

KATARZYNA BOLZ¹⁾
GABRIEL NOWACKI²⁾

UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE ROAD SAFETY SYSTEM

BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE W SYSTEMIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono potencjalne możliwości zastosowania dronów w systemie bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD), przewidywane na podstawie ewolucji technologii bezzałogowej. Zaprezentowano wymagania stawiane użytkownikom (operatorom) technologii bezzałogowych statków powietrznych (BSP) w odniesieniu do BRD. Problem badawczy sformułowano na podstawie doświadczeń oraz badań nad BSP operującymi nad drogami, skrzyżowaniami oraz w środowisku kolizji i wypadków w ruchu drogowym. Dokonano bilansu szans i zagrożeń w odniesieniu do użycia BSP w BRD. Zbadano nastroje społeczne w odniesieniu do kwestii świadomości prawnej operatorów dronów. Podjęto próbę wskazania możliwości kształtowania świadomości prawnej oraz odpowiedzialności karnej wraz z analizą zaimplementowanych dotychczas środków zaradczych. Wskazano koncepcję bezpiecznego przepływu ruchu statków bezzałogowych w przestrzeni powietrznej. Podjęto próbę oceny potencjału wsparcia systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego przez użycie wyspecjalizowanych BSP. Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie dronów w BRD umożliwi identyfikację ruchu drogowego w czasie rzeczywistym z bardzo dobrą dokładnością (kamery o wysokiej rozdzielczości), w tym identyfikację pojazdów, pieszych oraz rowerzystów, a także sprawdzanie prędkości pojazdów, określanie długości kolejek na skrzyżowaniach, pomiar natężenia ruchu, wykrywanie naruszeń przepisów ruchu drogowego oraz identyfikację miejsc niebezpiecznych czy ostrzeganie kierowców o potencjalnych zagrożeniach.

SŁOWA KLUCZOWE: BRD, BSP, dronostrada, świadomość społeczna, współczesne zagrożenia.

ABSTRACT. The article presents the potential uses of drones in road safety systems, as predicted based on the ongoing evolution of the unmanned technologies. Requirements pertaining to users (operators) of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in the context of road safety are presented. The research problem was formulated based on experience and research on UAVs operating above roads, intersection and in traffic collision/accident areas. An analysis of opportunities and threats of usage of UAVs in road safety was performed. An attempt was made to identify the means of shaping legal and criminal awareness of users, along with an analysis of remedial measures that had been introduced. A concept of safe flow of UAVs in the airspace was described. An attempt was made to evaluate the potential for support of the road safety system by using specialized UAVs. The performed research indicates that usage of drones in road safety systems will enable real-time identification of traffic with very high precision (high-resolution cameras), including identification of vehicles, pedestrians and cyclists, verification of vehicle speed, determination of queue lengths at intersections, determination of traffic volume, detection of traffic violations, identification of high-risk locations and warning drivers about potential threats.

KEYWORDS: contemporary threats, drone highway, road safety, social awareness, UAV.

DOI: 10.7409/rabdim.024.004

¹⁾ Wojskowa Akademia Techniczna, Szkoła Doktorska, ul. gen. Sylwestera Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa; katarzyna.bolz@wat.edu.pl (✉)

²⁾ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania, ul. gen. Sylwestera Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa; gabriel.nowacki@wat.edu.pl

1. WSTĘP

Dzisiejszy rozwój nowych technologii informacyjnych wpływa na polepszenie jakości życia aktualnych oraz przyszłych pokoleń, stwarza szanse rozwoju, ale także rodzi nowe zagrożenia. Kluczowym elementem ochrony przed zagrożeniami jest stałe wyprzedzanie najnowszych zagrożeń, incydentów i naruszeń mających miejsce na całym świecie. Wymaga to wdrożenia skutecznych systemów udostępniania danych w celu proaktywnego monitorowania potencjalnych zagrożeń i słabych punktów w różnych typach ekosystemów naziemnych i lotniczych [1].

Dużą rolę w tym zakresie odgrywają bezzałogowe statki powietrzne (BSP – ang. UAV, *Unmanned Aerial Vehicles*) oraz bezzałogowe systemy latające (BSL – ang. UAS, *Unmanned Aerial System*), które wpisują się w koncepcję stałego poszerzania zastosowań BSP w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa lotnictwa oraz bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Zgodnie z danymi dotyczącymi BSP, przedstawionymi przez ULC (szczegółowe dane zaprezentowano w Tabl. 1) na 25.07.2023 r.³⁾, w Polsce aktualnie jest:

- 192 619 operatorów dronów,
- 152 391 pilotów dronów A1/A3,
- 30 149 pilotów dronów A2.

Dla porównania należy nadmienić, iż liczba wydanych świadectw kwalifikacji UAVO⁴⁾ w Polsce do 30.11.2018 r. wynosiła jedynie 9332.

Dzięki ewolucji w zakresie uzyskiwanych osiągnięć oraz spektrum zastosowań, BSP mogą już standardowo być wykorzystywane do monitorowania ruchu drogowego celem zapobiegania kolizjom i wypadkom drogowym, jak również identyfikacji pojazdów, które nie poruszają się zgodnie z zasadami ruchu drogowego lub naruszają przepisy. Ponadto mogą być wykorzystywane w zakresie ratownictwa drogowego oraz wykrywania niebezpiecznych obszarów na drodze i ostrzegania kierowców o potencjalnych zagrożeniach. Zastosowanie dronów może znacząco przyczynić się do wzrostu bezpieczeństwa ruchu drogowego, z uwzględnieniem ochrony wszystkich użytkowników dróg.

³⁾ Badanie Departamentu Bezzałogowych Statków Powietrznych Urzędu Lotnictwa Cywilnego.

⁴⁾ UAVO (ang. *Unmanned Aircraft Vehicle Operator*) – operator bezzałogowego statku powietrznego. UAVO oznacza świadectwo kwalifikacji operatora drona wydawane przez Urząd Lotnictwa Cywilnego wszystkim operatorom dronów, którzy potwierdzą swoją wiedzę teoretyczną i praktyczne umiejętności egzaminem państwowym zdawanym zarówno z teorii jak i z praktyki (loty dronem) przed egzaminatorem wyznaczonym przez ULC.

1. INTRODUCTION

Current developments in new information technologies provide better quality of life for present and future generations, bring new opportunities for progress, but also create new threats. The key element of defense against threats consists in staying ahead of new risks, incidents and violations occurring worldwide. This requires introduction of effective data sharing systems in order to proactively monitor the potential risks and weaknesses in various land and aviation systems [1].

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) and Unmanned Aerial Systems (UAS) may play a considerable role in this field, as they are compatible with the concept of ongoing improvement of aerial and road traffic safety.

According to the data on UAS presented by the Polish Civil Aviation Authority (detailed data given in Table 1) for 25 July 2023³⁾, in Poland there are:

- 192 619 drone operators,
- 152 391 pilots in the A1/A3 category,
- 30 149 pilots in the A2 category.

For the sake of comparison, the number of UAVO⁴⁾ qualification certificates issued in Poland up to 30 November 2018 was only 9332.

Owing to the evolution of their performance and range of applications, UAVs may be used for routine road traffic monitoring in order to prevent collisions and identify vehicles that violate traffic rules. Drones may also be used in road emergency operations, identification of dangerous locations and warning about potential threats. The use of drones may significantly improve safety of all the road users.

National Standard Scenarios (NSTS), which were taken into account in the breakdown presented in Table 1, have been effective in Poland since 31 December 2020. The Commission Implementing Regulation (UE) 2020/639 introduced two standard scenarios, STS-01 and STS-02, which define the manner in which specific category operations are performed (specifications shown in Table 2).

³⁾ Research by the Unmanned Aircraft Department of the Polish Civil Aviation Authority.

⁴⁾ UAVO – Unmanned Aircraft Vehicle Operator. UAVO is a qualification certificate issued by the Civil Aviation Authority (CAA) to all drone operators who prove their theoretical knowledge and practical competencies in a state exam before an examiner appointed by CAA.

Narodowe Standardowe Scenariusze (NSTS – ang. *National Standard Scenario*), rozróżnione ilościowo w Tabl. 1, określane jako scenariusze krajowe, obowiązują w Polsce od 31 grudnia 2020 roku. Przepisy rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2020/639 wprowadziły dwa standardowe scenariusze, oznaczone: STS-01 i STS-02, które określają sposób odbywania lotów w ramach kategorii szczególnej (specyfikację zamieszczono w Tabl. 2).

W myśl przepisów europejskich scenariusze standardowe opublikowane przez EASA zaczną obowiązywać od 1 stycznia 2024 roku [2]. Z uwagi na konieczność uregulowania operacji wykonywanych w okresie przed wskazanym terminem Prezes ULC opublikował w specjalnych wytycznych dziewięć Krajowych Scenariuszy Standardowych (NSTS), które zostały zaprezentowane poniżej w formie tabelarycznej (Tabl. 2 i Tabl. 3). Odbywanie lotów na ich podstawie możliwe jest po uprzednim złożeniu oświadczenia o zgodności z NSTS. Oświadczenie o operacji zgodnej z krajowym scenariuszem standardowym ważne jest dwa lata [2].

According to the European regulations, standard scenarios issued by EASA are to be effective since 1 January 2024 [2]. Due to the need for regulation of operations performed before this date, the President of CAA issued special guidelines encompassing nine National Standard Scenarios (NSTS), presented here in Tables 2 and 3. Operations based on the national scenarios are permissible after adequate NSTS declaration of compliance is submitted by the operator. Declaration of compliance with National Standard Scenario is valid for two years [2].

Table 1. Data of the Unmanned Aircraft Department of the Polish Civil Aviation Authority on the number of registered drone operators and pilots (for 25 July 2023)
Tablica 1. Dane Departamentu BSP ULC w zakresie ilości zarejestrowanych operatorów i pilotów dronów (stan na 25.07.2023 r.)

Type of qualification Rodzaj uprawnień	Number of registered users Ilość zarejestrowanych użytkowników
Drone operators / operatorzy dronów	192 619
A1/A3 drone pilots / piloci dronów A1/A3	152 391
A2 drone pilots / piloci dronów A2	30 149
STS-01	9 400
STS-02	2 363
NSTS-01	25 582
NSTS-02	15 701
NSTS-03	503
NSTS-04	16
NSTS-05	10 313
NSTS-06	7 621
NSTS-07	472
NSTS-08	6

W aspekcie BRD, jak również BL (bezpieczeństwa lotnictwa), rozpatrywanych jako dwóch nakładających się w tym przypadku poziomów bezpieczeństwa, należałoby skorelować świadomość prawną operatorów, wiedzę na temat podstaw wykorzystania przestrzeni powietrznej oraz szans i zagrożeń wynikających z użycia dronów w omawianym obszarze. Należy również zwrócić uwagę na aspekt szacowania ryzyka, które staje się stopniowo istotą poprawnego wykorzystania systemów bezzałogowych, bowiem wraz z dynamiką rozwoju technologii wdrażanej przez BSP rośnie popyt na narzędzia analizy zagrożeń, a co za tym idzie, konkretnego systemu środków zaradczych [3].

In the context of road safety and aviation safety, which overlap to a degree in this case, one should correlate the legal awareness of drone operators, knowledge on the basic principles of airspace usage, as well as opportunities and threats of operation of drones in the discussed area. It is also necessary to take into account the aspect of risk evaluation, which gradually becomes the essence of proper usage of unmanned systems, as the dynamic development of UAS generates the need for threat analysis tools and a concrete system of remedial measures [3].

Table 2. Specification of standard scenarios [2]
 Tablica 2. Specyfikacja scenariuszy standardowych [2]

Name of the scenario Nazwa scenariusza	Specification of the scenario Specyfikacja scenariusza
STS-01	Scenario assuming operations in visual line of sight (VLOS), using drone with the mass MTOM < 25 kg, at a maximum height of 120 m and ground speed less than 5 m/s over populated areas. May be treated as an extension of the A2 “open” category (VLOS to 120 m, MTOM to 4 kg). Scenariusz zakładający loty VLOS o masie drona MTOM < 25 kg do maksymalnej wysokości 120 m nad terenem i prędkości (ground speed) mniejszej niż 5 m/s nad obszarami zamieszkałymi. Może być traktowany jako rozszerzenie podkategorii A2 z kategorii otwartej (VLOS do 120 m, MTOM do 4 kg).
STS-02	Operations beyond visual line of sight BVLOS, in which take-off and landing are performed in VLOS. Distance no more than 2 km from the pilot with the presence of airspace visual observers (VO). Without VO, the distance is limited to 1 km from the pilot. Maximum operation height of 120 m above ground, MTOM up to 25 kg, operation over sparsely populated areas. Operacje BVLOS, w których start i lądowanie odbywają się na warunkach VLOS. Odległość lotu nie może być większa niż 2 km od pilota w sytuacji użycia obserwatora (tzw. VO – <i>Visual Observer</i>). Jeśli lot ma się odbywać bez VO – jest ograniczony do 1 km od pilota. Maksymalna wysokość lotu to 120 m nad terenem, MTOM maksymalnie do 25 kg, nad słabo zaludnionymi obszarami.
NSTS-01	Operations in visual line of sight (VLOS) or with real-time first-person view (FPV) using multi-rotor drones (MR), fixed-wing drones (A) and unmanned helicopters (H) – mass up to 4 kg. Dotyczy lotów wykonywanych w zasięgu wzroku pilota (VLOS) lub z podglądem na żywo (FPV) przy użyciu dronów wielowirnikowych (MR), dronów stałopłatowych (A) i bezzałogowych helikopterów (H) – o masie do 4 kg.
NSTS-02	Pertains to operations in visual line of sight (VLOS) performed using multi-rotor drones (MR) with the mass of up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS wykonywanych przy użyciu dronów wielowirnikowych (MR) o masie do 25 kg.
NSTS-03	Pertains to operations in visual line of sight (VLOS) performed using fixed-wing drones (A) with the mass of up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS wykonywanych przy użyciu dronów stałopłatowych (A) o masie do 25 kg.
NSTS-04	Pertains to operations in visual line of sight (VLOS) performed using unmanned helicopters (H) with the mass of up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS wykonywanych przy użyciu bezzałogowych helikopterów (H) o masie do 25 kg.
NSTS-05	VLOS and BVLOS operations at the distance of up to 2 km using multi-rotor drones (MR), fixed-wing drones (A) and unmanned helicopters (H) – mass up to 4 kg. Dotyczy lotów VLOS i lotów wykonywanych poza zasięgiem wzroku pilota (BVLOS) do 2 km przy użyciu dronów wielowirnikowych (MR), dronów stałopłatowych (A) i bezzałogowych helikopterów (H) – o masie do 4 kg.
NSTS-06	VLOS and BVLOS operations at the distance of up to 2 km using multi-rotor drones (MR) with the mass of up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS i BVLOS do 2 km wykonywanych przy użyciu dronów wielowirnikowych (MR) o masie do 25 kg.
NSTS-07	VLOS and BVLOS operations at the distance of up to 2 km using using fixed-wing drones (A) with the mass of up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS i BVLOS do 2 km wykonywanych przy użyciu dronów stałopłatowych (A) o masie do 25 kg.
NSTS-08	VLOS and BVLOS operations at the distance of up to 2 km using using unmanned helicopters (H) with the mass of up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS i BVLOS do 2 km wykonywanych przy użyciu bezzałogowych helikopterów (H) o masie do 25 kg.
NSTS-09	Pertains to VLOS and BVLOS operations using UAVs that were not approved for BVLOS operations in inspections before 31 December 2020, mass up to 25 kg. Dotyczy lotów VLOS i BLVOS wykonywanych przy użyciu BSP, które w procesie oględzin zostały dopuszczone do lotów BVLOS przed 31.12.2020 r. o masie do 25 kg.

