pozycji statku powietrznego oraz umożliwiają dwustronną komunikację między systemami naziemnymi a systemami pokładowymi BSP. Rozwiązanie to pozwala na przekazanie na pokład statku powietrznego komend sterujących (lotem lub wyposażeniem pokładowym). Technologia charakteryzuje się wysoką przepustowością dającą możliwość transmisji strumieni danych np. sygnałów wideo. Architekturę systemów lokalizacji z wykorzystaniem technologii LTE przedstawia ryc. 6.



Ryc. 6. Architektura systemów lokalizacyjnych z wykorzystaniem technologii LTE

Źródło: opracowanie własne.

Moduły pokładowe w celu przetworzenia i transmisji danych wykorzystują mikrokontrolery i modemy LTE (GPRS, ang. General Packet Radio Service) oraz oprogramowanie zapewniające konstrukcję ramki danych, nawiązanie i utrzymanie połączenia z częścią serwerową systemu. Architektura klient-serwer pozwala na podłączenie wielu urządzeń do serwera z wykorzystaniem protokołu TCP/IP. Odebrane dane są następnie dystrybuowane do systemów otoczenia. Mogą być również gromadzone w bazach danych. Dodatkowo, poza transmisją w czasie rzeczywistym przez TCP/IP, systemy lokalizacji LTE zapewniają możliwość zapytania modułu pokładowego w formie SMS lub połączenia telefonicznego. Odpowiedź z danymi lokalizacyjnymi przesyłana jest w formie SMS.

Porównanie technologii lokalizacyjnych

Parametry technologiczne systemów lokalizacyjnych determinują możliwości ich zastosowania w kontekście wsparcia realizacji operacji BSP. Tabela 1 przedstawia główne cechy i parametry systemów lokalizacyjnych i możliwości ich wykorzystania w kontekście usług U-space.

Tabela 1. Zestawienie parametrów technologicznych systemów lokalizacyjnych

Cecha/Parametr	ADS-B	LTE	LORA
Opóźnienia	pomijalne	duże	pomijalne
Zasięg (część radiowa)	ograniczony (~ 30–80 km)	globalny	ograniczony (~ 5–20 km)
Możliwość dwustronnej komunikacji	brak	domyślnie	możliwy uplink
Możliwość komunikacji moduł pokładowy – moduł pokładowy	domyślnie	tylko z wykorzystaniem infrastruktury naziemnej	możliwa, mało wydajna
Dostępność infrastruktury	brak, wymagana budowa	szeroko dostępna	brak, wymagana budowa
Możliwości integracji części naziemnej z systemami otoczenia	wymagany dedykowany sprzęt i oprogramowanie	szeroko dostępne	wymagany dedykowany sprzęt i oprogramowanie
Przeznaczenie	dozorowanie, unikanie kolizji w lotach autonomicznych, geofencing dynamiczny	poglądowe zobrazowanie, geofencing dynamiczny	dozorowanie, geofencing dynamiczny

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Obecnie stosowane i rozwijane technologie lokalizacyjne pozwalają na zaspokojenie potrzeb w zakresie dostarczenia usług lokalizacyjnych dla przestrzeni U-space. W zależności od wymagań funkcjonalnych oraz cech i parametrów poszczególne technologie będą wykorzystywane z różnym przeznaczeniem. Technologie rozgłoszeniowe o najmniejszym czasie opóźnienia sygnału znajdą zastosowanie w budowaniu technologii dozorowania oraz jako podstawowe źródło danych dla budowy procedur i technologii unikania kolizji. Kluczową kwestią determinującą stosowanie technologii trackingu jest dostępność infrastruktury naziemnej. Obecnie prowadzone są prace rozwojowe mające na celu budowę sieci naziemnych odbiorników ADS-B, która ma zasilać w dane dozorowania systemy UTM.

W ramach rozwoju prac nad zastosowaniem komórkowej sieci telefonii/transmisji danych przełom ma przynieść technologia G5. Technologia ta ma zapewnić przepływność na poziomie 20 GB/s oraz opóźnienia transmisji danych nie większe niż 1 ms dla zastosowań URLLC (ang. *Ultra-Reliable Low-Latency Communication*). Opracowanie i wdrożenie sieci 5G ma sprostać potrzebom wynikającym z rozwoju technologii autonomicznych i ma stanowić podstawowe narzędzie integracji systemów mobilnych.


STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The chapter presents the issue of the UAV tracking as a U-space. It covers the issues of U-space service concept, localisation data usage and distribution. It involves the possibilities of usage, tracking systems architecture and the description of system modules in the context of integration with the UAV traffic management systems. The author describes the prototypes of location systems using ADS-B, LTE and IoT LORA technologies. The problem of building new ADS-B or LORA telecommunication terrestrial infrastructure is discussed.

Keywords: localisation, tracking, unmanned aerial vehicle, U-space, Unmanned Traffic Management

BIBLIOGRAFIA

- Evaluation of ADS-B at Heathrow for The EUROCONTROL ADS Programme Report*, National Air Traffic Services Ltd 2002.
<https://lora-alliance.org> [dostęp: 04.08.2019].
<https://simcom.ee> [dostęp: 04.09.2019].
LoRaWAN™ 1.1 Specification, LoRa Alliance 2017.
NM B2B technical Forum 6.0, EUROCONTROL 2019.
UAS ATM Integration. Operational Concept, EASA, EUROCONTROL 2018.
U-space Services Implementation. Monitoring Report, EC, EASA, EUROCONTROL 2018.
www.aerobits.pl [dostęp: 04.09.2019].



Możliwości badawcze i certyfikacyjne CNBOP-PIB w zakresie BSP przeznaczonych do stosowania przez służby mundurowe

CNBOP-PIB Research and Certification Potential
in the Field of the UAV dedicated for Use by Uniformed Services

Grzegorz Zawistowski, Dariusz Pietrzela, Piotr Kaczmarzyk
CNBOP-PIB

STRESZCZENIE

W rozdziale podjęto próbę przybliżenia Czytelnikowi pojęcia certyfikacji poprzez krótki zarys historyczny oraz zaakcentowanie jej istotnego znaczenia w dzisiejszych czasach. Praca charakteryzuje zagadnienia związane z procesem certyfikacji wyrobów, tj. typy instytucji uprawnionych do wydawania stosownych certyfikatów, rodzaje certyfikatów i systemów certyfikacji dostępne w Polsce. Dalsza część opracowania koncentruje się na certyfikacji bezzałogowych statków powietrznych BSP oraz opisuje główne proponowane badania środowiskowe oraz funkcjonalne, które należy zdaniem autorów przeprowadzić w celu zmniejszenia ryzyka jego usterki do poziomu akceptowalnego. W końcowej części publikacji autorzy przedstawiają innowacyjne urządzenia DronesBench oraz AirLogger, które umożliwiają przetestowanie parametrów technicznych osiągniętych przez BSP, zadeklarowanych przez producentów.

Słowa kluczowe: certyfikacja BSP, badania środowiskowe BSP, badania funkcjonalne BSP

WSTĘP

Po wejściu Polski do struktur działalności opartej na prawach rynkowych producenci konkurowali o popyt na swoje wyroby z lepiej rozwiniętymi gospodarczo krajami zachodniej Europy (takimi jak Francja czy Wielka Brytania). W momencie, gdy słowne deklaracje producenta odbiegały od rzeczywistych parametrów lub produkt był stosowany w szeroko rozumianym bezpieczeństwie czy ochronie zdrowia i życia ludzi, w Europie spopularyzowana została certyfikacja wyrobów i usług. Główną determinantą popularyzacji certyfikacji, oceny zgodności wyrobu, było oddziaływanie na użytkownika wyrobu mające na celu poprawienie jego zaufania do stosowanego produktu. Nie można odmówić skuteczności tej metody w obszarze poprawy społecznej akceptowalności.

Wszakże logując się do strony banku pierwszą rzeczą, na którą powinniśmy zwrócić uwagę jest popularna „zielona kłódka” na pasku adresu witryny internetowej, czyli nic innego jak certyfikat bezpieczeństwa. Podobnie jedną z pierwszych informacji, która powinna być sprawdzana na opakowaniu urządzenia elektronicznego dostępnego na terenie Unii Europejskiej jest popularny znak CE (Conformité Européenne). Umieszczenie go na wyrobie jest zadeklarowanym oświadczeniem producenta, iż wyrób spełnia wymagania tzw. dyrektyw nowego podejścia Unii Europejskiej (UE). Zasady umieszczania tego znaku zostały określone *expressis verbis* w art. 30 Rozporządzenie Parlamentu europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r.¹. Służby mundurowe, a w szczególności Straż Graniczna oraz straże pożarne, muszą operować sprzętem w ciężkich warunkach środowiska odbiegających od tych, w których bezałogowca używają osoby prywatne. Powyższe służby muszą opierać swój sprzęt na konstrukcjach niezawodnych. Aby osiągnąć szukany poziom niezawodności, bardzo często używa się certyfikacji jako narzędzia, które sprawdziło się na przestrzeni lat.

Certyfikacja, ocena zgodności i korzyści z nich wypływające

W celu uporządkowania treści i aby zachować spójność wyводу należy przedstawić definicję certyfikacji oraz oceny zgodności. Szeroko rozumiana certyfikacja to postępowanie w określonej procedurze, którego wynikiem w formie certyfikatu jest potwierdzenie, że dany wyrób, usługa, produkt, system, jednostka lub osoba spełnia określone wymagania. Certyfikat wydawany jest przez niezależną, bezstronną jednostkę certyfikującą i może być ograniczony czasowo a nadzór nad nim wynika z dokumentu, którym jest akt normatywny stanowiący podstawę do certyfikacji (np. norma wyrobu, akt prawny). Certyfikacja zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17000:2006 jest częścią oceny zgodności². Zgodnie z przedmiotową normą ocena zgodności to wykazanie, że wyspecyfikowane wymagania (rozumiane jako potrzeba lub oczekiwanie, które zostało określone) dotyczące wyrobu, procesu, systemu, osoby lub jednostki zostały spełnione³. W prowadzonych tu rozważaniach autorzy skupiają się głównie na ocenie zgodności prowadzonej przez stronę trzecią, czyli ocenie wykonywanej przez osobę lub jednostkę niezależną od osoby lub organizacji, która dostarcza przedmiot i od użytkownika zainteresowanego tym przedmiotem. Podmioty konkurując na wolnym rynku rywalizują ze sobą. Jednym z owoców takiej rywalizacji jest branie udziału w konsolidacyjnym opracowywaniu specyfikacji technicznych, takich jak normy, standardy, wytyczne, które to określają wymagania dla wyrobów lub usług. Tym niemniej, nawet najlepsze specyfikacje techniczne bez niezależnych jednostek dokonujących oceny zgodności mogą stanowić tylko wskazówkę dla producentów. W momencie do-

¹ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r. ustanawiające wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (L 218/30).

² PN-EN ISO/IEC 17000:2006 Ocena zgodności. Terminologia i zasady ogólne.

³ jw.

konania oceny przez niezależną jednostkę certyfikującą, przeprowadzona ocena staje się narzędziem poprawiającym zaufanie przyszłego nabywcy do wyrobu, usługi itp. W związku z powyższym, przedmiotowa ocena musi być przeprowadzona w rzetelny i przede wszystkim obiektywny sposób. Aby te wymogi były zachowane, wprowadzono specjalne jednostki akredytujące sprawdzające prawidłowość i bezstronność jednostek wydających certyfikaty. Akredytację należy rozumieć jako formalne uznanie przez upoważnioną jednostkę akredytującą kompetencji organizacji działających w obszarze oceny zgodności, czyli jednostek certyfikujących⁴. Polską jednostką akredytującą jest Polskie Centrum Akredytacji (PCA). Uzasadnione jest zatem stwierdzenie, że certyfikacja przynosi wiele korzyści zarówno dla producentów, jak i nabywców. Są to m.in.:

- potwierdzenie zachowania zadeklarowanych parametrów oparte na merytorycznej analizie specyfikacji technicznej i przeprowadzonych badaniach,
- wykazanie wyższości swojego produktu na tle konkurencji,
- „odsianie” firm, które nie są godne zaufania i tworzą złą renomę oraz brak zaufania dla całej branży,
- budowanie zaufania do produktu,
- rękojmia do jakości produktu, tj. możliwości spełnienia ciągle rosnących wymagań nabywców wyrobów.

Systemy certyfikacji

W zależności od przepisów prawa powszechnie obowiązującego, uzyskanie certyfikatu przed wprowadzeniem wyrobu do obrotu może być obowiązkowe lub dobrowolne. Przykładem wyrobów objętych obowiązkową certyfikacją są wyroby, które przed wprowadzeniem do obrotu muszą obowiązkowo być oznakowane znakiem CE lub polskim znakiem budowlanym oraz muszą posiadać deklarację stałości właściwości użytkowych z określonymi charakterystykami wyrobu. Dokumentami, które stanowią specyfikacje techniczne dla tego typu produktów są polskie lub europejskie normy wyrobu oraz w przypadku ich braku, oceny techniczne wystawione przez Jednostki Ocen Technicznych. Ciekawą formą certyfikacji jako obowiązkowej oceny zgodności jest stosowane dla wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia dopuszczenie do użytkowania wystawiane na podstawie świadectwa dopuszczenia do użytkowania. Wykaz przedmiotowych wyrobów, które mają obowiązek uprzedniego uzyskania dopuszczenia do użytkowania oraz zasady dopuszczenia tych wyrobów wymienione są enumeratywnie w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia⁵,

⁴ <https://www.pca.gov.pl/> [dostęp: 21.05.2019].

⁵ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 85, poz. 553).

które jest aktem wykonawczym do ustawy o ochronie przeciwpożarowej⁶ stanowiącej podstawę prawną do wydawania świadectw dopuszczenia. Obecnie brak jest określonych konkretnych specyfikacji technicznych oraz warunków techniczno-użytkowych, aby powstała możliwość wpisania BSP do wspomnianego wyżej wykazu wyrobów. Należy jednak zauważyć, że rynek bezzałogowców pręźnie się rozwija i jest tylko kwestią czasu, kiedy powstaną właściwe specyfikacje techniczne, a dopuszczenie odpowiednich modeli BSP do użytkowania w PSP będzie obligatoryjnym wymogiem. Warto tutaj jest odnotowanie, że wyroby stosowane w PSP muszą charakteryzować się należyty poziomem wykonania zapewniającym niezawodność ich stosowania w warunkach prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczych, odbiegających od warunków optymalnych. Strażak, nawet bardziej niż użytkownik cywilny czy komercyjny, nie może sobie pozwolić na powiększone ryzyka związane ze stosowaniem sprzętu, co do którego nie ma pewności. Dopuszczenie co do zasady oznaczone jest znakiem jednostki wydającej świadectwo dopuszczenia, którą jest Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy oraz numerem wydanego dopuszczenia łamanym na datę wydania. Poniżej widoczne są przykłady znaków certyfikacji bądź dopuszczenia do użytkowania.



Ryc. 1. Znak budowlany B

Źródło: Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. 2004 Nr 92, poz. 881 z późn. zm.).



Ryc. 2. Oznakowanie CE

Źródło: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r. ustanawiające wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (Dz. Urz. UE z 12.8.2008 L 218/30).

⁶ Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 81, poz. 351 z późn. zm.).



Ryc. 3. Oznakowanie dopuszczenia do użytkowania,
gdzie: xxxx oznacza nr świadectwa dopuszczenia a yyyy rok wydania
Źródło: https://www.cnbop.pl/swiadectwa_dopuszczenia [dostęp: 22.05.2019].

Dobrowolna certyfikacja bezzałogowych statków powietrznych

Certyfikacja w pozostałych przypadkach, tj. wtedy, gdy przepisy prawa nie nakładają jej obligatoryjnego wymogu, to certyfikacja w dobrowolnym systemie zgodności. Bezzałogowe statki powietrzne jako wyroby nie podlegają pod wymóg obowiązkowej certyfikacji, natomiast dozwolone jest przeprowadzanie dobrowolnej oceny zgodności na warunkach uzgodnionych przez zainteresowane strony⁷. BSP nie posiadają obecnie żadnej normy wyrobu. W związku z doświadczeniem CNBOP-PIB w zakresie badań i certyfikacji wyrobów o zwiększonej niezawodności (przede wszystkim tych stosowanych w ochronie przeciwpożarowej), podstawą do certyfikacji dobrowolnej mogą być normy innych wyrobów przywołujące np. badania środowiskowe, które to pozwalają na ocenę zachowania produktu po narażeniu na warunki odbiegające od optymalnych, takie jak na przykład:

- zwiększona wilgoć,
- ciśnienie,
- wpływ promieni ultrafioletowych (UV) na obudowę,
- wpływ SO₂ na zestyki wewnątrz obudowy BSP,
- odporność obudowy na wnikanie pyłu itp.

Wszystkie ustalone parametry we współpracy z producentem zostają scalone do jednego dokumentu „Warunki badawczo-organizacyjne” stanowiącego podstawę do certyfikacji dobrowolnej z określeniem badań i nadzoru nad wydanym certyfikatem.

Przykładowe stanowiska badawcze dla dobrowolnej certyfikacji bezzałogowych statków powietrznych (BSP)

W obecnych czasach praca strażaków opiera się na wykorzystywaniu różnego rodzaju sprzętu i urządzeń. Urządzenia eksploatowane w ochronie przeciwpożarowej muszą

⁷ Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (Dz. U. poz. 542 z późn. zm.).

charakteryzować się wysoką skutecznością, niezawodnością i trwałością. Poniżej przedstawiono metodyki i stanowiska badawcze, które pozwolą na potwierdzenie niezawodności oraz trwałości BSP w zastosowaniu przez PSP.