Table 3. Detailed requirements for the NSTS scenarios [2]
 Tablica 3. Szczegółowe wymagania dla scenariuszy NSTS [2]

STS	Conditions Warunki	UAV type and its TOM ^{****)} [kg] Rodzaj BSP i jego TOM ^{****)}	Max height [m] Max wysokość lotu	Pilot training Wyszczenie pilota	Validity of declaration Ważność oświadczenia
NSTS-01	VLOS ^{*)} and FPV ^{**)} VLOS ⁵⁾ i FPV ⁶⁾	< 4	120	<p>After the operator registers and fills in the pilot profile, obtaining of the A1/A3 competencies requires online training and test. Obtaining A2 competencies is not an obligatory condition of starting an NSTS training. After finishing an NSTS training, the pilot obtains a certificate of theoretical knowledge and confirmation of practical training, issued by an appointed body in the case of performing operation in "specific" category, or the pilot obtains competencies for flights based on declaration of operation compliant with the NSTS that the training pertained to.</p> <p>Po rejestracji operatora i uzupełnieniu profilu pilota, należy ukończyć szkolenie on-line i zaliczyć test on-line na kompetencje pilota A1/A3. Uzyskanie kompetencji A2 nie jest obowiązkowe, aby przystąpić do szkolenia NSTS.</p> <p>Po ukończeniu szkolenia z zakresu NSTS pilot uzyskuje certyfikat wiedzy teoretycznej i potwierdzenie ukończenia szkolenia praktycznego w przypadku wykonywania operacji w kategorii "szczególnej" wydane przez wyznaczonego operatora systemu bezzałogowego statku powietrznego lub na podstawie powyższego dokumentu pilot uzyskuje kompetencje do realizacji lotów na podstawie oświadczenia o operacji zgodnej z NSTS, którego dotyczyło szkolenie.</p>	valid for 2 years, but no longer than until 1 January 2026 ważne 2 lata, jednak nie dłużej niż do 1 stycznia 2026 roku
NSTS-02	VLOS	MR < 25			
NSTS-03	VLOS	A < 25			
NSTS-04	VLOS	H < 25			
NSTS-05	VLOS and BVLOS up to 2 km from UAV pilot VLOS i BVLOS do 2 km od pilota BSP	< 4			
NSTS-06	VLOS and BVLOS ^{***)} up to 2 km from UAV pilot VLOS i BVLOS ^{***)} do 2 km od pilota BSP	MR < 25			
NSTS-07	VLOS and BVLOS up to 2 km from UAV pilot VLOS i BVLOS do 2 km od pilota BSP	A < 25			
NSTS-08	VLOS and BVLOS up to 2 km from UAV pilot VLOS i BVLOS do 2 km od pilota BSP	H < 25			
<p>*) VLOS (Visual Line of Sight) / loty w zasięgu wzroku pilota/operatora.</p> <p>**) FPV (First Person View lub First Pilot View) / sposób latania, w którym pilot BSP analizuje obraz z kamery umieszczonej na dronie i steruje nim tak jakby w nim siedział.</p> <p>***) BVLOS (Beyond Visual Line of Sight) / loty w zasięgu i poza zasięgiem pilota/operatora.</p> <p>****) TOM (Type of Mass) / masa startowa drona</p>					

Bezzałogowe statki powietrzne określane są jako potencjał stwarzający możliwości dynamicznego rozwoju wielu gałęzi przemysłu. Popularyzacja nowych technologii BSP wciąż

Unmanned aerial vehicles are considered as a potential that generates new possibilities for development of various sectors of industry. Popularization of UAS still stimulates

wzbudza entuzjazm koncernów komercyjnych, kreuje przyszłość nowoczesnych miast, tzw. „smart city”, które zawierają w swojej definicji m.in. zautomatyzowane systemy: monitorowania drogowych i przyległych obszarów, zdalnych dostaw medycznych czy technologii satelitarnych. Określone na bazie sondażu statystyki dotyczące odpowiedzialności operatorów dronów mają za zadanie urealistycznie aktualne nastroje społeczne, postrzeganie kwestii odpowiedzialności potencjalnych użytkowników na tle wizji „smart city” oraz skalę ewentualnych zagrożeń [4].

BSP wykorzystywane są w zapewnianiu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Zagadnienia BRD obejmują nadzór nad ruchem drogowym, organizację ruchu drogowego, szkolenie i egzaminowanie kierowców, psychologię transportu, ratownictwo medyczne, wymagania techniczne wobec pojazdów, dróg i oznakowania, a także promowanie pożądanych zachowań uczestników ruchu drogowego.

W artykule oprócz sprawdzenia potencjału technologii bezzałogowej w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego podjęto próbę zbadania świadomości prawnej oraz odpowiedzialności karnej operatorów bezzałogowych statków powietrznych. Wskazano kierunki rozwoju technologii bezzałogowej w uwzględnieniu koncepcji zautomatyzowanego systemu ruchu BSP w przestrzeni powietrznej w oparciu o „dronostrady”.

2. TERMINOLOGIA I PROBLEMATYKA BADAWCZA

Celem uporządkowania wiedzy w analizowanym obszarze tematycznym należy odnieść się do kluczowych definicji pojawiających się w treści artykułu.

Akceptowalny poziom systemu bezpieczeństwa to poziom uzgodniony przez władze państwa, który ma zostać osiągnięty w lotnictwie cywilnym w danym państwie, zdefiniowany w krajowym programie bezpieczeństwa, wyrażony w formie docelowych poziomów bezpieczeństwa i wskaźników poziomu bezpieczeństwa [5].

Bezpieczeństwo lotnictwa (ang. „*aviation safety*”) to teoria i praktyka zarządzania ryzykiem w lotnictwie. Obejmuje zapobieganie wypadkom i incydentom lotniczym poprzez badania, kształcenie personelu podróży lotniczych, pasażerów i ogółu społeczeństwa, a także projektowanie statków powietrznych i infrastruktury lotniczej [6]. Przemysł lotniczy podlega znaczącym regulacjom i nadzorowi. Pożądany jest stan, w którym ryzyka związane z różnymi rodzajami działalności lotniczej (związanymi lub stanowiącymi bezpośrednio wsparcie operacji statku powietrznego) są obniżone do akceptowalnego poziomu i kontrolowane.

commercial companies and creates the future of modern cities (so-called “smart cities”), which by definition include automated systems such as: monitoring of roads and their vicinity, remote medical shipments and satellite technologies. The survey-based statistics of drone operator responsibility are meant to give a more realistic picture of the current climate of opinion, the scale of potential threats and perception of the problem of responsibility of individual users in the context of the “smart city” concept [4].

UAVs are used in the context of road safety; the related aspects include road traffic surveillance, traffic management, training and testing of drivers, transport psychology, emergency medicine, promoting of desired behavior of road users and verification of technical requirements pertaining to vehicles, roads and road signs.

Apart from verification of the potential of the unmanned technology in road safety, an attempt was made to study the awareness of UAV operators in terms of their legal and penal responsibility. New directions in the development of unmanned technologies were pointed out, including the concept of automated UAS traffic based on “drone highways”.

2. TERMINOLOGY AND RESEARCH PROBLEMS

In order to systematize the knowledge in the analyzed field, it is necessary to mention the key definitions of terms occurring in the article.

Acceptable level of safety performance is the level of safety performance agreed by state authorities to be achieved for the civil aviation system in a state, as defined in its state safety program, expressed in terms of safety performance targets and safety performance indicators [5].

Aviation safety is the theory and practice of risk management in aviation. It encompasses prevention of accidents and incidents through research, training of personnel, passengers and general society, as well as adequate design of aircraft and infrastructure [6]. The aviation industry is subjected to strict regulations and supervision. The desired effect is that the risk associated with different types of aviation activity (associated with or comprising direct support of aircraft operation) are limited to an acceptable level and controlled.

Aviation safety is the basis of fast and reliable aviation services. International cooperation of governments and industry sectors in the field of aviation safety through the

Bezpieczeństwo lotnictwa to podstawa szybkich i niezawodnych usług lotniczych, a międzynarodowa współpraca rządów i grup branżowych w zakresie bezpieczeństwa lotniczego za pośrednictwem Organizacji Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO) pomogła uczynić komercyjne samoloty najbezpieczniejszym sposobem podróżowania.

Załącznik 19 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym zawiera nadrzędne postanowienia mające zastosowanie do funkcji zarządzania bezpieczeństwem związanych z bezpieczną eksploatacją statków powietrznych lub bezpośrednio ją wspierających oraz podkreśla znaczenie zarządzania bezpieczeństwem na poziomie państwa w wielu obszarach lotnictwa. Aby uzupełnić ramy Państwowego Programu Bezpieczeństwa (SSP) i Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem (SMS), zawarte w Załączniku 19, uwzględniono także przepisy dotyczące nadzoru nad bezpieczeństwem państwa oraz gromadzenia, analizowania, wymiany i ochrony informacji [6].

Ochrona lotnictwa (ang. *aviation security*) koncentruje się na ochronie podróży, statków powietrznych i infrastruktury przed aktami bezprawnej ingerencji [6].

ICAO definiuje ochronę lotnictwa jako połączenie środków oraz zasobów ludzkich i materialnych mających na celu ochronę lotnictwa cywilnego przed aktami bezprawnej ingerencji. W najprostszej formie ochrona lotnictwa obejmuje ochronę żeglugi powietrznej i obiektów lotniskowych, statków powietrznych, pasażerów, załogi, członków społeczeństwa, bagażu kabinowego i luku bagażowego, ładunku, poczty i dostaw cateringowych przed przestępczymi aktami sabotażu, porwań lub terroryzmu [7].

Międzynarodowe Zrzeszenie Przewoźników Powietrznych (IATA) uznaje, że ochrona lotnictwa jest obowiązkiem rządów i że przemysł musi szanować potrzeby odpowiednich organów, aby mogły szybko działać w obliczu bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa lub wykrycia słabości, uważa również, że skuteczne partnerstwo rządu z przemysłem uczyniło system transportu lotniczego najbezpieczniejszą i najpewniejszą formą podróży na duże odległości [8].

Bezzałogowy statek powietrzny (ang. *unmanned aerial vehicle*, UAV) lub **bezzałogowy system powietrzny** (ang. *unmanned aerial system*, UAS), inaczej dron, to statek powietrzny wykonujący operację, który nie wymaga do lotu załogi obecnej na pokładzie oraz jest pilotowany zdalnie lub wykonuje lot autonomicznie [9].

Ocena bezpieczeństwa (ang. *safety assessment*) – ocena polegająca na identyfikacji zagrożeń i ocenie związanego z nimi ryzyka pod kątem akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa, inaczej: ocena wskazująca, że wymagany akceptowalny poziom bezpieczeństwa został osiągnięty [5].

International Civil Aviation Organization (ICAO) helped make commercial flights the safest means of traveling.

Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation includes top priority provisions on safety management functions related to, or in direct support of, the safe operation of aircraft. It also emphasizes the importance of aviation safety management on the national level. In order to supplement the presented framework of state safety program (SSP) and safety management system (SMS), Annex 19 also contains provisions on supervision of state safety management and safety data collection, analysis and exchange [6].

Aviation security concentrates on protection of passengers, aircraft and infrastructure against illegal disruptive acts [6].

ICAO defines aviation security as a combination of assets with human and material resources to protect civil aviation against illegal acts of disruption. In its simplest form, aviation security encompasses protection of aviation and airfield structures, aircraft, passengers, crews, general public, cabin luggage, cargo hold, goods, mail and catering deliveries against criminal acts of sabotage, kidnapping or terrorism [7].

International Air Transport Association (IATA) considers aviation security a responsibility of the governments and acknowledges that the industry should recognize the needs of the authorities in order to enable their action in the case of direct threat or detection of vulnerabilities. It also states that effective partnership of the governments and the industry has made aviation transportation the safest and most reliable form of long-distance travel [8].

Unmanned aerial vehicle (UAV) or unmanned aerial system (UAS), also referred to as a drone, is an aircraft operating without the need of an on-board crew; it is controlled remotely or performs the flight autonomously [9].

Safety assessment – assessment comprising in identification of threats and evaluation of associated risks in terms of the acceptable safety level, also: evaluation indicating that the required safety level has been reached [5].

Aircraft operator – any natural or legal person exploiting one or more aircraft or making an offer to exploit one or more aircraft [10].

Unmanned aerial vehicle pilot signifies a natural person responsible for safe performance of a flight by an unmanned aerial vehicle through manual steering or – if the unmanned aerial vehicle operates autonomously – through monitoring of its course and maintaining continuous capacity for intervention and change of its course [5].

Operator statku powietrznego to każda osoba prawna lub fizyczna eksploatująca jeden lub większą liczbę statków powietrznych lub składająca ofertę eksploatacji jednego lub większej liczby statków powietrznych [10].

Pilot bezzałogowego statku powietrznego 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 [5].

Bezpieczeństwo ruchu drogowego – pojęcie odnoszące się do zapewnienia ochrony życia, zdrowia i mienia uczestników ruchu drogowego oraz minimalizacji ryzyka wypadków i ich negatywnych skutków. Dotyczy zarówno kierowców, jak i pasażerów, pieszych, rowerzystów oraz innych uczestników ruchu drogowego [11].

BRD to zdolność systemu człowiek-pojazd-droga do bezkolizyjnego funkcjonowania, mierzona np. liczbą ofiar wypadków drogowych (ofiary śmiertelne i ranni) na zarejestrowany pojazd lub na jednostkę długości drogi [12]. W powszechnym użyciu termin odnosi się zarówno do zbioru zasad dotyczących bezpiecznego poruszania się po drogach, jak również do osobnego obszaru wiedzy, który zajmuje się kształtowaniem właściwych warunków ruchu drogowego.

W artykule zaprezentowano specyfikę zadań bezzałogowych statków powietrznych na rzecz utrzymania bezpieczeństwa ruchu drogowego. Należy pamiętać, iż w tym procesie nadrzędne jest nieustanne monitorowanie zagrożeń związanych z operacyjnością dronów w przestrzeni powietrznej, mając na celu bezwzględną ochronę akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa lotnictwa.