Badania zabezpieczeń przed wnikaniem pyłu do obudowy urządzeń

Badania stopnia ochrony zapewnionej przez obudowę urządzenia elektrycznego wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 60529 *Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)*. Norma ta zawiera system klasyfikacji stopni ochrony oznaczanych kodem zawierającym dwie cyfry, które dodawane są po skrócie IP, a czasami z dodatkowych liter. Oznaczenie kodem pozwala użytkownikowi ocenić skuteczność ochrony danego urządzenia, która jest szczególnie istotna w kontekście wykorzystania w ochronie przeciwpożarowej, gdzie warunki pracy są bardzo zróżnicowane i często bardzo trudne. Podczas działań strażaków BSP może być narażony na oddziaływanie wody, piany, pyłu, kurzu, cząstek stałych zawartych w dymie. Potwierdzony stopień ochrony IP powyżej IP 44 pozwoli na stwierdzenie, iż dany BSP jest odpowiednio zabezpieczony przed warunkami występującymi podczas działań PSP i będzie mógł być wykorzystywany przez długi okres czasu. Nie wyklucza to bardziej wymagających badań obudowy dla solidniejszej konstrukcji, np. IP 67. Do badań na stopień ochrony IP wykorzystuje się m.in. komorę pyłową (przedstawioną na ryc. 4), pozwalającą na określenie stopnia ochrony zapewnianej przez obudowy do cyfry 6 (ochrona przed wnikaniem pyłu), będącą na wyposażeniu Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB. Objętość komory badawczej wynosi 5 m³. Do badań używany jest talk techniczny o określonym stopniu rozdrobnienia odpowiednim dla danego stopnia ochrony.



Ryc. 4. Komora pyłowa

Źródło: www.cnbop.pl [dostęp: 30.06.2019].

Badania w komorze klimatycznej

Badania środowiskowe pozwalają na sprawdzenie zdolności badanego urządzenia do poprawnego działania w wyniku narażenia na skrajne warunki atmosferyczne, którym bez wątplenia podlegają BSP używane w PSP. Warunki, jakie można zasymulować w komorze klimatycznej (ryc. 5) i sprawdzić ich oddziaływanie na BSP opisują normy: PN-EN 60068-2-1 *Próby – Próba A: Zimno*; PN-EN 60068-2-2 *Próby – Próba B: Suche gorąco*; PN-EN 60068-2-30 *Próby – Próba Db: Wilgotne gorąco cykliczne*; PN-EN 60068-2-78 *Próby – Próba Cab: Wilgotne gorąco stałe*. Każda z norm określa metodyki o różnym stopniu narażenia. Test w komorze będzie potwierdzał, że BSP w warunkach środowiskowych odbiegających od warunków optymalnych jest w stanie pracować prawidłowo.



Ryc. 5. Komora klimatyczna
Źródło: www.cnbop.pl [dostęp: 30.06.2019].

Badanie w komorze klimatyczno-korozyjnej

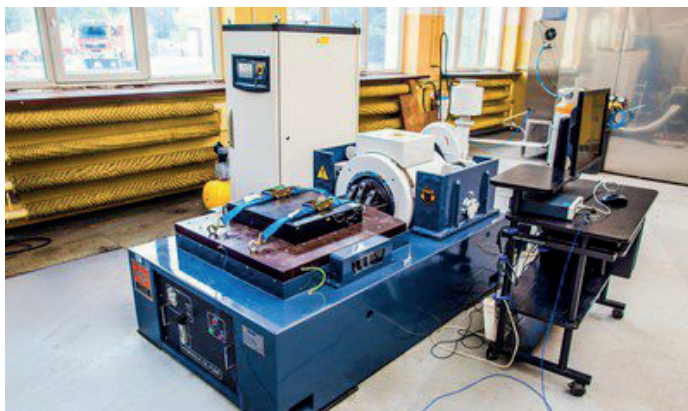
Stanowisko to oprócz możliwości badania zachowania się wyrobu w różnych warunkach środowiskowych daje sposobność sprawdzenia oddziaływania dwutlenku siarki na styki i połączenia w wyrobie. Podczas pożaru wydziela się duża ilość materiałów, które w wilgotnym otoczeniu tworzą kwasy mogące oddziaływać na styki połączeń. Badanie wykonane w komorze klimatyczno-korozyjnej (ryc. 6) pozwala na potwierdzenie możliwości stosowania BSP w przestrzeniach narażonych na występowanie substancji oddziałujących na styki.



Ryc. 6. Komora klimatyczno-korozyjna
Źródło: www.cnbop.pl [dostęp: 30.06.2019].

Badania na wibracje sinusoidalne

Celem badania jest sprawdzenie systemu bezpieczeństwa, podlegającemu weryfikacji odporności i wytrzymałości na wibracje sinusoidalne, które będą występowały podczas pracy BSP. Próba odporności jest połączona z próbą wytrzymałości na wibrację w tym samym kierunku narażenia. Testy przedzielone są skróconymi badaniami funkcjonalności systemu. Po wykonaniu narażenia wytrzymałościowego system bezpieczeństwa, oprócz skróconych badań funkcjonalności, zostaje poddany oględzinom poszczególnych elementów w celu stwierdzenia, czy nie wystąpiły w nim uszkodzenia mechaniczne zewnętrzne i wewnętrzne.



Ryc. 7. Stanowisko do sprawdzania wpływu na wibracje sinusoidalne
Źródło: www.cnbop.pl [dostęp: 30.06.2019].

Badania wykonuje się na stanowisku (ryc. 7) w oparciu o normę PN-EN 60068-2-6 *Próby – Próba Fc: Wibracje (sinusoidalne)*. Wynik badania zapewnia o odpowiedniej, solidnej konstrukcji BSP oraz potwierdza brak ujemnego wpływu transportu, upadku (narażenie na wibracje) na działanie BSP.

Badania odporności na szybkie elektryczne stany przejściowe

Celem badania odporności na szybkie elektryczne stany przejściowe jest wykazanie niepodatności BSP na zakłócenia o charakterze przejściowym, które mogą pojawić się w obwodach zasilania i interfejsu komunikacyjnego w środowisku pracy, np. w wyniku przełączania obciążeń indukcyjnych. Badanie polega na wprowadzaniu serii szybkich elektrycznych stanów przejściowych do linii zasilania i/lub wejść i wyjść sygnałowych urządzenia za pośrednictwem kłamry sprzęgającej. W zależności od potrzeb, badania przeprowadzane są w oparciu o normy dotyczące konkretnych wyrobów wykorzystywanych w ochronie przeciwpożarowej, mianowicie normę PN-EN 50130-4 *Kompatybilność elektromagnetyczna* oraz metodykę badawczą zawartą w PN-EN 61000-4-4 *Metody badań i pomiarów – Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych*. W przypadku BSP kluczową kwestią jest możliwie najbardziej odporna na zakłócenia komunikacja między BSP a urządzeniem sterującym. W czasie działań różne elementy mogą wzbudzać częstotliwości wpływające na pilotowanie BSP. Badanie na tym stanowisku zmniejszałoby ryzyko utraty sterowania do akceptowalnego poziomu ryzyka.

Badania starzeniowe materiałów z tworzyw sztucznych.

Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła

BSP składają się głównie z materiałów polimerowych ze względu na niską masę oraz wysoką wytrzymałość tych tworzyw. Jednakże istnieje wiele różnych odmian tych materiałów, przez co będą się one różnić czasem degradacji spowodowanym wystawieniem na promieniowanie UV poprzez pracę pod wpływem światła słonecznego lub emitowanego. W celu potwierdzenia, iż wykorzystywany materiał nie ulegnie szybkiemu zniszczeniu w wyniku narażenia na światło słoneczne, można wykorzystać metodyki badawcze opisane w normie PN-EN ISO 4892-2 *Tworzywa Sztuczne – metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła (lampy ksenonowo-łukowe)*. Do badań wykorzystuje się specjalne komory starzeniowe utrzymujące odpowiednie warunki temperatury i wilgotności, z lampą ksenonowo-łukową emitującą promieniowanie o długości fali od poniżej 270 nm (obszar nadfioletu), przez zakres widma widzialnego, aż do podczerwieni (powyżej 700 nm). Lampa w swojej konstrukcji zawiera filtry symulujące warunki światła dziennego, powodując ograniczenie widma emitowanego promieniowania i odfiltrowania niepożądanego promieniowania z emitowanego zakresu. Ponadto komora wyposażona jest w dysze natryskujące wodą. Próbkę naraża się na cykle naświetlania oraz cykle zraszania wodą. Po narażeniu próbki na określoną liczbę

cykli, które symulują długoterminowe wykorzystanie BSP w świetle słonecznym, można ocenić, czy dany materiał, z którego powstał BSP, nie ulega degradacji w wyniku przyspieszonego starzenia.

Po narażeniu danego BSP na wskazane powyżej badania środowiskowe, w celu stwierdzenia zgodności należy ocenić, czy dany wyrób nie pogorszył swoich właściwości lub czy jego pogorszenie nie wpływa w znaczący sposób na wyrób. Odbywać się to może nie tylko za pomocą organoleptycznego sprawdzenia poprawności działania bezzałogowca poddanego testowi, ale również za pomocą m.in. stanowiska DronesBench oraz przyrządu pomiarowego AirLogger. Parametry, jakie można badać przy pomocy tych urządzeń to m.in. (gdzie MR oznacza badanie wykonywane dla wielowirnikowca a A dla płatownca):

- maksymalna masa startowa MTOM (A, MR),
- dokładność zawisu (MR),
- czas zawisu (MR), czas lotu (A),
- prędkość horyzontalna (A, MR),
- prędkość wznoszenia (A, MR),
- prędkość opadania (A, MR),
- dokładność wskazań położenia (telemetrii) w ruchu (A, MR),
- pobierany prąd i napięcie z pakietu akumulatorów (A, MR),
- zużycie energii na kilogram ciągu silnika (A, MR),
- wykorzystana w trakcie próby energia pobrana z akumulatora (A, MR),
- pozycja środka ciężkości (A, MR),
- masa (A, MR),
- siła ciągu (MR),
- porównanie temperatury silników po pracy (A, MR),
- nośność (MR).

Dany BSP w początkowym etapie będzie miał oceniane podstawowe parametry na podstawie dokumentacji technicznej czy wyników badań dostarczonych przez producenta lub parametrów wyznaczonych przy pomocy DronesBench (ryc. 8).



Ryc. 8. Stanowisko Dronesbench oraz urządzenie pomiarowe AirLogger
Źródło: opracowanie własne.

Następnie wyznaczano by te same parametry na BSP po narażeniu na poszczególne badania środowiskowe i badania parametrów technicznych, takich jak prędkość BSP, czas zawisu czy dokładność telemetrii deklarowane przez producenta. Otrzymane wyniki byłyby porównywalne, przez co dawałyby jednoznaczną informację o utrzymaniu podstawowych parametrów BSP po narażeniu na różnego rodzaju badania.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Certyfikacja ma bardzo duże znaczenie przy zapewnieniu wysokiej niezawodności produktu końcowego. Pełni ona kluczową rolę głównie dla służb mundurowych, takich jak Straż Graniczna czy Państwowa Straż Pożarna. Patrząc przez pryzmat wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych przez Straż Graniczną, ciągła dostępność sprzętu jest bezdyskusyjna. W służbach zajmujących się ochroną granic niedopuszczalna jest sytuacja, w której prowadzenie czynności operacyjnych nie może się odbyć (np. z powodu braku sprzętu, który jest w naprawie). Poprzez zastosowanie zbadanych i certyfikowanych BSP można zmniejszyć ryzyko awarii do poziomu akceptowalnego. Pozwoli to na uniknięcie ewentualnych wypadków przy akcjach ratowniczo-gaśniczych, które mogłyby negatywnie wpłynąć na postrzeganie BSP przez społeczeństwo i ich wykorzystania w służbach mundurowych, jak i na rynku prywatnym. Po wydaniu kilku dobrowolnych certyfikatów powinno nastąpić opracowanie wymagań techniczno-użytkowych dla bezzałogowców i zaproponowanie wpisania ich na listę wyrobów, które powinny obligatoryjnie posiadać świadectwo dopuszczenia do użytkowania wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia.

STRESZCZENIE W JĘZYKU ANGIELSKIM (SUMMARY IN ENGLISH)

The authors make an attempt to familiarize the reader with the concept of certification through a brief historical outline and indication of its significant importance nowadays. This chapter describes issues related to the product certification process, i.e. institutions entitled to issue appropriate certificates, types of certificates that we have in Poland and the description of certification systems. In the next parts of the chapter the authors focus on the certification of unmanned aerial vehicles and the description of the main proposed environmental and functional tests which, in the authors' opinion, should be conducted in order to reduce the risk of the UAV failure to an acceptable level. At the end, the work presents innovative DronesBench and Airlogger devices that enable testing of technical parameters declared by producers that UAV achieve. **Keywords:** UAV certification, UAV environmental tests, UAV functional tests

BIBLIOGRAFIA

- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 81, poz. 351 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (Dz. U. poz. 542 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r. ustanawiające wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (L 218/30).
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 85, poz. 553).
- PN-EN ISO/IEC 17000:2006 Ocena zgodności. Terminologia i zasady ogólne.
- Strona internetowa Polskiego Centrum Akredytacji, <https://www.pca.gov.pl/> [dostęp: 21.05.2019].

ZAKOŃCZENIE

Zakres merytoryczny projektu „Sterowanie autonomicznym dronem za pomocą gogli (monookularu)” realizowanego w latach 2018–2021 wpisuje się w priorytetowy obszar rozwoju technologii w sferze bezpieczeństwa wewnętrznego „Nowoczesne technologie i innowacyjne rozwiązania w zakresie wykrywania, zwalczania i neutralizacji zagrożeń oraz Indywidualne środki ochrony i wyposażenia” określone dla 7. strategicznego kierunku badań naukowych i prac rozwojowych „Bezpieczeństwo i obronność państwa” ustalonego w „Krajowym Programie Badań”¹.

Monografia ta, w założeniu miała być pewnym kompendium wiedzy dla osób zainteresowanych implementacją bezzałogowych statków powietrznych (m.in. służby mundurowe, podmioty gospodarcze, samorządy, organizacje pozarządowe) w różnych sektorach i działaniach, z uwzględnieniem przede wszystkim takich obszarów, jak: zapewnienie bezpieczeństwa i porządku publicznego, ratownictwo; ochrona życia, zdrowia i mienia; zarządzanie kryzysowe.

Z roku na rok rośnie popularność i skala zastosowań BSP. Jest to technologia, która generuje bardzo duże możliwości, w tym także dla służb podległych ministrowi właściwemu do spraw wewnętrznych² podczas realizacji ich ustawowych zadań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa, ale jednocześnie stwarzająca też nowe zagrożenia³. Kluczowe dla powszechności wprowadzenia BSP wśród użytkowników cywilnych, ale przede wszystkim w służbach odpowiedzialnych za bezpieczeństwo powszechne i porządek publiczny, w tym ochronę granicy państwowej są jasność przepisów, niezawodność sprzętu, jak i ochrona operatorów BSP wykonujących loty zgodnie z prawem. By stosowanie BSP było powszechne, musi być ono bezpieczne zarówno dla operatora, jak i społeczeństwa. Świadoma kontrola ma tu szczególne znaczenie, zwłaszcza jeżeli dotyczy coraz częściej operacji BVLOS, czy też wykonywanych w trybie autonomicznym, w niedalekiej odległości od obiektów chronionych lub stanowiących infrastrukturę krytyczną.

¹ Uchwała Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 r. w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Badań, Załącznik do uchwały (Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa).

² Straż Graniczna, Policja, Służba Ochrony Państwa, Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Państwowa Straż Pożarna itp.

³ Więcej o tym w: M. Feltynowski, M., Zawistowski, M., *Zagrożenia związane z wykorzystaniem bezzałogowych platform w służbach ratunkowo-porządkowych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2018, 51, s. 138–149 oraz M. Feltynowski, M., Zawistowski M., *Możliwości wykorzystania bezzałogowych platform w służbach ratunkowo-porządkowych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2018, 51, s. 126–136.

Część I monografii zawiera wybrane przykłady wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych przez Policję, głównie w poszukiwaniu osób zaginionych, oraz zagrożeń mogących wystąpić nad lotniskami. Można przypuszczać, że przyszłe wykorzystanie BSP w środowisku cywilnym, jak i służbach będzie zdecydowanie szersze niż tylko wymienione w rozdziale pierwszym. Realizowane kampanie informacyjne powinny zwiększyć świadomość społeczną dotyczącą zagrożeń, jak również odpowiedzialności cywilnej i karnej operatorów za wykonywane loty. Permanentna analiza ryzyka misji, procedury operacyjne oraz docelowa autonomia BSP powinna zmniejszyć liczbę incydentów i zwiększyć wzrost społecznej akceptacji ich zastosowań. Powszechność wykorzystania BSP może nie tylko pobudzać ten segment gospodarki, ale także doprowadzić do tego, że bardziej rozwinie się blok usług ubezpieczeniowych związanych z systemami bezzałogowymi i autonomicznymi.