Celem pracy jest przedstawienie użycia BSP w systemie bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego. Problem badawczy został określony następująco: w jaki sposób bezzałogowe statki powietrzne mogą wspomóc system bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego?

Hipoteza badawcza została sformułowana następująco: BSP znacząco wpływają na system bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego poprzez umożliwienie:

- gromadzenia szczegółowych informacji o drogach, sytuacjach w środowisku kolizji/wypadków,
- transferu danych do systemów kontroli ruchu drogowego – przekazywanie bieżącej informacji w czasie rzeczywistym,
- przeprowadzenia analiz, skanów dróg i skrzyżowań w dążeniu do optymalizacji ruchu drogowego,

Road safety – the term pertains to the protection of life, health and property of road users and minimization of the risk of accidents and their negative consequences. It encompasses drivers, passengers, pedestrians, cyclists and all the other road users [11].

Road safety is the capacity of the human-vehicle-road system to function without harmful disruptions, measured by e.g. the number of road casualties (deaths and injuries) per registered vehicle or per unit of road length [12]. In common usage, this term pertains both to the set of rules of safe movement on roads and a separate field of knowledge dealing with shaping safe conditions of road traffic.

The article presents the specificity of tasks fulfilled by UAVs in maintenance of road safety. One should bear in mind that ongoing monitoring of threats related to drone operation in the airspace, in order to unconditionally maintain the acceptable aviation security level, has the greatest priority.

The aim of the work is to present UAV usage in the road safety system. The research problem is as follows: in what manner may UAVs support the road safety system?

The research hypothesis is as follows: UAVs considerably affect the system of road safety through enabling:

- collection of detailed information on roads and situation in the areas of collisions/accidents,
- data transfer to road traffic control systems – provision of current information in real time,
- performance of analyses, scanning of roads and intersections for traffic optimization,
- aerial monitoring of hazardous situations,
- emergency fast-response activities, without involving numerous personnel,
- evaluation of the existing solutions in order to optimize traffic organization, provide safety and comfort of road users,
- real-time traffic monitoring,
- aerial photo and video registration to obtain evidence in legal proceedings.

The tasks mentioned above are only a selection of possible uses of drones; the range of applications is still evolving and the presented research confirms their high effectiveness. Moreover, the following variables are defined:

- independent variable – the airspace environment and the land road traffic environment,
- dependent variable – the degree of safety provided by UAVs.

- monitorowania sytuacji niebezpiecznych z powietrza,
- działania w trybie awaryjnym, na zasadzie sił szybkiego reagowania, bez angażowania licznego personelu,
- oceny istniejących rozwiązań celem zoptymalizowania organizacji ruchu na drodze, zapewnienia bezpieczeństwa i wygody użytkownikom dróg,
- śledzenia ruchu drogowego w czasie rzeczywistym,
- foto- i wideorejestracji z powietrza na potrzeby pozyskania dowodów w sprawie.

Wskazane w hipotezie zadania realizowane w przypadku dronów na potrzeby monitoringu ruchu drogowego to tylko niektóre z możliwości; wachlarz zastosowań wciąż ewoluuje, a przedstawione w artykule badania dowodzą niezwykle wysokiej skuteczności działania. Ponadto zostały określone zmienne:

- zmienna niezależna – środowisko przestrzeni powietrznej oraz przestrzeni lądowej ruchu drogowego,
- zmienna zależna – stopień zapewnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego przez BSP.

Zastosowano takie metody badawcze jak:

- definiowanie, które miało na celu ujednoczenie wykorzystywanej terminologii z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego i bezpieczeństwa lotnictwa,
- analogia, pozwalająca na identyfikację oraz porównanie danych i zdarzeń, przyczyniła się do postawienia hipotezy badawczej,
- analiza, która była wykorzystana podczas badania literatury dotyczącej przedmiotu badań (objęła obowiązujące regulacje, przepisy prawa, instrukcje, publikacje i wydawnictwa, autorskie projekty i badania),
- synteza, która pozwoliła na dokonanie uogólnień w zakresie badania problematyki,
- metoda porównawcza, która miała zastosowanie w poszukiwaniu podobieństw i rozbieżności pomiędzy zastosowaniami BSP w ruchu drogowym charakterystycznymi dla różnych obszarów geograficznych, w zależności od stopnia rozwoju technologii,
- sondaż diagnostyczny, który umożliwił pozyskanie wiedzy na bazie opinii z zewnątrz, posłużył do badania świadomości prawnej oraz odpowiedzialności karnej operatorów oraz potencjalnych przyszłych operatorów BSP, jak również nastrojów społecznych w tym obszarze. Badanie wskazało ponadto zakres obaw co do operacyjności dronów amatorskich na tle wykonywania zadań przez BSP specjalistyczne.

3. SKUTECZNOŚĆ BSP W BRD – PRZEGLĄD LITERATURY

Zautomatyzowane metody zbierania danych o ruchu drogowym, w tym zastosowanie dronów, mogą skuteczniej niż

The applied scientific methods included:

- defining, whose aim was to make the used road and aviation safety terminology unambiguous,
- analogy, enabling identification and comparison of data and occurrences, contributing to formulation of the research hypothesis,,
- analysis, used in the literature study on the subject (including effective regulations, laws, manuals, publications, author projects and research),
- synthesis, enabling generalizations in the analyzed field,
- comparative methods, which was applied in the search for similarities and differences between UAV applications in road safety characteristic for individual geographical regions and levels of technological advancement,
- diagnostic survey, which provided knowledge based on external opinions, served as an indicator of social awareness of regulations and criminal responsibility of operators and potential future UAV operators, as well as public mood on the subject. The survey also indicated the scope of concerns regarding the impact of amateur drones on the tasks performed by specialized UAS.

3. EFFECTIVENESS OF UAS IN ROAD SAFETY – LITERATURE REVIEW

Automated methods of collection of road traffic data, including usage of drones, may provide real-time information more effectively than traditional tools. Data on vehicle movement trajectories with coordinates are very difficult to obtain (especially when time is an important factor). However, coordinates and timestamps needed for trajectory calculations may be collected using UAVs equipped with adequate integrated software. The range of applications of drones in road traffic monitoring is very wide; the most important tasks in UAV operation over public roads include:

- creation of detailed models of relative location of road structures, both in 3D space and in visualizations,
- fast and effective analyses necessary for creation of safe and efficient road environments,
- effective scanning of roads and intersections,
- provision of detailed information on roads, enabling planners to perform complete evaluation of existing solutions and selection of optimum solutions to ensure safety and comfort of vehicle users,

tradycyjne narzędzia dostarczać informacji o ruchu w czasie rzeczywistym. Dane o trajektorii ruchu z uwzględnieniem współrzędnych pojazdów są niezwykle trudne do uzyskania (zwłaszcza kiedy istotnym czynnikiem jest czas). Współrzędne i znaczniki czasu potrzebne do obliczeń trajektorii można uzyskać właśnie za pomocą BSP wyposażonych w odpowiednie zintegrowane oprogramowanie. Drony wykazują niezmiernie szeroki obszar zastosowań w monitoringu ruchu drogowego, a do ich najistotniejszych zadań w zakresie operacyjności nad drogami powszechnie użytkowanymi zaliczamy:

- tworzenie dokładnych modeli wzajemnego położenia konstrukcji drogowych, zarówno w przestrzeni 3D, jak i w dziedzinie wizualizacji,
- prowadzenie szybkich i skutecznych analiz niezbędnych do tworzenia bezpiecznych i efektywnych środowisk drogowych,
- efektywne skanowanie drogi i skrzyżowania,
- przekazywanie szczegółowych informacji o drogach, co umożliwi planistom przeprowadzenie pełnej oceny istniejących rozwiązań i wybranie optymalnych rozwiązań, które zapewniają bezpieczeństwo i wygodę kierowcom,
- gromadzenie informacji o natężeniu ruchu, służących do dostosowania sygnałów świetlnych, zmiany tras lub innych działań zmierzających do optymalizacji ruchu drogowego,
- śledzenie ruchu drogowego w czasie rzeczywistym z transferem danych do systemów kontroli ruchu drogowego,
- wsparcie innych systemów bezpieczeństwa drogowego, takich jak systemy alarmowe i kamery,
- bieżące wykrywanie przeszkód na drogach, ostrzeżenie o niebezpiecznych sytuacjach i łamaniu przepisów (objazdy, niedozwolone parkowanie, nielegalny handel),
- zliczanie ruchu obrotowego, badanie prędkości,
- zastosowanie w pracach policji jako metoda dochodzenia, co znacznie poprawia skuteczność i precyzję badań na miejscu wypadku, skraca czas prac.

Drony umożliwiają inteligentny, autonomiczny i metodyczny przepływ pracy, dzięki czemu dodatkowo w razie wypadku osoby udzielające pierwszej pomocy na miejscu zdarzenia mogą skupić uwagę na zarządzaniu kryzysowym i przekierowaniu ruchu.

W Tallahassee na Florydzie zbadano bezpieczeństwo ruchu drogowego na skrzyżowaniu bez sygnalizacji świetlnej [13]. Obszar badań został przedstawiony na Rys. 1.

Na podstawie nagrań z dronów opracowano algorytm wyznaczania prędkości; po analizie prędkości stwierdzono, że skrzyżowanie działa ograniczoną przepustowością. Ponadto wyniki

- collection of information on traffic volume for adjustment of traffic light cycle lengths, introduction of detours and other actions aimed at traffic optimization,
- real-time tracking of traffic, with transfer of data to traffic control systems,
- support of other road safety systems, such as alarm systems and cameras,
- ongoing detection of obstacles on roads, warning about hazardous situations and violations (detours, parking violations, illegal trading),
- vehicle counting, speed analyses,
- use in police activities as an investigation method, considerably improving the efficiency and precision of accident scene investigation.

Drones enable intelligent, autonomous and methodic workflow; therefore, personnel providing emergency help on site may focus on crisis management and traffic control.

Road safety at an unsignalized intersection was studied in Tallahassee, Florida [13]. The analyzed area is shown in Fig. 1.

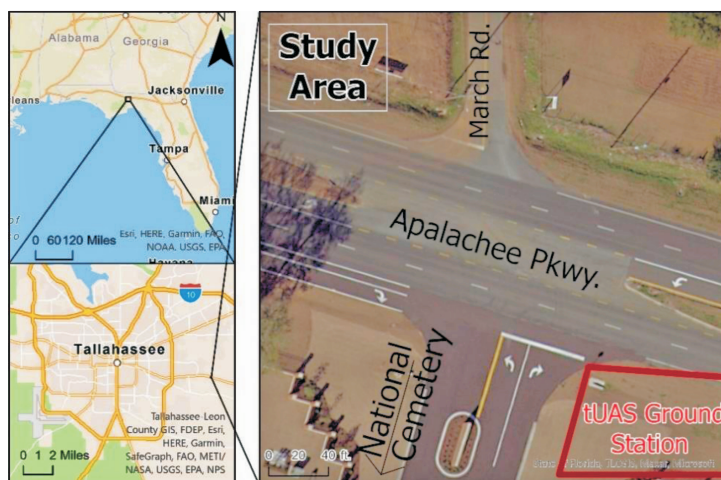


Fig. 1. Area studied in Tallahassee, Florida [13]

Rys. 1. Obszar badań w Tallahassee na Florydzie [13]

An algorithm was developed for speed calculations based on recordings from drones; speed analyses indicated that the intersection functioned below capacity. The results also indicated that the through movement traffic tended to slow down as it approached the intersection, while south-bound right and east-bound left-turning vehicles increased their speeds as they made a turn. The drone data collection was 100% accurate in traffic movement counting and 96% accurate in traffic movement classification.

wykazały, że ruch w relacjach na wprost ma tendencję do spowalniania podczas dojeżdżania do skrzyżowania, podczas gdy w relacji prawoskrętnej w kierunku południowym oraz relacji lewoskrętnej w kierunku wschodnim dochodzi do wzrostu prędkości podczas manewru skrętu. Stwierdzono, że gromadzenie danych przez drona było dokładne w 100% w przypadku zliczania ruchu oraz w 96% w klasyfikacji ruchu drogowego. Poziomy dokładności był wystarczający w porównaniu z innymi zaawansowanymi metodami gromadzenia danych o ruchu.

Ze względu na wymaganą stałą rejestrację wideo w tym eksperymencie preferowano drona, który ma fizyczne połączenie kablowe z jednostką naziemną, co umożliwiło przedłużenie okresu nieprzerwanej rejestracji. Dron na uwięzi mógł latać przez 2 godziny i 30 minut, przed upływem tego czasu sprzęt był wymieniany, umożliwiając tym samym operowanie na potrzeby badania przez kolejne 2,5 godziny. Ze względu na ograniczenia wynikające z fizycznego połączenia kablowego, maksymalna wysokość pracy drona utrzymywana była pomiędzy 100 a 120 stóp. Ponadto nie prowadzono żadnych działań w przypadku przekroczenia krytycznej prędkości wiatru 20 węzłów ze względu na dodatkowe siły oddziałujące na drona poprzez kołyszący się kabel.

Kolejnym przykładem skutecznego wykorzystania BSP było kompleksowe wdrożenie technologii bezałogowej do rekonstrukcji wypadków drogowych dla policji w Shenzhen w Chinach (Rys. 2) przez chińskie firmy Shenzhen Keehang i DJI. Dzięki zastosowaniu dronów funkcjonariusze są w stanie prowadzić dochodzenia z niespotykaną wcześniej szybkością i wydajnością. Szczegółowa mapa lub model miejsca zdarzenia mogą być automatycznie generowane około 15 minut po przybyciu policji na miejsce zdarzenia; co więcej, do wykonania wszystkich niezbędnych prac związanych z mapowaniem wystarczy jeden policjant z dronem. Tym samym możliwe jest przydzielanie zasobów z większą wydajnością i skrócenie czasu reakcji we wszystkich obszarach miasta.

Sytuacja na miejscu wypadku drogowego jest niebezpieczna i zmienia się dynamicznie. Dla policjantów prowadzących dochodzenie na miejscu zdarzenia samo wykonywanie pomiarów ręcznych wiąże się ze stwarzaniem dodatkowego zagrożenia. Funkcjonariusze muszą spędzić w miejscu wypadku co najmniej godzinę, a powstające w pobliżu korki mogą w każdej chwili doprowadzić do kolejnego wypadku. Może to zagrażać bezpieczeństwu policjantów i innych uczestników ruchu drogowego.

The level of accuracy was sufficient compared to other advanced traffic data collection methods.

Due to the need for continuous registration of footage, a tethered drone (with cable connection between a ground unit and the aircraft) was preferred in the study, enabling longer registration without interruptions. The tethered drone could fly for 2 hours and 30 minutes until the batteries in the ground supply needed replacement; then it could go up in the air for another 2.5 hours. Due to the tether cable restrictions, the maximum altitude was kept between 100 ft and 120 ft. In addition, no operation was conducted when wind speed exceeded 20 knots due to the extra pulling force from the swinging cable.

Another example of effective use of UAVs was the comprehensive introduction of unmanned technology for reconstruction of road accidents in Shenzhen, China (Fig. 2). Implemented by Chinese companies Shenzhen Keehang and DJI, the system enables the police to conduct on-site investigations with greater speed and efficiency. A detailed map or model of the crash scene may be automatically generated within 15 minutes of the arrival of the police. Moreover, all the necessary mapping tasks may be performed by a single policeman with a drone. Therefore, resources may be assigned with greater effectiveness and response time may be shortened across the entire city.



Fig. 2. Reconstruction of road accidents using drones, Shenzhen [14]

Rys. 2. Rekonstrukcja wypadków drogowych za pomocą dronów, Shenzhen [14]

Situation at a road accident scene is hazardous and changes dynamically. For policemen involved in on-site investigation, even performance of manual measurements generates additional threat. Police officers have to spend at least one hour at the scene, while vehicle queues forming around may result in another accident. This may affect the safety of policemen and other road users.

4. ŚWIADOMOŚĆ PRAWNA W ZAKRESIE UŻYTKOWANIA BSP – PRZEGLĄD LITERATURY

Analizując aspekt właściwego postrzegania szans i zagrożeń płynących z wykorzystania dronów (w tym w sytuacjach zabezpieczających poprawny ruch drogowy), należy zbadać społeczny poziom świadomości odpowiedzialności karnej wynikającej z niewłaściwego stosowania BSP.

Świadomość społeczna to idee, wyobrażenia i wiedza ludzi o świecie społecznym, przyrodniczym, o sobie i o innych. Typowymi rodzajami świadomości społecznej są teorie nauk przyrodniczych i humanistycznych, doktryny i wyobrażenia ekonomiczne, polityczne, prawne, moralne, obyczajowe, magiczne i religijne, artystyczne i filozoficzne. Świadomość to charakterystyczna dla człowieka zdolność poznawania i oceny siebie i otoczenia, zdawanie sobie sprawy z czegoś, wspólne dla określonej grupy ludzi poglądy i cele. Świadomość pozwala wybierać informacje, które są dla człowieka najważniejsze. Gdyby nie ona, człowiek zagubiłby się w nadmiarze bodźców, które codziennie docierają do jego mózgu [15].

Przedmiotem świadomości społecznej nie jest zbiór jakichś martwych i bezmyślnych rzeczy lub istot, lecz świat społeczny, którego trzon stanowią zależności i oddziaływania wzajemne między myślącymi i działającymi rozumnie jednostkami ludzkimi. Człowiek świadomy bierze odpowiedzialność za to, co myśli, mówi i robi – sytuacja ta powinna być przyjętym standardem. Niestety, rzeczywistość niekiedy weryfikuje ten ideał, a odchylenia w zakresie ludzkich zachowań i przekroczenia dozwolonych granic mogą rodzić niebezpieczne skutki dla innych użytkowników przestrzeni powietrznej. Czynniki ludzki bowiem bywa najtrudniejszy do przewidzenia.

Działanie człowieka uznawane jest za jeden z głównych czynników bezpieczeństwa lotnictwa; ma wpływ na wystąpienie ok. 75% wypadków w lotnictwie. W związku z tym problematyka czynnika ludzkiego niewątpliwie powinna być wciąż analizowana w ramach współpracy przedstawicieli dyscyplin takich jak: psychologia, socjologia, ergonomia, statystyka, medycyna, biologia czy fizjologia. Badania specjalistów i współpraca interdyscyplinarna przynosiły jak dotąd wymierne korzyści w zakresie poprawy bezpieczeństwa lotniczego [16]. Czynniki ludzki w lotnictwie to zasadniczo determinanty określonych zachowań człowieka w reakcji na środowisko, w jakim się znajduje [17]. Na uwagę zasługuje również pojęcie ergonomii. Brytyjski badacz Stephen Pheasant nazwał ją „nauką stosowaną, w której zarówno dane, jak i metody badawcze skoncentrowane są na człowieku i tak formułowane, aby można było ich użyć w projektowaniu”. Pomimo braku wyraźnego rozgraniczenia w literaturze pomiędzy *human factor* a ergonomią, czynniki ludzki

4. LEGAL AWARENESS IN THE FIELD OF UAS OPERATION – LITERATURE REVIEW

Analyzing the aspect of adequate perception of opportunities and threats related to drone usage (including support of safe road traffic), it is necessary to study the degree of awareness of the public to criminal responsibility that may rise from improper use of UAVs.

Social awareness comprises ideas, notions and knowledge on the society, nature, ourselves and other people. Standard types of social awareness include theories of natural and human science as well as doctrines and notions encompassing economy, politics, law, morals, customs, magic, religion, arts and philosophy. Awareness is a characteristically human ability to know and evaluate oneself and the environment, realize certain notions, including views and aims common in a certain group of people. Awareness enables one to select information that is most important. Without awareness, one would be lost in the excess of stimuli reaching one's brain every day [15].

The subject of social awareness is not a set of dead or mindless objects or creatures, but rather the social world, whose core comprises relationships and interactions between thinking and rational human beings. A conscious human should take responsibility for his thoughts, words and actions - this situation should be the general standard. Unfortunately, reality often verifies this ideal; peculiarities of human behavior and violations of acceptable limits may result in dangerous effects for other airspace users. The human factor is often the most difficult to predict.

Human actions are considered one of the primary factors in aviation safety; they affect the occurrence of about 75% accidents in aviation. Therefore, the problem of human factor should still be analyzed collaboratively by experts in the fields such as psychology, sociology, ergonomics, statistics, medicine, biology and physiology. Specialist research and interdisciplinary cooperation have so far provided considerable advances in aviation safety [16]. In principle, human factor in aviation encompasses determinants of human behavior in reaction to the environment [17]. Ergonomics also deserve considerable attention. British researcher Stephen Pheasant called ergonomics “applied science in which both the data and research methods are focused on human being and formulated in such a manner as to be used in design”. Despite the lack of a distinct division between human factor and ergonomics in the literature, the former term is associated with psycho-physical properties of an individual, while the latter term refers

jest określeniem związanym z właściwościami psychofizycznymi jednostki, ergonomia natomiast nawiązuje do relacji zachodzących pomiędzy człowiekiem a otoczeniem technicznym. Niemniej jednak, zakresy definicyjne w dużej mierze pokrywają się. *Human factor* w odniesieniu do lotnictwa definiowany jest jako nieadekwatne działanie lub zaniechanie człowieka skutkujące popełnieniem błędu.

Analiza wyżej opisanych zagadnień prowadzi do konkretnego wniosku, iż niewłaściwe działania operatorów BSP nie zawsze podyktowane są celowym zamiarem, wolą spowodowania szkody. Czasami nieodpowiednie oszacowanie sytuacji czy deficyty wiedzy oraz doświadczenia powodują niezamierzone incydenty lotnicze. Odpowiedzialność użytkowników BSP jest ściśle regulowana przez prawo oraz określone dopuszczenia w zależności od poziomu uprawnień. Rozwój prawodawstwa w tej materii to proces ciągłej ewolucji, mający na celu uwzględnienie realnych bieżących wymagań bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej. To proces stałego monitoringu, kontroli sytuacji niebezpiecznych (w tym ich rodzaju i skali) oraz analizy i szacowania ryzyka w taki sposób, aby reakcja na ryzyko umożliwiła zapobieganie wypadkom w przestrzeni powietrznej. Instytucje lotnicze niezmiennie starają się ułatwić operatorom pozyskiwanie wiedzy oraz zapewnić dostęp do przepisów prawnych. Zarówno na stronie Urzędu Lotnictwa Cywilnego (ULC) jak i Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA) znajdziemy wszelkie niezbędne informacje. Aby ułatwić operatorom przyswojenie wiedzy, EASA opublikowała zasady i procedury eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych w ujednoliconym, łatwym do odczytania formacie, z zaawansowanymi funkcjami nawigacji poprzez linki i zakładki. „Zasady łatwego dostępu do systemów bezzałogowych statków powietrznych”, o których mowa, obejmują podstawy regulacyjne, tj. rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 [18] oraz powiązane wytyczne i wymagania względem użytkownika, a także rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2019/945 [19] oraz wytyczne prezesa ULC [20] w sprawie bezzałogowych systemów powietrznych i operatorów bezzałogowych systemów powietrznych z państw trzecich.

Ponadto pilot drona jest zobligowany do przestrzegania norm kodeksu karnego – art. 156 i 157 k.k. (sytuacja, gdy w następstwie lotu dojdzie do ciężkiego uszczerbku na zdrowiu) [21]. W przypadku przepisów dotyczących bezpieczeństwa w komunikacji powietrznej obowiązują go w szczególności przepisy art. 173 i 174 k.k. – dotyczą one kolejno spowodowania katastrofy w ruchu lądowym, wodnym lub powietrznym oraz spowodowania bezpośredniego niebezpieczeństwa takiej katastrofy.

to relationships between an individual and his technical surroundings. Nevertheless, the ranges of the definitions overlap to a considerable degree. Human factor in aviation is defined as inadequate action or omission resulting in error.

Analysis of the above questions leads to a concrete conclusion that improper actions of UAV operators are not always premeditated and based on disruptive intent. Sometimes aviation incidents occur due to inadequate judgment of situation or lack of knowledge or experience. The responsibility of UAV users is strictly determined by law and specific authorizations based on the level of competences. Legislation in this matter is constantly evolving in order to reflect actual and current airspace safety requirements. They include ongoing monitoring, control over dangerous situations (encompassing their type and scale), analyses and risk evaluation, so that response to the risks enables avoidance of accidents. Aviation institutions continuously endeavor to facilitate education and provide current regulations to operators. Both the Civil Aviation Authority (CAA) and the European Union Aviation Safety Agency (EASA) provide all the necessary information. In order to make learning easier for the operators, EASA published the rules and procedures of UAV usage in a uniform, readable format, with advanced navigation using links and bookmarks. “Easy Access Rules for Unmanned Aerial Systems” incorporate the regulatory basis, i.e. the Commission Implementing Regulation (UE) 2019/947 [18] and associated guidelines and requirements, as well as Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 [19] and guidelines of the CAA Director [20] concerning UAS and operators from third countries.

Moreover, UAV pilot is bound by the norms of the penal code – articles 156 and 157 (situation in which flight causes grievous bodily harm) [21]. In the context of aerial transportation, the provisions of articles 173 and 174 of the penal code are also of particular importance. They pertain to causing a catastrophe in land, water and aerial traffic, or bringing immediate danger of such a catastrophe.

A catalog of norms of potential crimes that may be committed by drone users has also been given in the provisions of articles 211 and 212 of the Polish Aviation Law Act [22]. For example, according to article 211, section 1, item 1 of the Aviation Law Act, an UAV operator using a drone lacking the required operational capacity or non-compliant with limitations determined in the airworthiness certificate is punishable by fine, restriction of liberty or imprisonment up to one year. Article 212 pertains to the responsibility of an UAV pilot who, during drone operation, crosses the

Katalog norm dotyczący potencjalnych przestępstw użytkowników dronów został określony również w przepisach art. 211 i 212 ustawy Prawo lotnicze [22]. Przykładowo, zgodnie z przepisem art. 211 ust. 1 pkt 1 Ustawy, karze grzywny, ograniczenia wolności lub pozbawienia wolności do roku podlegać będzie operator BSP, który odbywa lot przy użyciu drona, który nie posiada wymaganej zdatności do lotów lub niezgodnie z ograniczeniami określonymi w świadectwie zdatności do lotów.

Z kolei przepisy art. 212 regulują odpowiedzialność pilota BSP m.in. w przypadku, gdy wykonując lot, przekroczy on granicę państwową bez wymaganego zezwolenia lub z naruszeniem ustalonych w nim warunków (art. 212 ust. 1 pkt 1 lit. b), bądź naruszy przepisy dotyczące ruchu lotniczego obowiązujące w obszarze, w którym lot się odbywa (art. 212 ust. 1 pkt 1 lit. a). W tym miejscu warto podkreślić, że wskazane wyżej normy prawa karnego nie wyczerpują katalogu przepisów warunkujących zasady wykonywania lotów BSP.

Z powyższego wynika, iż odpowiedzialność związana ze zdalnym kierowaniem obiektami poruszającymi się w powietrzu jest duża, określona konkretnymi normami prawnymi, a co za tym idzie, żadne wykryte przewinienie nie zostanie zwolnione z konsekwencji karnych. Sprawa świadomości prawnej i karnej jest zatem kluczowa w szkoleniu kolejnych operatorów, powinna stanowić element programu szkolenia i treningów, być przypominana podczas rezerwacji przestrzeni powietrznej oraz pojawiać się w spotach promocyjnych. Kwestia ta została zbadana w sposób praktyczny z wykorzystaniem ankiety weryfikującej znajomość przepisów prawnych oraz świadomość odpowiedzialności karnej wynikającej z użytkowania bezzałogowych statków powietrznych.

5. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ EMPIRYCZNYCH

Ankieta licząca 7 pytań właściwych oraz 6 pytań metryczkowych została przeprowadzona w 2023 roku. W badaniu wzięła udział grupa badawcza złożona z 30 osób.

W skład badanych wchodziłi reprezentanci takich instytucji jak: Ministerstwo Infrastruktury, Policja, Dron House S.A., Zarząd Dróg Wojewódzkich, Siły Zbrojne, Państwowa Straż Pożarna, czy inne służby ratownicze biorące udział w zarządzaniu kryzysowym na szczeblu województwa i powiatu. Ponadto w badaniu brały udział osoby praktykujące loty dronem, jak również te, które dopiero zamierzały podjąć szkolenie na operatora.

Wyniki przeprowadzonej ankiety ujawniły społeczne postrzeganie kwestii nabywania uprawnień przez operatorów bezzałogowych statków powietrznych oraz znajomość sankcji karnych spowodowanych niewłaściwym wykorzystaniem BSP.

state border without the required permit or with violation of the conditions given in an issued permit (article 212, section 1, item 1, letter b), or violates aviation traffic regulations effective in the area of flight (article 212, section 1, item 1, letter a). One should bear in mind that the above-mentioned penal norms are not an exhaustive catalog of regulations pertaining to UAV operation in Poland.

Therefore, responsibility associated with remote operation of aerial vehicles is considerable, as defined by concrete norms of law; logically, none of the detected violations will be exempt from penal consequences. Legal and criminal responsibility is a key problem in training of future operators; it should comprise an element of the training curriculum, active operators should be reminded about their responsibility during airspace reservation and in promotional spots. This question was studied practically in the survey that verified the knowledge of regulations and awareness of the criminal responsibility resulting from using unmanned aerial vehicles.

5. THE RESULTS OF OWN EMPIRICAL RESEARCH

The 2023 survey consisted of 7 principal questions and 6 demographics/metrics questions. The survey group comprised 30 people, including representatives of such institutions as the Ministry of Infrastructure, the Police, Dron House S.A., Regional Road Administration, the Armed Forces, State Fire Service and other emergency services taking part in crisis management on the level of region (voivodeship) and district (powiat). The survey also included active drone operators and people planning to become drone operators.