Część II opracowania porusza zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa lotów, takie jak: szkolenie, świadomość operatorów, właściwości eksploatacyjno-operacyjne dronów. Według doświadczenia redaktora naukowego niniejszej monografii, rynek szkoleń podstawowych z zakresu BSP jest w Polsce aktualnie nasycony⁴. Na rynku pozostały duże podmioty szkoleniowe łączące szkolenia z usługami lub sprzedają sprzęt. Jego zdaniem w przyszłości dominować będzie praktyczne doskonalenie zawodowe i szkolenia wysoce specjalistyczne, związane z obsługą sensorów i analizą pozyskiwanych za ich pomocą danych. Wraz ze wzrostem właściwości eksploatacyjno-operacyjnych BSP, o czym jest mowa w rozdziale drugim, liniowo rośnie świadomość ich operatorów. Kluczową rolę dla zapewnienia bezpieczeństwa będą pełnili tu nie tylko oni, ale także w obszarze lotnisk kontrolerzy ruchu lotniczego. Nie bez znaczenia dla zapewnienia bezpiecznego użytkowania BSP przez jednostki mundurowe w przyszłości jest także istotna rola stanowisk kierowania (stacjonarnych czy też wyniesionych np. na bazie samochodu dowodzenia) dla operatorów dronów danej służby i analityków danych pozyskiwanych przez BSP w czasie rzeczywistym. To tam będzie najprawdopodobniej trafiał obraz i dane *online* z platformy sterowanej za pomocą monogogli poprzez ruch gałki ocznej lub nawet przekazywany będzie obraz i dane z sensorów z rojów BSP realizujących autonomiczną misję BVLOS.

W części III, gdzie uwzględniono perspektywę rozwoju technologii i usług związanych z BSP, w pierwszej kolejności zwrócono uwagę na stosowanie symulatorów wirtualnej rzeczywistości do szkolenia operatorów i obsługi platform oraz taktykę pracy BSP w roju. Redaktor naukowy uważa, że wykorzystanie symulatorów VR w zakresie szkoleniowym będzie rosło zdecydowanie szybciej niż usługi wykorzystujące roje dronów. Wnioskować w ten sposób można na podstawie dużej łatwości dostosowania wirtualnej rzeczywistości do różnych warunków zewnętrznych oraz konstrukcji BSP, eliminując ryzyko utraty sprzętu, co ma zasadnicze znaczenie w trakcie realizowanych praktycznie szkoleń. Być może wzrost powszechności systemów dostarczających usługę

⁴ Autor w latach 2017–2018 zajmował się w Centrum Dronów CNBOP-PIB organizacją specjalistycznych kursów dronowych dla dowódców zespołów BSP i analityków danych.

lokalizacji dla przestrzeni U-space, o czym mowa także w części III, spowoduje szybszy wzrost łatwości zastosowań rojów BSP. Bez wątpienia wprowadzenie technologii 5G powinno znacznie przyspieszyć ten proces.

Niezawodność sprzętu, zwłaszcza przy wyższym niż VLOS poziomie realizowanych misji i stopień ich komplikacji (sterowanie za pomocą monookularu) lub automatyzacji tych operacji (automatyczne lądowanie i wymiana baterii), będzie miała coraz większe znaczenie. Analizując kierunek zmian dotyczących przepisów unijnych i krajowych związanych z bezpiecznym zastosowaniem BSP, dość prawdopodobne wydaje się, że w przyszłości drony dedykowane do zastosowań profesjonalnych podlegać będą wyższym wymogom, cyklicznym sprawdzeniom, nawet w znacznie szerszej niż wspomniano w ostatnim rozdziale monografii obowiązkowej certyfikacji w akredytowanym w tym zakresie ośrodku.

BIBLIOGRAFIA – WSTĘP I ZAKOŃCZENIE

PN-EN ISO/IEC 17000:2006 Ocena zgodności. Terminologia i zasady ogólne.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r. ustanawiające wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (Dz. Urz. UE z 12.8.2008 L 218/30).

Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 81, poz. 351 z późn. zm.).

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. Nr 92, poz. 881 z późn. zm.).

Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (Dz. U. poz. 542 z późn. zm.).

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 85, poz. 553).

https://www.cnbop.pl/swiadectwa_dopuszczenia [dostęp: 22.05.2019].

<https://www.pca.gov.pl/> [dostęp: 21.05.2019].

Załącznik 1. Polskie porty lotnicze⁵

Lp.	Miasto	Kod ICAO	Kod IATA	Nazwa portu lotniczego
1	Warszawa	EPWA	WAW	Lotnisko Chopina w Warszawie
2	Kraków	EPKK	KRK	Kraków Airport im. Jana Pawła II
3	Gdańsk	EPGD	GDN	Port Lotniczy Gdańsk im. Lecha Wałęsy
4	Katowice	EPKT	KTW	MPL Katowice (Katowice Airport)
5	Modlin	EPMO	WMI	Port Lotniczy Warszawa-Modlin
6	Wrocław	EPWR	WRO	Port Lotniczy Wrocław-Strachowice im. Mikołaja Kopernika
7	Poznań	EPPO	POZ	Port Lotniczy Poznań-Ławica im. Henryka Wieniawskiego
8	Rzeszów	EPRZ	RZE	Port Lotniczy Rzeszów-Jasionka
9	Szczecin	EPSC	SZZ	Port Lotniczy Szczecin-Goleniów im. NSZZ „Solidarność”
10	Lublin	EPLB	LUZ	Port Lotniczy Lublin
11	Bydgoszcz	EPBY	BZG	Międzynarodowy Port Lotniczy im. Ignacego Paderewskiego Bydgoszcz
12	Łódź	EPLL	LCJ	Port Lotniczy Łódź im. Władysława Reymonta
13	Olsztyn	EPSY	SZY	Port Lotniczy Olsztyn-Mazury
14	Radom	EPRA	RDO	Port Lotniczy Radom-Sadków
15	Zielona Góra	EPZG	IEG	Port Lotniczy Zielona Góra-Babimost

Źródło: opracowanie własne na podstawie rejestru lotnisk ULC.

⁵ Stan na dzień 18 lipiec 2019 r.

Załącznik 2. Przykłady niebezpiecznych sytuacji przytoczonych przez KRL

Odpowiedzi na pytania otwarte i adnotacje do pytań cytowane są głównie przy zachowaniu pisowni oryginalnej. Tam, gdzie było to wymagane, dokonano korekty językowej celem ułatwienia Czytelnikowi odbioru prezentowanych treści.

Lp.	Miejsce wykonywania pracy KRL	Opis sytuacji
1	EPLL, EPSY, EPRA	„Nieświadomość operatora, który urządził sobie pokaz modeli w kręgu nadlotniskowym”.
2	–	„Brak świadomości ze strony operatora drona”.
3	EPPO	„Brak kontaktu z operatorem/operator nie zgłosił zakończenia lotu do określonej godziny”.
4	EPSY	„Nie miałem bezpośredniego kontaktu z takim zdarzeniem, znam głównie z doświadczeń innych koleżanek i kolegów. Za główną przyczynę uważam słaby kontakt lub jego całkowity brak i co za tym idzie, brak orientacji w sytuacji ruchowej w danej chwili”.
5	EPPO	„Brak stałej łączności jak z innymi statkami powietrznymi – zwykle radio, nawet na częstotliwości portów lotniczych ułatwiłoby sprawną wymianę informacji i ewentualnych zezwoleń na start lub lądowanie drona”.
6	EPGD	Sprawa ogólna – drony latające w CTR a ruch VFR. Chodzi szczególnie o niezaplanowany ruch, tj. m.in SAR (ratownik). Informacji o ruchu rzetelnej nie da się udzielić o latających dronach (ponieważ mają strefy nie wymagające zezwolenia). Nawet jeśli posiadają zezwolenie, to nie możemy uzależniać bezpieczeństwa ruchu lotniczego od telefonicznej dyspozycji operatora drona (często operatorzy nie odbierają telefonu na czas)”.
7	–	„Przede wszystkim trzeba zadbać o świadomość operatorów rekreacyjnych, czyli ludzi którzy w markecie kupili drona i idą nim polatać przy lotnisku. Licencjonowani operatorzy mają świadomość tego co im wolno, a czego nie”.
8	EPRZ	„Brak znajomości przepisów, brak kary za ich łamanie w stosunków do operatorów dronów”.
9	EPRZ, EPLB	„Zawiódł brak stosownej wiedzy i świadomości operatora drona. Bezwzględnie należy zwiększyć świadomość społeczeństwa na temat generowanego zagrożenia. Myślę, że loty dronami w CTR powinny być zabronione lub obłożone poważnymi restrykcjami”.
10	–	„Było to jakiś czas temu, kiedy właśnie sprawy te nie były czysto uregulowane”.
11	EPWA	„Nie umiem stwierdzić, co na pewno zawiodło, ponieważ nie mam dostępu do informacji na ten temat. Mogę natomiast się domyślać, że operatorzy dronów widzą lotnictwo w innej skali, uznając, że odległość np. 4 mil od lotniska (czyli około 7–8 km), to odległość wystarczająca do swobodnego operowania dronem. Tymczasem dla kontrolera to odległość niewielka, na której dużo się dzieje”.
12	EPRZ	„Dron latający bez zgłoszenia na wysokości lotów VFR – monitorowanie większych dronów za pomocą obowiązkowego wbudowanego GPS'a, co pozwoli ustalić ewentualnego sprawcę i go pouczyć/ukarać”.