The results of the survey provide insight into social perception of UAV operator qualifications and awareness of penal responsibility due to improper use of UAVs. The survey encompassed the issue of loss of control over drones in-flight, which may pose a considerable threat in any task aimed at improvement of road safety and road monitoring. The procedure of conduct in the case of uncontrolled “vanishing” of drones was defined on 1 September 2018. Since then, aviation incidents may be reported through the Central Reporting Database (www.cbz.gov.pl). In order to submit information on an occurrence/incident, one should run the DroneRadar application and select its appropriate function or contact Flight Information Service (FIS). An occurrence may be submitted anonymously. Collection of reports and analysis of aviation incidents leads to ongoing improvement of aviation safety.

W badaniu poruszono kwestię przepadania dronów, która niezaprzeczalnie może powodować poważne zagrożenie w ramach prac mających na celu m.in. poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego i monitoring tras. Aspekt procedury postępowania w przypadku niekontrolowanej „ucieczki” drona został określony 1 września 2018 r. Od tego czasu możliwe jest zgłaszanie zdarzeń lotniczych poprzez system Centralnej Bazy Zgłoszeń – CBZ (www.cbz.gov.pl). Celem przekazania informacji o zdarzeniu/incydencie służbom kontroli ruchu lotniczego, należy uruchomić aplikację DroneRadar, a następnie wybrać odpowiednią funkcję lub skontaktować się ze Służbą Informacji Powietrznej (FIS – *Flight Information Service*). Zdarzenie można zgłosić anonimowo. Gromadzenie zgłoszeń oraz analiza zdarzeń lotniczych prowadzą do stałego zwiększania bezpieczeństwa w lotnictwie.

Szczegółową analizę przeprowadzonego badania zaprezentowano poniżej w formie rysunków zawierających odpowiedzi na postawione kwestie problemowe. Zgodnie z danymi przedstawionymi na Rys. 3, jedynie 27% badanych (20% zdecydowanie tak, 7% raczej tak) stwierdziło, że użytkownicy dronów prywatnych rzetelnie wypełniają obowiązek rejestracji BSP.

Z danych widocznych na Rys. 4 wynika, że 35% badanych (16% zdecydowanie tak, 19% raczej tak) stwierdziło, że osoby planujące zakup drona zapoznają się z obowiązkami operatora drona, w ramach nadawanych uprawnień, zgodnie z przepisami europejskimi wprowadzonymi od 31 grudnia 2020.

Do you agree that people planning to purchase a drone acquaint themselves with the responsibilities of a drone operator with given category, according to European regulations introduced on December 2020?

Czy Pana/Pani zdaniem osoby planujące zakup drona zapoznają się z obowiązkami operatora drona w ramach nadawanych uprawnień określonymi przepisami europejskimi od dnia 30 grudnia 2020 r.?

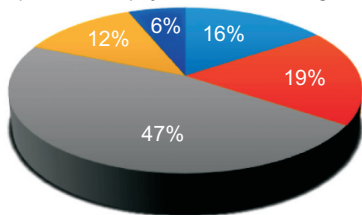


Fig. 4. Legal awareness – knowledge of operator responsibility, $n = 30$ (own survey)

Rys. 4. Świadomość przepisów prawa – zapoznanie z obowiązkami operatora, $n = 30$ (opracowanie własne)

Zgodnie z danymi zaprezentowanymi na Rys. 5, 23% badanych (10% zdecydowanie tak, 13% częściowo tak) stwierdziło, że znane są im sankcje karne za naruszenie norm

A detailed analysis of the survey is given below. It includes figures that present the percentage of responses to individual questions. According to data given in Fig. 3, only 27% of the surveyed group (20% strongly agree, 7% somewhat agree) agreed that users of private drones adequately fulfil the requirement of mandatory UAV operator registration.

Do you agree with the following: “Users of private drones adequately fulfil the requirement of mandatory UAV operator registration in accordance with regulations?”
Czy Pana/Pani zdaniem użytkownicy dronów prywatnych rzetelnie wypełniają obowiązek rejestracyjny?

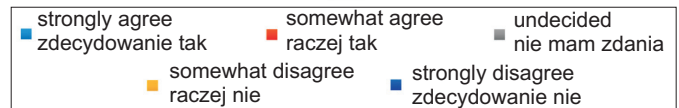
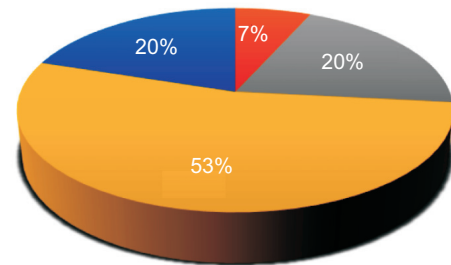


Fig. 3. Legal awareness — mandatory operator registration, $n = 30$ (own survey)

Rys. 3. Świadomość przepisów prawa – obowiązek rejestracji operatora, $n = 30$ (opracowanie własne)

Data shown in Fig. 4. indicates that 35% of the surveyed group (16% strongly agree, 19% somewhat agree) agree that people planning to purchase a drone acquaint themselves with the responsibilities of a drone operator with given category, according to European regulations introduced on 31 December 2020.

According to data presented in Fig. 5, 23% of the surveyed group (10% strongly agree, 13% somewhat agree) claim that they are aware of legal consequences for violations resulting from improper activity of UAV operator, as determined by articles 211 and 212 of the Aviation Law Act and by the provisions of the penal code.

68% of the surveyed group (49% strongly disagree, 19% somewhat disagree) does not know the procedure of reporting vanished or crashed drones through DroneRadar app or direct contact with Flight Information Service (Fig. 6).

w wyniku niepoprawnej działalności operatora bezzałogowego statku powietrznego wynikające z art. 211 i art. 212 ustawy Prawo lotnicze oraz przepisów zawartych w K.K.

Are you aware of legal consequences for violations resulting from improper activity of UAV operator, as determined by articles 211 and 212 of the Aviation Law Act and by the provisions of the code?

Czy znane są Panu/Pani obowiązujące sankcje karne za naruszenie norm w wyniku niepoprawnej działalności operatora bezzałogowego statku powietrznego wynikające z art. 211 i 212 ustawy Prawo Lotnicze oraz przepisów zawartych w Kodeksie Karnym

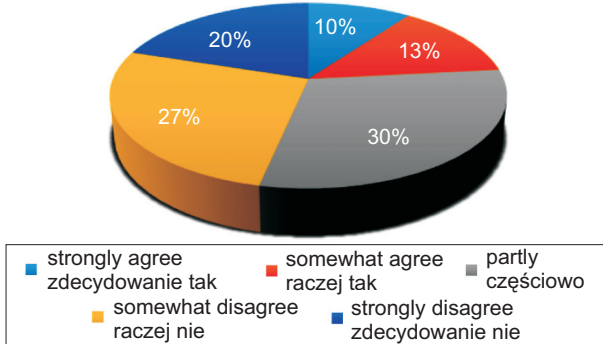


Fig. 5. Legal awareness – knowledge of penal consequences, $n = 30$ (own survey)

Rys. 5. Świadomość przepisów prawa – znajomość sankcji karnych, $n = 30$ (opracowanie własne)

94% badanych (67% zdecydowanie tak, 27% raczej tak) stwierdziło, że nieznanie i nieprzestrzeganie przepisów prawnych oraz obowiązków przez operatora drona może stanowić problem w kontekście stale zwiększającej się operacyjności dronów w przestrzeni powietrznej (Rys. 7).

Wyniki sondażu wskazują, że poziom zaufania społecznego do użytkowników dronów jest w pewnym stopniu ograniczony. Ankietowani wskazują, iż nie mają pewności co do rzetelnej rejestracji użytkowników BSP czy znajomości sankcji karnych wynikających z niepoprawnego zastosowania technologii bezzałogowej. Wyniki pytania o uprawnienia i posiadanie drona zaprezentowano na Rys. 8.

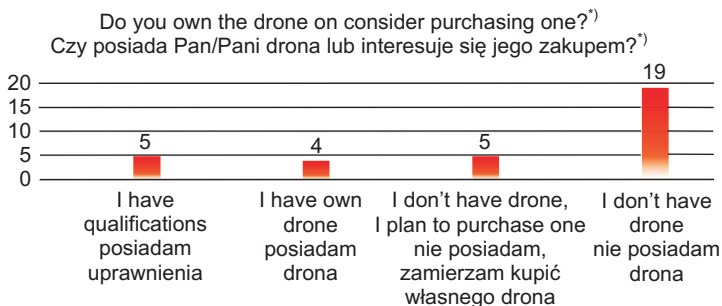


Fig. 8. Qualifications/drone ownership in the surveyed group, $n = 30$ (own survey, *) more than 1 answer was possible)

Rys. 8. Upewnienia/posiadanie drona wśród ankietowanych, $n = 30$ (opracowanie własne, *) ankietowani mogli wskazać więcej niż 1 odpowiedź)

Do you know the procedure of reporting vanished of crashed drones through DroneRadar app of direct contact with Flight Information Service (FIS)?

Czy zna Pan/Pani procedurę zgłoszenia przez aplikację DroneRadar lub przez bezpośredni kontakt ze służbą Flight Information Service (FIS)?

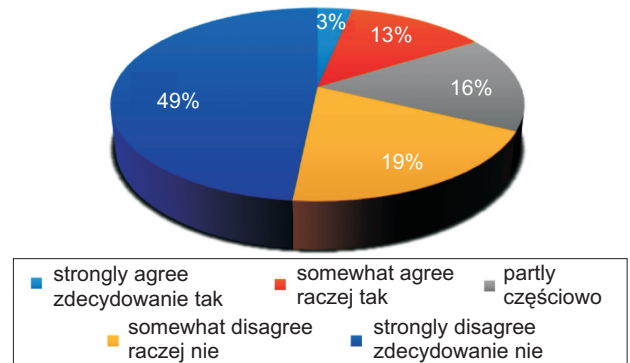


Fig. 6. Legal awareness – knowledge of the incident reporting procedure, $n = 30$ (own survey)

Rys. 6. Świadomość przepisów prawa – znajomość procedury zgłoszenia o zdarzeniu, $n = 30$ (opracowanie własne)

94% of the surveyed group (67% strongly agree, 27% somewhat agree) agrees that lack of knowledge of regulations or lack of adherence to regulations may pose a problem in the context of growing number of drone operations in the airspace (Fig. 7).

Do you agree with the following lack of knowledge of regulations or lack adherence to regulations may pose a problem in the context of growing number of drone operations in the airspace?

Czy Pana/Pani zdaniem nieznanie i nieprzestrzeganie przepisów prawnych oraz obowiązków operatora może stanowić problem w kontekście stale zwiększającej się operacyjności dronów w przestrzeni powietrznej?

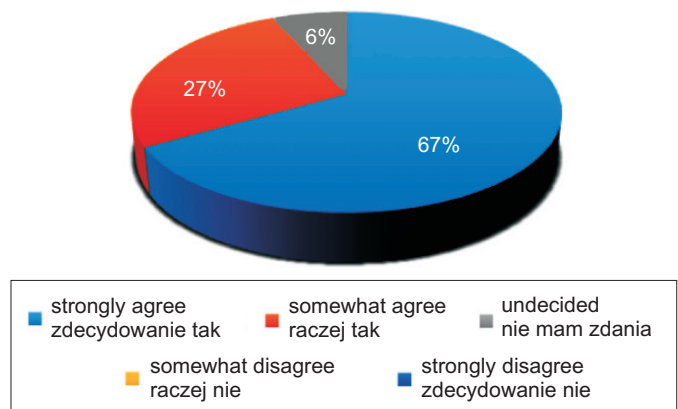


Fig. 7. Legal awareness – lack of knowledge of regulations, $n = 30$ (own survey)

Rys. 7. Świadomość przepisów prawa – problem nieznanie przepisów, $n = 30$ (opracowanie własne)

Survey results indicate that the degree of social trust in drone users is limited. The surveyed group indicated that they were

W sondażu deklarowano również problem naruszenia prywatności na przykładzie monitorowania posesji, bezprawnego zbierania materiału graficznego i wideo w wyniku lotów BSP z zamontowanymi systemami rejestracji obrazu. W przypadku sankcji karnych obowiązujących za naruszenie norm w wyniku niepoprawnej działalności operatora bezzałogowego statku powietrznego (art. 211 i art. 212 ustawy Prawo lotnicze) oraz przepisów zawartych w Kodeksie Karnym, ankietowani stwierdzili, iż nie jest to prawo powszechnie znane społeczeństwu. Według badanych nieświadomość zagadnienia może powodować utrudnienia w odpowiedzialnym operowaniu dronem i przestrzeganiu warunków lotu adekwatnych do posiadanych uprawnień. Badanie dowiodło, że prawo związane z BSP jest znane osobom, które wykorzystują drony zawodowo/specjalistycznie. Odsetek odpowiedzi świadczących o znajomości procedur i obostrzeń prawnych jest adekwatny do liczby ankietowanych posiadających uprawnienia oraz własny BSP.

Drony amatorskie traktowane są często jako zabawki operujące w powietrzu. Z obowiązkami operatora drona, przepisami europejskimi czy konsekwencjami karnymi związanymi z nieprawidłowym użytkowaniem technologii bezzałogowej ankietowani z reguły zamierzają się zapoznać dopiero po ewentualnym nabyciu drona. Notabene w instrukcjach tychże urządzeń praktycznie nie ma ostrzeżeń o możliwości stworzenia zagrożenia. Implementacja klauzuli informacyjnej w postaci broszury czy chociażby informacji na opakowaniach byłaby pozytywnym zjawiskiem wpływającym na świadomość i wyobraźnię.

Ponadto na podstawie badania stwierdzono, iż ankietowani najczęściej czerpią wiedzę na temat kwestii bezpieczeństwa i obronności korzystając z Internetu. Na drugim miejscu wskazywano natomiast pozyskiwanie informacji z czasopism naukowych. Najmniejszy udział w pozyskiwaniu rzetelnych informacji we wskazanym obszarze mają prasa codzienna oraz programy telewizyjne (w tym przypadku nikt nie zaznaczył odpowiedzi „zawsze” w odniesieniu do częstotliwości poszukiwania adekwatnej informacji). Ankietowani dodatkowo wskazali źródła informacji takie jak profile działające na Twitterze, Facebooku czy Instagramie.

Jeżeli chodzi o kwestie promowania informacji dotyczących prawa lotniczego, bezpieczeństwa lotniczego oraz zagrożeń przepływu ruchu w przestrzeni powietrznej w publicznych środkach przekazu respondenci stwierdzili, że skupiają się one przede wszystkim na zagadnieniach bezpieczeństwa narodowego i obronności kraju – to główne obszary, którym uwagę poświęcają mass media w odniesieniu do tematyki użycia BSP, ze wskazaniem szans i zagrożeń [23] temu towarzyszących (w tym również wskazanie wykorzystania taktycznego oraz jako środków pola walki).

not certain of adequate registration or legal awareness of UAV users. The results of the question pertaining to qualifications/ownership are shown in Fig. 8.

The surveyed group also declared the problem of invasion of privacy, listing the examples of property surveillance, unauthorized collection of photographs and video footage from UAV flights with cameras. In the context of legal consequences for violations resulting from improper activity of UAV operator (articles 211 and 212 of the Aviation Law Act) and the provisions of the penal code, the surveyed group declared that the public is not aware of these regulations; this lack of awareness may hinder responsible operation and adherence to flight conditions specified adequately to the operator's qualifications. The survey indicated that people operating drones professionally or in specialized tasks are aware of the regulations on UAVs. The percentage of responses indicating knowledge of procedures and legal restrictions is adequate to the share of qualified operators / drone owners in the group.

Amateur drones are often treated as toys operating in air. Typically, the surveyed operators-to-be plan to acquaint themselves with operator responsibilities, European regulations and potential legal consequences only after purchasing a drone. Interestingly, drone manuals rarely contain any warnings about the possibility of creating hazards. Implementation of mandatory inclusion of safety brochures or, at least, warnings on packages, would have been a positive step towards shaping awareness and imagination of users.

Moreover, the survey indicated that the participants most often gather knowledge on safety and defense using the Internet. Scientific journals ranked second in frequency as a source of information. Daily press and television ranked the lowest as sources of reliable information in the analyzed field (in this case nobody marked the reply “always” in terms of frequency). Survey participants additionally mentioned information sources such as profiles on Twitter, Facebook or Instagram.

Survey participants stated that public media promote information on aviation law, aviation safety and threats to traffic flow in the airspace mostly in the context of national security and defense. These are the main fields that mass media focus on when mentioning UAVs, including the accompanying opportunities and threats [23] (and as tactical and battlefield resources).

The above responses indicate that the issues of safe usage of UAVs by the general public are still evolving; it is necessary to promote knowledge of regulations and penal

Z powyższego zestawienia odpowiedzi udzielonych przez respondentów wynika, iż zagadnienia bezpiecznego korzystania z BSP przez ogół społeczeństwa są dopiero fazie ewolucji. Przeprowadzona ocena wskazuje na potrzebę propagowania przepisów prawa oraz kwestii odpowiedzialności karnej (kierując postulat głównie do przyszłych operatorów-amatorów).

Dla porównania poniżej zestawiono wyniki badań uzyskane w ramach sondażu diagnostycznego przeprowadzonego rok wcześniej (w 2022 r.) – dane przedstawiono na Rys. 9. Badanie przeprowadzono na grupie związanej z lotnictwem oraz bezpośrednio z przemysłem dronowym. Grupę reprezentowali przedstawiciele Aviacom, Flymaker, Area Control Centre, Centrum Powiadamiania Ratunkowego oraz Inspektor Bezpieczeństwa Lotów Bazy Lotniczej. W badaniu uczestniczyło 10 ankietowanych. Ankietę realizowano w formie tradycyjnej, w przedziale czasowym maj-czerwiec 2022 r.

W odniesieniu do świadomości operatorów dronów aż 80% ankietowanych stwierdziło, iż możemy mieć do czynienia z osobami, które nie w pełni mogą zdawać sobie sprawę z zagrożeń w ruchu w przestrzeni powietrznej. Ankietowani stwierdzili, że w tym przypadku świadomość ryzyka może nie zapewniać akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa. Wynik ten, w połączeniu z tegorocznymi rezultatami badania pogłębianego w kwestii świadomości przepisów prawnych, świadczy o tym, iż aspekt odpowiedzialnego użytkownika staje się jedną z fundamentalnych podstaw utrzymania bezpieczeństwa lotnictwa w dobie dynamicznej ewolucji przemysłu bezzałogowego.

Rys. 10 prezentuje opinię dotyczącą systemu kontroli działalności dronów aktywnych w polskiej przestrzeni powietrznej. Większość badanych stwierdziła, że nie jest w stanie udzielić precyzyjnej odpowiedzi w kwestii skuteczności krajowego monitoringu zachowań operatorów. Pozostali natomiast zdecydowali, iż system kontroli działalności dronów aktywnych oraz egzekwowania kar za użycie BSP niezgodnie z przeznaczeniem w Polsce nie zabezpiecza w sposób właściwy przepływu ruchu lotniczego i bezpieczeństwa portów lotniczych.

Zważywszy na fakt, że w ogólnodostępnych sieciach oferujących elektronikę dostępne są amatorskie BSP operujące nie tylko w zasięgu wzroku, ale również poza nim (BVLOS), w cenach nie stanowiących bariery wejścia dla początkujących operatorów (Rys. 11), należałoby skorelować ilość sprzedawanych dronów ze świadomością nabywców.

responsibility (directing the message primarily at future amateur operators).

For the sake of comparison, the results of an earlier diagnostics survey (performed in 2022) are described below – and presented in Fig. 9. The survey was performed on a group associated with aviation and directly with the drone industry. The survey group included representatives of Aviacom, Flymaker, Area Control Centre, Emergency Centre and Aviation Safety Inspector. There were 10 participants in total. The survey was performed in a traditional format, in May-June 2022.

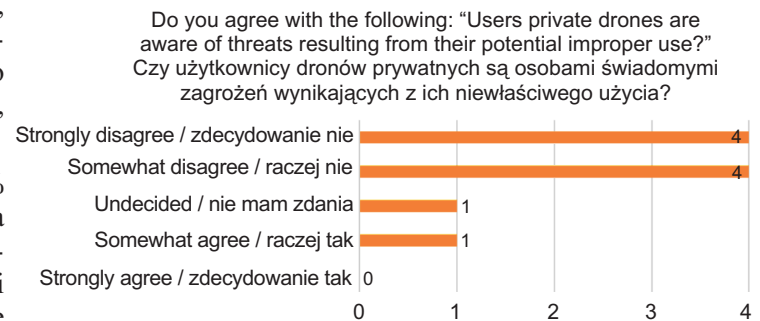


Fig. 9. UAV operator awareness, $n = 10$ (own survey)

Rys. 9. Świadomość operatorów BSP, $n = 10$ (opracowanie własne)

In terms of operator awareness, as much as 80% of participants stated that private drone operators may not be fully aware of threats in the airspace. The participants concluded that in this case awareness may be insufficient to guarantee acceptable safety level. This result, in combination with the presented results of a more in-depth survey, indicates that responsible drone usage becomes one of the fundamental issues of aviation safety in the age of dynamic evolution of the unmanned technology.

Fig. 10 presents opinions on the degree of control over operations of drones active in the Polish airspace. The majority of participants declared they could not give a precise answer on the effectiveness on the national monitoring of the actions of drone operators. The remaining participants declared that the system of control over active drones and penalties for improper UAV use in Poland does not ensure safety of air traffic and airports.

Due to the fact that consumer electronics stores widely offer amateur UAVs – operating both in the line of sight and beyond the line of sight (BVLOS) – at prices that do not pose a significant entry threshold for operators-to-be (Fig. 11), it seems advisable to correlate the number of drones sold with user awareness.

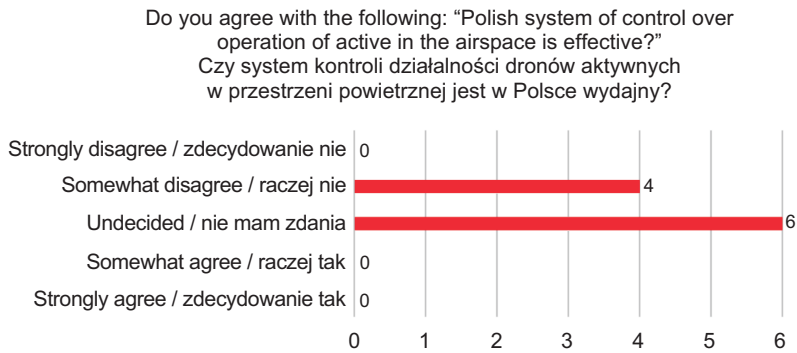


Fig. 10. System of control over operation of active drones, $n = 10$ (own survey)

Rys. 10. System kontroli dronów aktywnych, $n = 10$ (opracowanie własne)

Przedstawiony dron w wersji 2.0 to zdecydowanie urządzenie dla początkujących – z uwagi na osiągi, konstrukcję oraz zastosowaną technologię. Należy również podkreślić fakt, iż taki rodzaj konstrukcji bywa niekiedy najbardziej problematyczny w obsłudze z uwagi na sterowanie. Doświadczenie pokazuje, że aplikacja się zawiesza i potrafi być mało intuicyjna (co w przypadku bardziej zaawansowanych technologicznie dronów znanych producentów raczej się nie zdarza). Test powyższego „zabawkowego” drona wykazał małą skuteczność trymowania – przycisk trymu nie spełniał swojej funkcji. Zabawka wzniesiona w powietrze często zostaje zniesiona (masa urządzenia wynosi 140 gram); pomocne okazuje się głównie kontrowanie poprzez wychylenie gałki analogowej. Urządzenie operuje w zasięgu 100 m z prędkością 3 m/s, zatem nie jest w stanie spowodować zagrożenia, o ile nie dokonujemy wlotu w strefy niedozwolone.

W tym kontekście interesującym przypadkiem jest teren pozwalający na start i lądowanie za zgodą posiadacza nieruchomości. Mamy wówczas do czynienia z lądowiskiem nieewidencjonowanym, bez konieczności spełnienia dodatkowych formalności, z zastrzeżeniem, że manewry można wykonać przez nie więcej niż 14 dni w ciągu 12 miesięcy. Zgoda posiadacza nieruchomości na wykonanie operacji lotniczej została uregulowana w art. 93 ust. 6 Prawa Lotniczego. Trzeba podkreślić, iż w tej opcji nie ma znaczenia liczba operacji, a wspomniana nieprzekraczalna ilość dni. Nie należy mylić również opisanej sytuacji z warunkami dla „terenu przygodnego”. Przykładem odpowiedzialnego rozwiązania wymienionych kwestii jest lądowisko trawiaste właściciela posesji w Gałkowie (północno-wschodnia Polska) z terenem nieewidencjonowanym w strukturze polskiej przestrzeni powietrznej (Rys. 12 i Rys. 13).



Fig. 11. Drone in a Polish consumer electronics store (photo K. Bolz)

Rys. 11. Dron w polskiej sieci detalicznej oferującej elektronikę użytkową (fot. K. Bolz)

The presented drone in version 2.0 is definitely meant for beginner users – taking into account its performance, construction and technology used. Importantly, such products are often most problematic in terms of usage and control. Experience shows that the accompanying application crashes and may be counter-intuitive (which is rarely the case with more advanced drones by recognized producers). Tests of the presented “toy drone” indicated limited trimming effectiveness – the trimming button did not perform its function. When the toy is airborne, it is often shifted sideways by the wind (its mass is 140 g); the main solution to this problem consisted in manual countering with the analog joystick. The device operates within the range of 100 m at the speed of 3 m/s; therefore, it will not pose a threat unless the operator flies it over a restricted area.

An interesting case in this context is a plot of private land where take-off and landing are allowed based on permission of the property owner. It is a case of an “unregistered landing field”, which does not require additional formalities, on condition that aerial operations are performed on no more than 14 days per 12 months. Permission of property owner for aviation operations is regulated by article 93, item 6 of the Aviation Law Act. It is noteworthy that in this case the number of operations is insignificant; it is the number of days that matters. This situation is not to be confused with conditions pertaining to “outlandings”. An example of a responsible solution of the question of property unregistered in the structure of the Polish airspace is a private grass landing strip in Gałkovo (north-eastern Poland) shown in Figs 12 and 13.



Fig. 12. Prohibitory sign on a grass landing strip in Gałkowo (photo K. Bolz)

Rys. 12. Znak zakazu na lądowisku trawiastym w Gałkowie (fot. K. Bolz)

6. PROPONOWANE ŚRODKI ZARADCZE

Dla niezakłóconego ruchu w przestrzeni powietrznej, mającego pośredni wpływ na bezpieczeństwo misji utrzymania poprawnego ruchu drogowego, znaczenie ma przede wszystkim znajomość prawa i zasad, ich przestrzeganie oraz zdrowy rozsądek. Samo przeznaczenie dronów oraz fakt ich zastosowania nie jest zagrożeniem – wręcz przeciwnie. Istnieje bowiem bardzo wiele zastosowań BSP użytecznych społecznie.

Co istotne dla BRD w warunkach krajowych, konsorcjum ZDG TOR, SkySnap oraz Politechniki Krakowskiej opracowuje kompleksowy system bazujący na danych zbieranych przez drony oraz sztuczną inteligencję. Podstawą rozwiązania będzie identyfikacja ruchu drogowego w oparciu o obraz otrzymany z kamer zainstalowanych na dronach z dokładnym pozycjonowaniem RTK⁵⁾, co bezpośrednio przełoży się na jakość pomiarów. Użycie kamer o wysokiej rozdzielczości pozwoli uzyskać wysoką precyzję obserwacji uczestników ruchu drogowego, a przede wszystkim umożliwi ich identyfikację i lokalizację ze stałym krokiem czasowym. To z kolei pozwoli ocenić trajektorię ruchu – efektem będzie oszacowanie prędkości pojazdów i niechronionych użytkowników dróg, kolejek na skrzyżowaniach, natężenia ruchu, odstępów między pojazdami itp. Ponadto możliwa będzie ocena kolizyjnych trajektorii

⁵⁾ W technice RTK(ang. *Real-time kinematic*), poza kodowymi obserwacjami sygnału satelitarne, wykorzystywane są obserwacje fazowe. Odbiornik rejestruje dla każdego z sygnałów końcówkę (fazę) fali nośnej oraz zmianę liczby odłożeń pełnej długości fali (pełnych cykli fazowych) od momentu rozpoczęcia śledzenia satelity przez odbiornik (ΔNi).



Fig. 13. Grass landing strip in Gałkowo (photo K. Bolz)

Rys. 13. Lądowisko trawiaste, Gałkowo (fot. K. Bolz)

6. THE PROPOSED REMEDIAL MEASURES

Undisturbed air traffic – which indirectly affects the safety of the analyzed mission of road traffic improvement - depends primarily on knowledge of law and regulations, their application and common sense. Use of drones in the task does not pose a threat in itself – on the contrary, there are many socially beneficial applications of UAVs.

A consortium of ZDG TOR, SkySnap and Cracow University of Technology is developing a comprehensive system based on data collected by drones and artificial intelligence, which will be an important factor of road safety on the national level. The solution will employ traffic identification based on images obtained from cameras mounted on drones with precise RTK⁵⁾ positioning, which will improve the quality of measurements. Use of high-resolution cameras will provide high precision of observation of road users, enabling their identification and localization within constant time increments. This, in turn, will enable evaluation of their trajectories – providing data on speed of vehicles and vulnerable road users, length of queues at intersections, traffic volume, gaps between vehicles, etc. Assessment of potentially colliding trajectories will also be possible. Traffic analysis will be performed automatically in a web application, based on the registered images.