Lp.	Miejsce wykonywania pracy KRL	Opis sytuacji
13	EPPO	„Podczas lotu VFR pilot w czasie podejścia do lądowania w pozycji »BASE« zgłosił, że widział drona. Poinformowałem dyżurnego Policji, który wysłał patrol w przypuszczalne miejsce, gdzie odbywał się lot dronem. Niestety nikogo już nie było”.
14	EPKK	„Dron wypuszczony nieświadomie bez zezwolenia. Informacja od sprzedawcy drobna o konieczności przestrzegania przepisów załatwiłaby sprawę”.
15	–	„Brak znajomości przepisów i świadomości użytkowników dronów, że »TUTAJ« lataj samoloty, którym ten dron może przeszkadzać”.
16	EPKK	„Kompletny brak kontroli nad operatorami. Brak kontroli nad sprzedawcą tego typu urządzeń. Kompletny brak elementarnej wiedzy UAWO z zakresu prawa i przepisów ruchu lotniczego. Brak świadomości operatorów, że czyny, które popełniają są niebezpieczne i zabronione, i mogą w stosunku do nich być wyciągnięte konsekwencje prawne. Jak uniknąć – szkolić, a tam gdzie szkolenie nie jest wymagane, chociaż dodawać do pudełka książeczki informacyjne o przestrzeni powietrznej i zagrożeniach wynikających z nieumiejętnego posługiwania się UAV i konsekwencjach prawnych itp. Zabronić latać się nie da, więc trzeba to ucywilizować i uświadamiać społeczeństwo, czym grozi latanie UAV”.

Źródło: opracowanie własne na podstawie odpowiedzi udzielonych w ankiecie.

Załącznik 3. Wypowiedzi KRL w pytaniu otwartym

Odpowiedzi na pytania otwarte i adnotacje do pytań cytowane są głównie przy zachowaniu pisowni oryginalnej. Tam, gdzie było to wymagane, dokonano korekty językowej celem ułatwienia Czytelnikowi odbioru prezentowanych treści.

Lp.	Miejsce wykonywania pracy KRL	Opis sytuacji
1	–	„Skrajny przykład operator podał numer komórkowy, pod którym będzie dostępny, następnie za pomocą tego samego urządzenia kierował dronem, z wyłączonym trybem GSM”.
2	–	„Na szczęście świadomość operatorów znacznie się zwiększyła. Również wprowadzenie nowych stref i udostępnienie mapek oraz niezbędnych informacji na stronie PAŻP przyczyniło się do zwiększenia bezpieczeństwa. W obecnej chwili zdecydowanie większą niepewność niż drony wywołuje w kontroli ruchu lotniczego problem lampionów i balonów, który w mojej opinii jest zupełnie nieuregulowany”.
3	EPMO	„Często do obsługi drona jest wykorzystywane urządzenie typu smartphone, które służy także do łączności GSM operator-TWR. Operatorzy traktują obsługę drona priorytetowo wobec łączności z TWR”.
4.	EPPO	„Ze względu na charakter wykonywanych lotów (zdjęcia, pomiary) operatorzy BSP potrzebują więcej czasu na swoje operacje niż inni użytkownicy przestrzeni korzystający z podobnych procedur (fajerwerki, lampiony, oświetlenie imprez masowych itp.). Operatorom często zdarza się nadużywać przeznaczonego dla nich czasu (kilkuminutowe opóźnienia w zgłoszeniu zakończenia operacji). Powoduje to, że nie można być elastycznym (krótsze odstępy czasowe dla operacji BSP – większy bufor bezpieczeństwa dla samolotów), często pojawia się również problem nieznamościi stref przeznaczonych specjalnie dla dronów, dla określania pozycji wykonywanych lotów. Jednocześnie podczas wystąpienia zmiany sytuacji ruchowej kontakt telefoniczny jest niepraktyczny (czas wykonania połączenia, tj. wybranie odpowiedniego numeru, sygnał połączenia, porozumienie się w sprawie zmiany lub cofnięcia zgody, wykonanie polecenia przez BSP)”.
5	EPPO	„Ostatnio mieliśmy ciekawy przypadek. Mecz Lech-Legia, Policja eskortuje śmigłowcem Mi-2 kibiców Legii. Nad stadionem przygotowuje się Policja do zabezpieczania terenu i dzwoni, że chcą latać dronem. Dostają zgodę, którą musimy wycofać po 15 min, bo do stadionu zbliża się śmigłowiec. Też policyjny, ale wiedząc o statku powietrznym, mamy uziemiać drony)”.

Lp.	Miejsce wykonywania pracy KRL	Opis sytuacji
6	EPPO	<p>„Każdy statek powietrzny poruszający się w przestrzeni kontrolowanej jest zobowiązany utrzymywać nieprzerwaną dwustronną łączność radiową – warto nad tym popracować. Tak jak istnieje uproszczona procedura dla operatorów BSP, którzy często wykonują loty dronami w CTR-ach, każdy z portów lotniczych mógłby mieć listę uprawnionych operatorów BSP, którzy mogliby nadawać na częstotliwości radiostacji »portowej« i w ten sposób można by było utrzymywać stałą, dwustronną łączność radiową.</p> <p>Zgodnie z powyższym założeniem, jeżeli operator BSP wykonuje loty nad terenem portu Poznań–Ławica, a zaszła nagle potrzeba wylotu śmigłowca LPR, który będzie przelatował w miejscu, gdzie lata dron, można łatwo porozumieć się z operatorem, który często nie może odebrać telefonu, ponieważ steruje dronem lub koordynuje ruch kamery. Natomiast jeżeli ma radiotelefon, jest to słyszane natychmiast i wystarczy zastosować się do danego polecenia. Nie powinno być to trudne rozwiązanie, ponieważ Dyżurni Operacyjni portów lotniczych prowadzą szkolenia w zakresie posługiwania się radiotelefonami, aby osoba, która rozpoczyna pracę w porcie lotniczym wiedziała, jak się porozumiewać z wieżą kontroli lotów. Tak samo operatorzy dronów mogli by korzystać z takiej możliwości”.</p>
7	–	„Lot dronem w CTR? Proszę bardzo: FPL i łączność na częstotliwości TWR”.
8	EPGD	<p>„Jest tyle przestrzeni klasy G w Polsce. Prośba do droniarzy o to, aby to tam sobie latali, a nie w przestrzeniach kontrolowanych, gdzie narażają innych użytkowników na niebezpieczeństwo. Pracując jako KRL TWR w strefie kontrolowanej lotniska od ziemi do 1800ft, nie jestem w stanie zapewnić kontroli ruchu lotniczego statkom powietrznym mając w CTR drona, nad którym nie mam kontroli. Safety first. To, co się teraz dzieje, czyli ciągłe liberalizowanie przepisów na rzecz dronów, będzie trwało do pierwszego poważnego wypadku z udziałem AC i dopiero wtedy otworzą się oczy tym, którzy na to zezwolili, bo była presja lobby”.</p> <p>„Jestem za całkowitym zakazem lotu dronów w CTR. Jeśli są to komercyjne loty i muszą coś zrobić – proszę bardzo niech zapłacą PAŻP, portom i linią za zamknięcie CTRu na wyznaczony czas i wtedy niech robią sobie co chcą. Ja nie chcę (ale w świetle dzisiejszych przepisów muszę) brać odpowiedzialności za CTR, w którym dzieje się coś nad czym nie mam kontroli”.</p>
9	–	„Wśród kontrolerów ruchu lotniczego (w niektórych unitach) panuje jakaś niezrozumiała obawa przed operatorami dronów. Zupełnie niesłusznie. To po stronie operatorów spoczywa odpowiedzialność za ustępowanie pierwszeństwa drogi innym statkom powietrznym”.
10	EPKK	„Loty dronów w CTR powinny być zabronione”.
11	EPLB	„Zupełny brak kontroli nad tym, czy dron lata czy nie. Może wyjściem byłoby obligatoryjne używanie aplikacji np. DroneRadar przed operatorów latających w CTR, wtedy na obrazowaniu z tejże aplikacji kontrolerzy mogliby mieć aktualny podgląd na sytuację”.
12	EPRZ, EPLB	„Myślę, że poza CTR-ami jest dostatecznie dużo miejsca żeby sobie polatać do woli bez ograniczeń”.