⁵⁾ In the RTK (Real-time kinematic) technology, apart from observation of the satellite signal, phase observations of its carrier wave are used. The receiver registers the phase of the carrier wave for each signal and the change in the number of full wavelengths (whole cycles) from the moment the receiver started tracking the satellite (ΔNi).

poruszania się uczestników ruchu. Analiza ruchu będzie realizowana automatycznie przez aplikację internetową w oparciu o wcześniej zarejestrowany obraz. Osoby korzystające z oprogramowania będą mogły wykorzystać własny obraz lub skorzystać z usługi jego rejestracji. System pozwoli również na ocenę efektywności wdrażanych środków poprawy BRD. W oparciu o modelowanie symulacyjne umożliwi monitorowanie i prognozowanie zmian w obszarze BRD, związanych ze zmianami infrastruktury i warunków drogowo-ruchowych.

Rozwiązanie jest kierowane przede wszystkim do zarządców dróg poziomu krajowego i wojewódzkiego oraz podmiotów zarządzających ruchem drogowym w miastach. Usługa będzie też znaczącym wsparciem dla działań podejmowanych przez policję i Inspekcję Transportu Drogowego. Ponadto na jej wprowadzeniu skorzystają firmy projektujące i utrzymujące infrastrukturę drogową, wzmacniające bezpieczeństwo ruchu i analizujące zagadnienia optymalizacji transportu drogowego. Projekt jest współfinansowany ze środków unijnych w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „Szybka Ścieżka”, a jego realizacja ma trwać do końca roku 2023.

Oprócz omówionych korzyści dla transportu drogowego znane są też przykłady zastosowań BSP do walki ze smogiem, transportu krwi, monitorowania lotnisk czy kontrolowania kompatybilności systemów. Drony to niezaprzeczalnie przyszłościowe narzędzia, których zastosowanie w wielu dziedzinach życia z biegiem czasu stanie się standardem. Pierwsze pomiary zanieczyszczeń powietrza z kominów z wykorzystaniem dronów dokonywały takie firmy jak FlyTech UAV, Novelty RPAS, a także Flytronic. Straż miejska zaczęła walczyć ze smogiem za pomocą bezzałogowców. Latające laboratoria wyposażono w mobilne stacje badania jakości powietrza. Standardowo straż miejska wysyła dron na inspekcję do wyłotu dymiącego komina, gdzie urządzenie analizuje próbkę dymu. Jeśli wykryje niedozwolone substancje, straż natychmiast otrzymuje zgłoszenie, czego efektem jest kara grzywny. PKP CARGO również rozpoczęło monitorowanie szlaków kolejowych bezzałogowcami wyposażonymi w kamerę, a do nocnego patrolowania torów – także w kamerę termowizyjną. Drony rejestrują obraz w pobliżu składów i przesyłają go w czasie rzeczywistym do siedziby zespołu operacyjnego. Dzięki temu, że zamontowane na nich kamery posiadają wysokiej jakości zoom optyczny, możliwe jest zdobycie materiału dowodowego, który pozwala policji zidentyfikować sprawców ewentualnych kradzieży [24].

W roku 2022 prezes Urzędu Lotnictwa Cywilnego wydał przełomową decyzję dotyczącą transportu próbek krwi, ustanawiając regularny transport dronowy ampułek z pobraną krwią. Transport za pomocą dronów jest niezależny od ruchu drogowego. LabAir zobowiązał się wykonywać regularne

Application users will be able to feed their own visual input into the application or to use an associated image registration service. The system will also enable evaluation of the introduced road safety measures. Based on simulation modeling, it will enable monitoring and forecasting of road safety changes resulting from changes in the infrastructure and traffic conditions.

This solution is directed primarily at road administrators at the national and regional level, as well as traffic managers in cities. The service will also be a major help in the actions taken by the Police and the Road Transport Inspection. Its introduction will also benefit companies that design and maintain road infrastructure, improve road safety and analyze the issues of road transport optimization. The project is co-funded from EU funds within the National Centre for Research and Development “Fast Track” competition; it is to be realized by the end of 2023.

Apart from the mentioned benefits for road transport, there are also known examples of UAV usage in battling smog, transporting blood, monitoring airfields and controlling system compatibility. Drones are unquestionably the tools of the future, whose usage in many aspects of daily life will gradually become a standard. First pollution measurements using drones were performed by such companies as FlyTech UAV, Novelty RPAS and Flytronic. City guards started fighting smog with unmanned vehicles. Flying laboratories are equipped with mobile air quality testing stations. Standard procedure consists in flying a drone over a smoking chimney and analyzing a sample of the smoke. If prohibited substances are detected, the City Guard is immediately informed and may issue a fine. The Polish rail freight operator PKP CARGO also introduced rail route monitoring using unmanned vehicles equipped with cameras, including thermal vision cameras for night patrols over railroad tracks. The drones register footage around train sets and pass it to the operational team in real time. Since the cameras mounted on drones have high-quality optical zoom, it is possible to collect evidence and support the police in identifying the perpetrators of any potential theft [24].

In 2022 the director of the Civil Aviation Authority issued a breakthrough decision on blood transport, establishing regular UAV transport of blood samples. Such transport is independent of road traffic. LabAir declared readiness to perform regular flights; the samples will be stored at a “controlled temperature”. The drones have passed inspections and test flights. The Polish Air Navigation Services Agency was also involved in the project. The next stage will consist in planning new routes. Examples are

codzienne loty, a próbki będą przechowywane w tzw. temperaturze kontrolowanej. Drony przeszły pozytywnie kontrolę i testowe loty. W prace nad przedsięwzięciem była zaangażowana również Polska Agencja Żeglugi Powietrznej. Następnym etapem jest planowanie kolejnych tras. Przykłady można mnożyć, ponieważ koncepcji zastosowań BSP jest wiele, a gałęzi przemysłu, do których docierają BSP, wciąż ewoluują.

Obecność BSP oraz bezzałogowych platform w przestrzeni jest nowym zagadnieniem, a przede wszystkim wyzwaniem dla pilotów lotnictwa żałogowego i dla kontrolerów odpowiedzialnych za separację między samolotami [17]. Rosnąca liczba operacji dronów zmusza do dodatkowej pracy instytucje zarządzania ruchem lotniczym, którym nie jest łatwo identyfikować amatorskie loty BSP [25]. Należy także zdać sobie sprawę, że regulacje prawne wprowadzane z myślą o branży bezzałogowej dotyczą nie tylko jej samej, ale wszystkich użytkowników przestrzeni powietrznej. Praktyka pokaże, jak będzie wyglądać ta koegzystencja, natomiast już teraz obserwuje się różne anomalie dotyczące przestrzegania separacji i latania zgodnego z prawem [26].

Bezzałogowe statki powietrzne są coraz częściej wykorzystywane jako element systemu transportu, także w obszarach miejskich. Pomimo ograniczeń, związanych głównie z zasięgiem i ładownością, należy się spodziewać, że w najbliższej przyszłości będą one także przewozić ładunki i pasażerów jako jeden z elementów systemu transportu miejskiego [27].

BSP mogą być wykorzystane do monitorowania pojazdów, co umożliwi dużą mobilność kamery, funkcja wykrywania oraz transmisja wideo w czasie rzeczywistym [28]. Przez monitorowanie stanu nawierzchni [29] oraz ruchu drogowego z wykorzystaniem dronów, a więc prewencją zdarzeń drogowych, można w znaczny sposób zredukować liczbę ofiar śmiertelnych oraz rannych na drogach [30].

Wykorzystanie BSP gwarantuje efektywną kontrolę i analizę ruchu drogowego w celu zastąpienia złożonych systemów monitorowania. Monitorowanie ruchu dronami, ze względu na ich mobilność i zdolność do objęcia szerokiego obszaru, może pomóc w optymalizacji systemów ruchu drogowego poprzez zastąpienie tradycyjnych metod nadzoru. Ponadto, w związku z rosnącym natężeniem ruchu w miastach, potrzebny jest nowoczesny, inteligentny system zarządzania ruchem, dostarczający dokładnych informacji o potoku ruchu i wypadkach drogowych [31].

BSP mogą zostać wykorzystane w operacjach na rzecz bezpieczeństwa publicznego, np. stosowane są przez policję do kontroli naruszeń drogowych oraz jako wsparcie w poszukiwaniu osób zaginionych [32]. Wykorzystanie BSP do cywilnych operacji poszukiwania i ratownictwa lub zarządzania akcjami

abundant, as there are numerous concepts of new UAV applications and the fields in which UAVs are introduced are still evolving.

Operation of UAVs and unmanned platforms in the airspace is a challenge for civil aviation pilots and controllers responsible for aircraft separation [17]. The growing number of drone operations generates more effort of institutions responsible for air traffic control; they find it difficult to identify amateur UAV flights [25]. One should also bear in mind that legal regulations aimed at unmanned technologies will affect all the airspace users, not only the unmanned sector. Practice will show the reality of this coexistence; however, various anomalies in terms of separation and adherence to regulations are observed even now [26].

UAVs are increasingly used as an element of transportation system, also in urban areas. Despite the current limitations, resulting mainly from range and load capacity, it may be expected that in near future UAVs will transport cargo and passengers as an element of urban transportation systems [27].

UAVs may be used for vehicle monitoring, owing to high mobility of the camera, detection function and real-time video transmission [28]. An assessment of the pavement condition [29] and road traffic monitoring using drones may significantly contribute to reduction in the number of road fatalities and injuries through road incident prevention [30].

Use of UAVs guarantees effective control and analysis of road traffic and may replace complex monitoring systems. Owing to their mobility and capability of covering a large area, UAVs may help optimize road monitoring systems, replacing traditional surveillance methods. Moreover, due to the growing traffic volumes in cities, there is demand for a modern, intelligent traffic management system that would provide detailed information on traffic flows and road accidents [31].

UAVs may be used to improve public safety; for example, they are used by the police to control traffic violations and support searches for missing people [32]. Use of UAVs in civil search and emergency operations or management of rescue actions and disaster sites is not a new concept. The most important applications of drones include search actions. Owing to installation of high-resolution cameras and thermal vision cameras, UAVs are an alternative to ground searches for missing people [33].

Apart from monitoring vehicles, UAVs may also monitor other road users such as pedestrians and cyclists. For many years pedestrians have been the most vulnerable group of

ratowniczymi nad miejscami katastrof nie jest nowością. Jednym z najważniejszych pól zastosowań dronów są akcje poszukiwawcze. Dzięki możliwości instalacji kamer o wysokiej rozdzielczości, aparatów fotograficznych oraz systemów termowizyjnych uzyskano alternatywę dla naziemnych poszukiwań osób zaginionych [33].

BSP mogą monitorować nie tylko pojazdy, ale także innych uczestników ruchu drogowego, jak pieszych czy rowerzystów. W Polsce od wielu lat grupą szczególnie narażoną na śmierć lub utratę zdrowia w wyniku wypadku drogowego są piesi. Liczba ofiar śmiertelnych w tej grupie na milion mieszkańców jest dwa razy wyższa niż średnia w Unii Europejskiej i blisko siedem razy wyższa niż w Holandii czy Szwecji. 52% wszystkich ofiar wypadków drogowych w miastach stanowili piesi i rowerzyści [34]. BSP mogą być wykorzystane do skutecznego prowadzenia ratownictwa drogowego przez PSP i OSP a także w poszukiwaniu osób zaginionych [35].

Rozwój kampanii edukacyjnych to jednoznacznie pozytywne zjawisko, wpływające korzystnie na świadomość operatorów-amatorów. Poniżej wymieniono niektóre z kampanii zorganizowanych przez ULC w Polsce:

- „Miej drony pod kontrolą” skierowana przede wszystkim do osób latających hobbystycznie, promująca bezpieczne operowanie BSP;
- „Lataj z głową bezzałogowo”, która ma na celu uświadomienie operatorom odpowiedzialności za ewentualne szkody powstałe w wyniku lotu oraz obowiązku dbania o bezpieczeństwo innych uczestników ruchu lotniczego oraz osób na ziemi;
- „Laser to nie zabawka”, której celem było podniesienie świadomości wśród społeczeństwa na temat niebezpieczeństwa, jakie niesie za sobą zabawa laserem poprzez kierowanie jego wiązki w stronę samolotów;
- „Podróżuj bezpiecznie z dronem”, której celem było rozpowszechnienie wiedzy na temat podstawowych zasad przewożenia bezzałogowych statków powietrznych oraz bezpiecznego korzystania z nich, zarówno w Polsce jak i zagranicą;
- „Kampania społeczna przeciw oślepieniu pilotów laserem”.

W wywiadzie eksperckim przeprowadzonym na potrzeby pracy doktorskiej przedstawiciel Departamentu BSP ULC jasno określił, iż promowanie bezpieczeństwa przestrzeni powietrznej, urozmaiconej operacyjnością dronów, będzie nieprzerwanie kontynuowane, a kolejnym etapem jest cykl webinarów. Podkreślono również dynamikę prac EASA w odniesieniu do uświadamiania użytkowników w kwestiach bezpieczeństwa – zaczynając od najmłodszych, a kończąc na uprawnionych operatorach. Wspomniano również o tym, że

road users in Poland, particularly exposed to bodily harm and death in road accidents. The number of road fatalities in this group per million population is double the European Union average and nearly sevenfold the number noted in the Netherlands or Sweden. Pedestrians and cyclists comprised 52% of all the road casualties in cities [34]. UAVs may be used in effective road emergency actions by the State Fire Service and Voluntary Fire Service [35].

Development of educational campaigns is an undoubtedly positive aspect, which improves the awareness of amateur operators. Educational campaigns organized by the Polish CAA included:

- “Keep your drones under control”, directed primarily at hobbyists, promoting safe UAV operation;
- “Fly wisely – be safe”, whose aim is to make the operators aware of their responsibility for any potential damage caused by their flight and the obligation to take care of the safety of all the other airspace users and people on ground;
- “Laser is not a toy”, whose aim was to raise public awareness of the hazards associated with playing with laser and directing its beam towards planes;
- “Travel safely with your drone”, spreading knowledge on the basic rules of traveling with UAVs and their safe usage in Poland and abroad;
- “Public campaign against blinding pilots with lasers”.

In a performed expert survey, a representative of the UAV Department of the CAA stated that aviation safety including drone operations will further be promoted, and the next step will comprise a cycle of webinars. The dynamic effort of EASA in the field of user education (ranging from the youngest to authorized drone operators) has also been highlighted. It was also mentioned that users playing or working with drones should always respect other people’s rights to privacy, protection of image and protection of personal data.

7. CONCLUSIONS

Unmanned aerial vehicles are undoubtedly promising tools with a wide range of applications. However, the conflict between the growing number of UAV operations and the limited airspace resources at low altitudes will intensify. In long-term perspective, irresponsible actions of operators (especially those that treat drones as hobby) will become an even greater challenge to the regulatory system. Operation of specialized drones, performing specific tasks under established concepts, does not seem to be

podczas zabawy lub pracy z dronem należy zawsze mieć na uwadze prawo każdej osoby do prywatności oraz ochrony wizerunku i danych osobowych.