Lp.	Miejsce wykonywania pracy KRL	Opis sytuacji
13	-	Wielu użytkowników BSP podchodzi już dziś do zagadnienia poważnie i są zorientowani w sytuacji w pobliżu lotnisk. Myślę że najgorsi są »amatorzy« – którzy zawsze będą niebezpieczni. Tylko poprzez media można temat »rozdmuchać« do takiej świadomości, iż większość ludzi, nawet »amatorzy« będą zdawali sobie sprawę czym to grozi, jakie są ewentualnie kary i konsekwencje takiej zabawy”.
14	EPWA	„Kontrolerzy są pierwszym punktem, który dowiaduje się o ewentualnym naruszeniu przestrzeni. I jednocześnie jedynym, który »bierze udział« w tym naruszeniu (poprzez swoją obecność i pracę w przestrzeni). Tym samym staje się świadkiem dla organów ścigania, które uzurpują sobie prawo do sporej ilości czasu kontrolera, w czasie jego wypoczynku, wzywając go na komisariaty. Jednocześnie żaden z kontrolerów nigdy nie otrzymał informacji zwrotnej o efektach pracy Policji, tym bardziej o inicjatywach na rzecz zmiany poziomu zagrożenia. To budzi złość i niezgodę, bowiem w imię zasilania systemu ścigania najbardziej poszkodowanym jest niekiedy kontroler”.
15	EPRZ	„Należałoby rozważyć możliwość kupna BSP tylko za zezwoleniem i z podaniem danych osobowych plus monitorowanie pozycji BSP. Mniejsze, ogólnodostępne BSP powinny mieć ograniczony zasięg od operatora tak, by pozostawały w bezpiecznej odległości od minimalnych wysokości lotów statków powietrznych”.
16	-	„Według mnie przepisy dla operatorów dronów oraz modeli latających są wystarczająca czytelne i przestrzeganie ich wystarcza, aby utrzymać bezpieczny poziom innych operacji lotniczych w przestrzeni kontrolowanej lotniska. Jak wszędzie, tak i tu oczywistym jest, że nie da się skonstruować uniwersalnych przepisów na każdą sytuację, więc reszta to zdrowy rozsądek i wyobraźnia użytkowników przestrzeni”.
17	APP	„W mojej opinii największym zagrożeniem ze strony BSP i modeli latających dla operacji lotniczych są operatorzy nieposiadający świadectw kwalifikacji. Nie mają oni wiedzy i świadomości sytuacyjnej oraz nie są świadomi odpowiedzialności karnej, która na nich ciąży, gdy bez kwalifikacji i w niewłaściwym miejscu wykonują loty. Aplikacje, takie jak DroneRadar oraz szkolenia i egzaminy do uzyskania świadectw kwalifikacji operatorów BSP pozwalają, w mojej ocenie, skutecznie zabezpieczyć ruch lotniczy przed potencjalnym zagrożeniem ze strony BSP. Podejrzewam, że większość incydentów spowodowanych jest niewiedzą operatorów co do możliwości i warunków wykonywania lotów w danym miejscu”.
18	APP	„Obecne przepisy trochę sztucznie dzielą latanie UAV na komercyjne i niekomercyjne w sytuacji, w której operator i dron wykonują dokładnie taki sam lot, lecz w różnym celu (zarobkowym lub nie). Z punktu widzenia ATC taki podział jest nielogiczny i niczego nie wnosi”.
19	-	„Nie miałem nigdy problemu z operatorami dronów, którzy zajmują się tym zawodowo. Byłem natomiast świadkiem (poza pracą) sytuacji, w których ludzie bawią się różnymi gadżetami – w tym dronami – i zupełnie nie zdają sobie sprawy, że mogą znajdować się w zakazanej strefie lub w ogóle stwarzać jakieś zagrożenie dla ruchu lotniczego. Uważam, że potrzebna jest edukacja zakrojona na szeroką skalę”.

Źródło: opracowanie własne na podstawie odpowiedzi udzielonych w ankiecie.

NOTKI BIOGRAFICZNE

dr Jan K. Argasiński – adiunkt w Zakładzie Technologii Gier Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Kierownik projektów badawczo-rozwojowych w Nano Games i Simpro. Zajmuje się przetwarzaniem afektywnym (*affective computing*), wirtualną i poszerzoną rzeczywistością.

mgr Natalia Dużmańska-Misiarczyk – pracuje jako asystentka badawcza w Nano Games i Simpro przy projektach mających na celu stworzenie profesjonalnych symulatorów szkoleniowych w wirtualnej rzeczywistości. Zajmuje się psychologicznymi aspektami doświadczeń w VR oraz chorobą symulatorową. Absolwentka studiów magisterskich w Instytucie Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

płk. rez. dr hab. inż. nawig. Andrzej Fellner, prof. PŚ – obecnie piastuje stanowisko profesora nadzwyczajnego Politechniki Śląskiej, specjalista w zakresie lotniczych technik i technologii satelitarnych. Nawigator klasy mistrzowskiej i wykładowca przedmiotów lotniczych w ośrodkach szkolenia lotniczego. Autor pierwszych w Polsce eksperymentów lotniczych z zastosowaniem odbiornika GPS na pokładzie samolotu i śmigłowca (1992 r.). W 1990 r. odbył staż naukowy w Instytucie Nawigacji i Hydrografii Morskiej Akademii Marynarki Wojennej, podczas którego pełnił obowiązki kierownika praktyki nawigacyjnej podchorążych AMW na pokładzie okrętu ORP „Wodnik”. W latach 1998–2005 reprezentant Polski w Głównej Kwaterze NATO w Brukseli w pracach NATO C3 Board Navigation Sub – Committee, Komisji CNS/ATM NATMC (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management). Był wykładowcą akademickim kolejno w: Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych w Dęblinie (obecnie Lotnicza Akademia Wojskowa), Akademii Obrony Narodowej (obecnie Akademia Sztuki Wojennej), PWSZ w Chełmie na stanowisku dyrektora Instytutu Nauk Technicznych, PWSZ w Krośnie na stanowisku dyrektora Instytutu Politechnicznego, Politechnice Śląskiej. W 2002 r. został starszym specjalistą Oddziału Eksploatacji i Normalizacji Szefostwa Służby Ruchu Lotniczego Sił Zbrojnych RP. W latach 2003–2005 był Szefem Oddziału Zarządzania Przestrzenią Powietrzną w Szefostwie Służby Ruchu Lotniczego Sił Zbrojnych RP. W 2002 r. obronił na Politechnice Warszawskiej pierwszą w Polsce rozprawę habilitacyjną z nawigacji powietrznej naw specjalności Geodezja Satelitarna, Nawigacja. W latach 2008–2018 pełnił funkcję dyrektora Centrum Kształcenia Kadr Lotnictwa Cywilnego Europy Środkowo-Wschodniej Politechniki Śląskiej. W latach 2014–2017 był kierownikiem Katedry Technologii Lotniczych Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej. W okresie 2009–2014 lider zespołu w projektach PAŻP: HEDGE (Helicopters Deploy GNSS in Europe), EGNOS Introduction to the European Eastern Region, SHERPA (Support ad-Hoc to Eastern Region Pre-operational in GNSS). Autor i współautor ponad 360 artykułów i prac naukowych opublikowanych w kraju i za granicą, w tym 40 opracowań zwartych.

mgr Radosław Fellner – specjalista ds. inżynierjno-technicznych w CNBOP-PIB. Operator bezzałogowych statków powietrznych (BVLOS do 25 kg na wielowirnikowce i samoloty) z uprawnieniami instruktorskimi INS. Uczestnik operacji, ćwiczeń i projektów badawczych z użyciem BSP dla: Policji, straży pożarnych, Straży Granicznej, portów lotniczych. Współpracował z: ULC (Departament Żegluga Powietrznej), Katedrą Technologii Lotniczych Politechniki Śląskiej, Centrum

Kształcenia Kadr Lotnictwa Cywilnego Europy Środkowo-Wschodniej, Wyższą Szkołą Biznesu w Dąbrowie Górniczej (obecnie Akademia WSB), Parlamentem Europejskim (Komisja Transportu i Turystyki). Instruktor praktycznej nauki zawodów lotniczych, egzaminator w zawodzie technik lotniskowych służb operacyjnych, absolwent studiów podyplomowych Bezpieczeństwo w portach lotniczych. Specjalizuje się w aspektach prawnych wykorzystania bezałogowych statków powietrznych oraz zarządzaniu ryzykiem w lotach BSP. Jest współautorem pierwszej w Polsce listy kontrolnej w postaci aplikacji na urządzenia mobilne dla operatorów BSP pt. „DRONE Safety Checklist”. Kierownik pracy badawczej pt. „Badania doświadczalne bezałogowych statków powietrznych na potrzeby wsparcia działań ratowniczo-gaśniczych”. Przedstawiciel CNBOP-PIB w Komitecie technicznym KT 177 ds. Projektowania i Produkcji Uzbrojenia i Sprzętu Wojskowego w Polskim Komitecie Normalizacyjnym. Współautor 7 podręczników, ponad 40 artykułów i prac naukowych opublikowanych w kraju i za granicą. Współorganizator największego wydarzenia dronowego w Polsce *DroneTech World Meeting* w Toruniu.

mgr inż. Piotr Kaczmarzyk – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej na wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Od 2015 r. pracownik Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w CNBOP-PIB. Wykonawca w wielu pracach badawczych i rozwojowych. Autor artykułów poświęconych tematyce palności, wybuchowości oraz fizykochemii spalania.

insp. dr Rafał Kochańczyk – oficer Policji, Komendant Szkoły Policji w Katowicach. Absolwent Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie oraz Uniwersytetu Wrocławskiego we Wrocławiu, ukończył również studia podyplomowe z zakresu zarządzania w jednostkach Policji oraz zarządzania kryzysowego. Stopień naukowy doktora nauk społecznych w dyscyplinie nauk o polityce uzyskał na Wydziale Zarządzania i Administracji Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Były Komendant Wojewódzki Policji w Kielcach. Dowódca wielu akcji i operacji policyjnych. Autor publikacji w zakresie bezpieczeństwa wewnętrznego, strategii, zarządzania w Policji.