7. WNIOSKI

BSP to niezaprzeczalnie narzędzia przyszłościowe w szerokim spektrum zastosowań. Faktem jest, iż wraz ze wzrostem liczby BSP konflikt pomiędzy ograniczonymi zasobami przestrzeni powietrznej na małej wysokości a nieograniczoną aktywnością BSP będzie stawał się coraz bardziej widoczny. W ujęciu długofalowym jeszcze większym wyzwaniem dla systemu regulacji prawnych może stać się brak rozważań ze strony operatorów, głównie tych, którzy nabywają drony w celach hobbystycznych. Dynamika operacyjności dronów o zastosowaniach specjalistycznych, wykonujących konkretną pracę w ramach zatwierdzonych koncepcji, nie wydaje się stanowić źródła przyszłych zagrożeń z uwagi na możliwość operowania w ustalonych procedurach korytarzach oraz konieczność zgłoszenia operowania w danej strefie przestrzeni powietrznej.

W przeciwieństwie do lotów amatorskich/hobbystycznych, fundamentem lotów specjalistycznych jest system umożliwiający elektroniczną koordynację lotów BSP oraz cyfrowe zarządzanie wnioskami i zgodami na loty w przestrzeni powietrznej [36].

Kwestia poprawnej koordynacji oraz zapewnienia bezpieczeństwa lotniczego jest tu kluczowa. Powstają technologie wykorzystujące naziemne czujniki zainstalowane wzdłuż autostrady dronowej, które zapewniają podgląd w czasie rzeczywistym – informują o miejscu operowania drona w przestrzeni powietrznej. Zebrane w ten sposób dane są analizowane przez system zarządzania ruchem, który prowadzi je wzdłuż ich tras, pozwalając na unikanie kolizji [36].

Autorzy pracy [37] stwierdzili, że największe obawy dotyczące katastrof w odniesieniu do koncepcji systemów tras dronowych nie pojawiają się, gdy dron jest w powietrzu, lecz podczas startu lub lądowania. Jednym z przykładów zautomatyzowanych tras BSP jest projekt Skyway z Wielkiej Brytanii. Skyway ma połączyć przestrzeń powietrzną nad Reading, Oxfordem, Milton Keynes, Cambridge, Coventry i Rugby do połowy 2024 roku, tworząc w ten sposób największą na świecie zautomatyzowaną superautostradę dronową.

Ze względu na złożoność środowiska miejskiego, bezpieczeństwo publiczne, odpowiednie separacje oraz przewyższenia nad terenem, eksploatacja bezzałogowych statków powietrznych na obszarach miejskich w oparciu o korytarze powietrzne poniżej strefy *general aviation* jest nadal w fazie wstępnych badań. Przepustowość przestrzeni powietrznej w miastach, w których rozmieszczone są porty lotnicze jest ograniczona,

a source of future threats, since such drones may operate in predetermined corridors and in accordance with set procedures, including mandatory reporting of operation in a given area.

In contrast with amateur flights, specialist flights are based on a system enabling electronic coordination of UAV operations and digital management of applications and authorizations for airspace usage [36].

The key question is adequate coordination of operations and provision of aviation safety. New technologies are based on ground units installed along a drone highway to provide real-time monitoring of the UAV location in the airspace. A traffic management system analyzes the collected data and guides the drones along their routes, enabling avoidance of collisions [36].

Authors of [37] stated that the greatest concern about potential crashes in the concept of drone highways system arises during take-off and landing, and not when the drone is airborne. Examples of automated UAV highways include the Skyway project in Great Britain. Skyway is to connect airspace over Reading, Oxford, Milton Keynes, Cambridge, Coventry and Rugby by mid-2024, becoming the largest automated drone superhighway in the world.

Due to the complexity of urban environment, public safety, adequate separation and greater flight altitudes over elevated land, usage of unmanned aerial vehicles in urban areas based on air corridors is still in the phase of preliminary studies. Airspace capacity in cities with airports is limited; therefore, the mentioned concepts are still considered the future of UAV traffic development [37].

The authors' research clearly indicates that ongoing analysis, risk assessment and introduction of remedial measures adequate to the current needs is a fundamental question (if needed, "amateur" UAV traffic may even be gradually limited in chosen airspace sectors).

An UAV traffic management system with real-time monitoring and reasonable allocation of airspace is a vision of safe realization of all missions. However, this is a complex task due to the need for adequate risk analysis and evaluation, traffic management systems automation, enforcement of requirements on the monitored routes and accounting for changes in the urban infrastructure. Effective realization of the mentioned elements absolutely requires adequate analysis of threats, which should encompass mistakes of amateur operators and allow for limitation of amateur UAV traffic in critical situations.

stąd też wspomniane wyżej koncepcje stanowią przyszłość rozwoju ruchu BSP [37].

Na podstawie badania autorskiego można jasno wnioskować, że ciągła analiza wraz z szacowaniem ryzyka oraz dbałość o wdrażanie środków zaradczych adekwatnych do aktualnych potrzeb (a w ostateczności ograniczanie ruchu „amatorskich” BSP w kolejnych strefach przestrzeni powietrznej) jest sprawą zasadniczą.

System zarządzania ruchem BSP z monitorowaniem sytuacji w czasie rzeczywistym oraz rozsądną alokacją przestrzeni powietrznej to wizja bezpiecznej realizacji wszelkich misji. Jest to jednak zadanie złożone, ze względu na konieczność rzetelnej analizy ryzyka wraz z jego szacowaniem, automatyzacji systemów zarządzania ruchem, egzekwowania wymogów w ramach tworzenia tras objętych monitoringiem czy uwzględniania zmian infrastruktury miejskiej. Skuteczna realizacja wymienionych składowych bezwarunkowo wymaga odpowiedniej analizy zagrożeń, która powinna uwzględniać błędy operatorów-amatorów oraz dopuszczać ograniczenie ruchu amatorskich BSP w sytuacjach krytycznych.

Jako zaawansowana technologia optymalizacji BRD, drony będą w przyszłości kluczowym wsparciem w tworzeniu wydajnych i bezpiecznych środowisk drogowych oraz reagowania w przypadku kolizji i wypadków. Zastosowanie dronów przyczynia się do zapewnienia bezpieczeństwa w ruchu drogowym poprzez wykrywanie naruszeń przepisów ruchu drogowego, identyfikacji niebezpiecznych zachowań oraz ostrzegania kierowców o potencjalnych zagrożeniach.

Co więcej, wizja „smart city” obejmuje wdrożenie w nieodległej przyszłości koncepcji dronostrad, w której miasta są szczegółowo skanowane w technice 3D, a określoną alokację przestrzeni można dynamicznie rekonfigurować. Dane będą odświeżane, a drony otrzymają na bieżąco informację o tym, gdzie mogą lecieć – przykładowo, jeżeli na trasie pojawi się śmigłowiec Lotniczego Pogotowia Ratunkowego, system poinformuje o locie ratunkowym, zarządzając ruchem na trasie w taki sposób, aby był on bezpieczny dla wszystkich statków powietrznych [18].

Zastosowanie dronów w BRD umożliwi identyfikację ruchu drogowego w czasie rzeczywistym z bardzo dobrą dokładnością (kamery o wysokiej rozdzielczości), w tym identyfikację pojazdów, pieszych oraz rowerzystów, a także pomiar prędkości pojazdów, kolejek na skrzyżowaniach czy natężenia ruchu.

INFORMACJE DODATKOWE

Badania przeprowadzono w ramach Uniwersyteckiego Grantu Badawczego (UGB 850/2023) – Ochrona ludności w kontekście współczesnych zagrożeń, finansowanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

As an advanced technology of road safety optimization, drones will provide key support for future creation of efficient and safe road environments, as well as for response to collisions and accidents. Use of drones contributes to road safety through detection of violations, identification of dangerous behavior and alerting drivers about potential threats.

Moreover, the vision of “smart cities” encompasses introduction of the concept of drone highways in near future; the concept assumes detailed 3D scanning of urban areas, with dynamically configurable airspace allocation. Based on the refreshed data, drones will receive up to date information on the currently open and restricted parts of the airspace – for example, if Medical Air Rescue helicopter approaches a given route, the system will inform all vehicles about the emergency flight and adequately manage air traffic to ensure safety of all aircraft [18].

Use of drones in road safety applications will enable real-time traffic identification with high precision (high-resolution cameras), including identification of vehicles, pedestrians and cyclists, determination of vehicle speed and measurement of traffic volumes and queues at intersections.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was performed under the University Research Grant (UGB 850/2023) – Protection of population in the context of contemporary threats, financed by the Minister of Science and Higher Education.

REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

- [1] *Nowacki G., Paszukow B.*: Selected problems of security control in civil aviation based on own empirical research. Polish Political Science Yearbook, **51**, 2, 2022, DOI: 10.15804/ppsy202148
- [2] Urząd Lotnictwa Cywilnego: Kategorie Szczególne, www.ulc.gov.pl/pl/drony/kategoria-szczegolna, 07.09.2023
- [3] *Ban X., Abramson D., Zhang Y., Cano-Calhoun C.*: Investigation of drone applications to improve traffic safety in RITI communities. Technical Report, University of Alaska, Fairbanks, 2021, hdl.handle.net/11122/12013
- [4] *Chenchen X., Xiaohan L., Junming T., Huping Y., Haiying L.*: Recent Research Progress of Unmanned Aerial Vehicle Regulation Policies and Technologies in Urban Low Altitude. IEEE Access, **8**, 2020, 74175-74194, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2987622
- [5] Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem, Doc 9859. Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO), Montreal, 2018

- [6] Załącznik 19 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Zarządzanie Bezpieczeństwem. Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO), Montreal, 2016
- [7] Aviation security, ICAO, www.icao.int/security/Pages/default.aspx, 31.08.2023
- [8] Aviation security, IATA, www.iata.org/en/programs/security, 31.08.2023
- [9] Outay F., Mengash H.A., Adnan M.: Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **141**, 2020, 116-129, DOI: 10.1016/j.tra.2020.09.018
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 19 września 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie świadectw kwalifikacji, Dz.U. 2016, poz. 1630
- [11] Hasła LEX, www.profinfo.pl/hasla-lex/, 31.08.2023
- [12] Dąbrowska-Loranc M., Skoczyński P., Zielińska A.: Bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Warszawa 2023
- [13] Kinero A.N.: Exploring the use of drones for conducting traffic mobility and safety studies. Master's Thesis, University of North Florida, Jacksonville, 2021, <https://digitalcommons.unf.edu/etd/1101/>, 29.08.2023
- [14] DJI Ars, <https://dji-ars.pl>, 28.08.2023
- [15] Dehaene S.: Świadomość i mózg. Copernicus Center Press, Kraków, 2023
- [16] Biuletyn Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym, 4/2020, Biuro Zarządzania Bezpieczeństwem w Lotnictwie Cywilnym, Urząd Lotnictwa Cywilnego, Warszawa, 2020
- [17] Report of the Drone Leaders' Group in support of the preparation of 'A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe', European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, Brussels, 2022
- [18] Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych
- [19] Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2019/945 z dnia 12 marca 2019 r. w sprawie bezzałogowych systemów powietrznych oraz operatorów bezzałogowych systemów powietrznych z państw trzecich
- [20] Wytyczne nr 13 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 16 września 2020 r. w sprawie wprowadzenia do stosowania wymagań ustanowionych przez Organizację Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO) – Doc 9859, Dziennik Urzędu Lotnictwa Cywilnego, 2020
- [21] Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny, Dz. U. 1997 nr 88 poz. 553 z późn. zm.
- [22] Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze, Dz. U. 2002, nr 130, poz. 1112, z późn. zm.
- [23] Cymerski J., Wiciak K.(red.): Przeciwdziałanie zagrożeniom powstałym w wyniku bezprawnego i celowego użycia bezzałogowych platform mobilnych. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie, Szczytno 2015
- [24] Bielawski R., Rządowski W., Perz R.: Unmanned Aerial Vehicles in the protection of the elements of a country's critical infrastructure – selected directions of development. *Security and Defence Quarterly*, **22**, 5, 2018, 3-19, DOI: 10.5604/01.3001.0012.6422
- [25] Bukowski P., Szala G.: Bezzałogowe statki powietrzne – geneza, teraźniejszość i przyszłość, *Postępy w inżynierii mechanicznej*, **6**, 11, 2018, 5-19
- [26] Mazurek K.: Bezzałogowe statki powietrzne wobec rozwiązań prawnych i technologicznych. *Lotnictwo Aviation International*, **9**, 2018
- [27] Gheisari M., Esmaili B.: Applications and requirements of unmanned aerial systems (UASs) for construction safety, *Safety Science*, **118**, 2019, 230-240, DOI: 10.1016/j.ssci.2019.05.015
- [28] Zieliński T.: Challenges for employing drones in the urban transport systems. *Safety & Defense*, **8**, 2, 2022, DOI: 10.37105/sd.179
- [29] Malek A.: Assessment of the use of unmanned aerial vehicles for road pavement condition surveying. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, **22**, 4, 2023, 331-345, DOI: 10.7409/rabdim.023.017
- [30] Nowacki G., Olejnik K., Zakrzewski B.: Safety status on road transport system in the European union. *Lecture Notes in Networks and Systems*, **68**, 2019, 457-467
- [31] Khan N.A., Jhanjhi N.Z., Brohi S.N.: Smart traffic monitoring system using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), *Computer Communications*, **157**, 2020, 434-443, DOI: 10.1016/j.comcom.2020.04.049
- [32] Feltynowski M. (red.): Wykorzystanie bezzałogowych platform powietrznych w operacjach na rzecz bezpieczeństwa publicznego. Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2019
- [33] Berner B., Chojnacki J.: Monitorowanie ruchu drogowego za pomocą dronów. *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, **17**, 8, 2016, 230-232
- [34] Dąbrowska-Loranc M., Skoczyński P., Zielińska A.: Bezpieczeństwo w ruchu drogowym. *Badania Obserwatorium Polityki Miejskiej*, Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Warszawa-Kraków, 2023, DOI: 10.51733/opm.2023.02
- [35] Podlasiński R., Spinek B., Ciekankowski Z.: Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w działaniach straży pożarnej i policji. *Studia Administracji i Bezpieczeństwa*, **13**, 13, 2022, 249-261, DOI: 10.5604/01.3001.0016.2896
- [36] Sztucki J., Gąsior M., Zajac G., Szczelina M.: Zarządzanie bezpieczeństwem lotnictwa cywilnego. Wydawnictwo Dolnośląskiej Szkoły Wyższej, Wrocław 2011
- [37] Wright S., Studley M.: Technology and risk considerations in shaping future drone legislation. *International Journal of Technology, Policy and Management*, **21**, 2, 2021, 128-139, DOI: 10.1504/IJTPM.2021.116513