Łukasz Lesicki – pracuje jako główny programista w Nano Games i Simpro, gdzie współtworzy rozwiązania na potrzeby gier i symulatorów profesjonalnych. Posiada wieloletnie doświadczenie w projektowaniu i implementowaniu aplikacji interaktywnych wykorzystujących m.in. realistyczną symulację fizyki, animację komputerową czy techniki sztucznej inteligencji. Pasjonat wirtualnej rzeczywistości, robotyki i uczenia maszynowego. Ukończył studia magisterskie na Politechnice Krakowskiej, na kierunku Elektrotechnika.

mgr Natalia Lipp – doktorantka w Instytucie Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracuje jako asystentka badawcza w Nano-Games. W swojej pracy badawczej podejmuje tematykę wykonywania zadań (performance) w VR.

mgr inż. Dominika Marzec – zatrudniona w Warmia i Mazury sp. z o.o. zarządzającej Portem Lotniczym Olsztyn-Mazury oraz będącej instytucją zapewniającą służby żeglugi powietrznej, pracuje na stanowisku Pełnomocnika ds. Jakości. W tej samej organizacji pełniła funkcję Pełnomocnika ds. Zarządzania Bezpieczeństwem. Absolwentka studiów inżynierskich na Politechnice Śląskiej oraz magisterskich na kierunku Lotnictwo w Akademii Sztuki Wojennej. W swojej działalności zawodowej oraz naukowej wykazuje zainteresowanie szeroko pojętym zarządzaniem ryzykiem oraz zarządzaniem zmianą w cywilnych organizacjach lotniczych.

Maximilian Minta – właściciel Neptun Studio (www.neptunstudio.eu). Studiował na Politechnice Gdańskiej i Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni (Mechatronikę, Automatykę i Robotykę). Programista i inżynier systemów bezzałogowych, fascynat wirtualnej rzeczywistości i sztucznej inteligencji.

mgr inż. Dariusz Pietrzela – specjalista inżynierijno-techniczny w Laboratorium Urządzeń i Środków Gaśniczych w CNBOP-PIB. Absolwent studiów pierwszego i drugiego stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej oraz drugiego stopnia na Wydziale Nowych Technologii i Chemii w Wojskowej Akademii Technicznej.

dr Paweł Strojny – pracuje jako kierownik działu Badań i Rozwoju Nano Games oraz adiunkt w Instytucie Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Specjalizuje się w psychologii społecznej i poznawczej, a w swoich pracach badawczych podejmuje tematykę doświadczeń graczy oraz użytkowników wirtualnej rzeczywistości. Jest autorem licznych publikacji oraz wystąpień konferencyjnych w tym zakresie. Ukończył studia magisterskie w Instytucie Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie również uzyskał stopień doktora nauk społecznych.

dr Piotr Uchroński – pracuje w Międzynarodowym Porcie Lotniczym Katowice w Pyrzowicach na stanowisku Kierownika Pionu Bezpieczeństwa. Zajmuje się organizacją ochrony lotniska w celu przeciwdziałania aktom bezprawnej ingerencji. Wewnętrzny Audytor Kontroli Jakości i Instruktor w zakresie ochrony lotnictwa cywilnego. Prawnik, absolwent Uniwersytetu Śląskiego. Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie transport uzyskał na Politechnice Warszawskiej. Adiunkt w Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej.

mgr Kamil Wasilewski – absolwent Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu na Wydziale Prawa i Administracji na kierunku Prawo. W latach 2017–2018 słuchacz Szkoły Praw Własności Intelektualnej w Centrum Praw Własności Intelektualnej im. H. Grocjusza w Krakowie. Pracował na stanowisku aplikanta adwokackiego w jednej z wiodących kancelarii prawnych w Poznaniu. Prowadzi indywidualną kancelarię adwokacką w Poznaniu. W pracy zawodowej pomaga przedsiębiorcom w rozwijaniu swojego biznesu. Ponadto specjalizuje się w doradztwie prawnym dla użytkowników dronów. Autor bloga www.latam-dronem.pl poświęconego prawnym aspektom użytkowania dronów.

mgr Beata Wojtasiak – absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (Wydział Nauk Pedagogicznych). W 2013 r. ukończyła studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Aktualnie pracownik Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB.

mgr Wiktor Wszywacz – jest absolwentem Wydziału Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego Uniwersytetu Łódzkiego oraz studium podyplomowego na Politechnice Łódzkiej. Aktualnie członek Zarządu Aeroklubu Polskiego zajmujący się promocją i rozwojem sportu dronowego. Współorganizator i sędzia w szeregu wyścigów dronów RC FPV (Puchar Świata, Mistrzostwa Polski, Puchar Polski). Prowadzi wykłady i szkolenia kandydatów do świadectwa kwalifikacji

VLOS i BVLOS dla różnych ośrodków szkolenia. Autor szeregu artykułów dotyczących problematyki BSP i bezpieczeństwa lotów. Uczestnik wielu konferencji krajowych i międzynarodowych dotyczących bezzałogowych statków powietrznych. Autor książki *Drony – budowa, loty, przepisy*, wydanej w 2016 r. przez wydawnictwo Poligraf.

inż. Grzegorz Zawistowski – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Obecnie student na Wydziale Prawa Europejskiej Wyższej Szkoły Prawa i Administracji. Główne zainteresowania to prawo konstytucyjne i prawa człowieka. Od 2017 r. zatrudniony w CNBOP-PIB, początkowo w Jednostce Certyfikującej a obecnie w Dziale Samodzielnych Ekspertów na stanowisku Specjalista Inżynieryjno-Techniczny, gdzie zajmuje się innowacyjnymi technologiami, w tym przede wszystkim BSP. Wykonawca w międzynarodowych projektach naukowo-badawczych: EASER, ASSISTANCE, Fire-In, zastępca kierownika pracy badawczej pt. „Badania doświadczalne bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby wsparcia działań ratowniczo-gaśniczych”. Przedstawiciel CNBOP-PIB w Komitecie technicznym KT 177 ds. Projektowania i Produkcji Uzbrojenia i Sprzętu Wojskowego w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

mgr inż. Maciej Zawistowski – absolwent wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej, Starszy Specjalista Inżynieryjno-Techniczny w CNBOP-PIB. Autor i współautor kilkunastu artykułów i opracowań. Specjalizuje się w badaniach symulacyjnych zagadnień energetyki rozproszonej, inteligentnego opomiarowania, odnawialnych źródeł energii oraz bezzałogowych pojazdów.

... [P]raca ma dużą wartość poznawczą i dydaktyczną. Pozwala na naukę i wzbogacenie wiedzy o wykonywaniu operacji BSP VLOS. Materiał zawarty w opracowaniu umożliwi zarówno niedoświadczonym, jak i doświadczonym operatorom opanowanie lub przypomnienie sobie zasad i procedur, w zakresie niezbędnym do zabezpieczenia bezałogowego ruchu statków powietrznych i przemieszczania się w polskiej przestrzeni powietrznej. Zawartość książki będzie także wielką pomocą dla instruktorów oraz osób, które chcą uzyskać świadectwo kwalifikacji UAVO, studentów prawa lotniczego i procedur ATC, a także dla operatorów BSP w służbach państwowych i kontrolerów ruchu lotniczego...

Z recenzji prof. dra hab. inż. Andrzeja Świątoniowskiego

Publikacja stanowi kompendium wiedzy o aparatach latających, których wspólną cechą jest brak człowieka za sterami. Poza obszernym przedstawieniem niuansów technicznych, rysu historycznego i stanu prawnego, autorzy wiele miejsca poświęcili sposobom użycia i wykorzystania BSP, uwarunkowaniom prawnym, wymaganym obecnie i w przyszłości, gdy systemy bezałogowe staną się codziennością...

Z recenzji dra hab. inż. Leszka Cwojdzńskiego

ISBN 978-83-948534-6-4

<https://doi.org/10.17381/2019.1>

Wydawnictwo CNBOP-PIB

www.cnbop.pl

