

bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski^{a)*}, mgr inż. Maciej Zawistowski^{a)}

^{a)}Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute
Autor korespondencyjny: mfeltynowski@cnbop.pl

Możliwości wykorzystania bezzałogowych platform w służbach ratunkowo-porządkowych

Opportunities Related to the Use of Unmanned Systems in Emergency Services

Возможность использования беспилотных платформ в службах экстренной помощи

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie możliwości platform bezzałogowych oraz rozwiązań w nich stosowanych, które można wykorzystać w służbach mundurowych. Określono także rodzaje czujników, które są wykorzystywane w platformach bezzałogowych oraz ich przydatność dla różnych służb.

Wprowadzenie: Współcześnie coraz częściej mamy do czynienia z konstrukcjami pojazdów bezzałogowych, zarówno amatorskich jak i profesjonalnych. Wykorzystywane są one głównie w mediach oraz amatorsko – do realizacji filmów i wykonywania zdjęć. Pomimo znacznego rozpowszechnienia platform bezzałogowych rzadko stanowią wyposażenie służb mundurowych. W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania pojazdów bezzałogowych na przykład do:

- obserwacji terenu,
- zliczania i wykrywania osób i zwierząt,
- badania jakości środowiska,
- transportu niewielkich ładunków,
- ochrony zdrowia i życia ratowników,
- monitorowanie i obserwacja elementów konstrukcyjnych
- wykrywania zagrożeń związanych z np. drapieżnikami.

Wskazano potencjalne zalety rozwiązań, (np. zmniejszenie kosztów operacyjnych, poprawę bezpieczeństwa ratowników, skrócenie czasu rozpoczęcia udzielenia pomocy. Dodatkowo określono rodzaje czujników wykorzystywanych w platformach bezzałogowych oraz ich przydatność dla różnych służb.

Wnioski: Obecnie na świecie istnieje wiele różnych konstrukcji platform bezzałogowych, których można użyć dla ochrony ludzkiego zdrowia i mienia. Aktualnie w Polsce pojazdy bezzałogowe są wykorzystywane przez służby mundurowe w nieznacznym stopniu poza wojskiem i Strażą Graniczną). Może wynikać to z niedoborów kadrowych (mała liczba operatorów), braku odpowiedniej autonomiczności pojazdów, braków sprzętowych lub braku odpowiedniego przeszkolenia u operatorów. Należy się jednak spodziewać, że w dobie miniaturyzacji czujników i komponentów, możliwości oferowane przez statki bezzałogowe będą coraz większe, a konstrukcje tego typu coraz częściej wykorzystywane w różnych służbach. Najprawdopodobniej jako pierwsze będą wprowadzane bezzałogowe pojazdy latające, obecnie najbardziej rozpowszechnione. U podstaw ich popularności leży zapewne znaczne zautomatyzowanie, pozwalając na bardzo dokładny podgląd sytuacji, przy jednoczesnym użyciu innych funkcji, takich jak. monitorowanie zagrożeń chemicznych rozpylonych w powietrzu. Niewątpliwie wartością dodaną wpływającą na coraz powszechniejsze użycie bezzałogowych pojazdów jest możliwość podjęcia działań szybciej niż w przypadku akcji z wykorzystaniem ratowników (np. poprzez dostarczenie w okolicę topiącej się osoby koła ratunkowego lub tratwy). Takie zastosowanie urządzenia na pewno zwiększałoby szanse na powodzenie akcji ratowniczej.

Słowa kluczowe: bezzałogowa platforma, dron, ratownictwo, zdolności ratownicze, bezzałogowy statek, BS, czujnik

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 22.07.2018; Zrecenzowany: 24.09.2018; Zatwierdzony: 05.11.2018;

Identyfikatory ORCID autorów: M. Feltynowski – 0000-0001-5614-8387; M. Zawistowski – 0000-0001-9832-0376;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;

Proszę cytować: BiTP Vol. 51 Issue 3, 2018, pp. 126–136, doi: 10.12845/bitp.51.3.2018.9;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRACT

Aim: The purpose of this article is to present the possibilities and solutions of using unmanned vehicles (UV) in uniformed services. The authors presented various solutions used across the world, discussing their potential use depending on their operating environment.

Nowadays, designing unmanned vehicles, both amateur and professional, is becoming increasingly popular. They are used mainly in amateur media applications, for video shooting and photography. Despite the widespread use of unmanned vehicles, they are rarely employed by uniformed services. This article presents various possibilities of using unmanned vehicles, for example:

- observation of the area,
- counting and detecting people and animals,

- environmental quality testing,
- transport of small loads,
- protection of the health and life of rescuers,
- Monitoring of construction elements,
- detection of threats related to e.g. predators,

pointing to the potential advantages of various solutions, such as reducing costs, improving the safety of rescuers or reducing the time to intervention. In addition, the types of sensors used in unmanned vehicles and their suitability for various services were identified.

Globally, there is a great diversity of designs of unmanned vehicles with potential applications in protecting human health and property. Currently in Poland, the adoption of unmanned vehicles in the uniformed services is rather limited (with the exception of the Armed Forces and the Border Guard). This situation may result from staff shortages, inadequate vehicle autonomy, equipment shortages or the unavailability of appropriate operator training. It should be expected, however, in the era of sensor and component miniaturisation, that the possibilities offered by unmanned vehicles will be increasing, and various designs will find more and more applications in various services. Most likely, the first to be introduced will be unmanned aerial vehicles, because they are already the most widespread. Largely automated, they can be used to obtain a very accurate view of the situation and provide other functions, such as monitoring chemical threats sprayed into the air. Undoubtedly, the added value leading to the increasingly common use of unmanned vehicles is their ability to react more quickly than human rescuers (e.g. by providing a lifebuoy or a raft to a drowning person). Such use of unmanned vehicles would certainly boost the chances of survival of the person being rescued while helping the rescuer to provide effective assistance.

Keywords: usage of unmanned vehicles, drone security appliance, unmanned vehicle rescue abilities, unmanned vehicle rescue abilities, unmanned vehicle possibilities, sensors mounted on a drone, drone sensors

Type of article: review article

Received: 22.07.2018; Reviewed: 24.09.2018; Accepted: 05.11.2018;

Authors' ORCID IDs: M. Feltynowski – 0000-0001-5614-8387; M. Zawistowski – 0000-0001-9832-0376;

The authors contributed equally to this article;

Please cite as: BITP Vol. 51 Issue 3, 2018, pp. 126–136, doi: 10.12845/bitp.51.3.2018.9;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является представление возможности использования беспилотных платформ и решений, используемых с их участием, которые могут применяться в службах оказания помощи. Также были определены типы датчиков, которые используются на беспилотных платформах и их польза для различных служб.

Введение: В настоящее время все чаще мы занимаемся строительством беспилотных летательных аппаратов, как любительских, так и профессиональных. Они используются главным образом в средствах массовой информации и любителями – для съемки фильмов и фото-съемки. Несмотря на широкое распространение беспилотных платформ, они редко используются в качестве оборудования в спасательных службах. В статье представлены возможности использования беспилотных летательных аппаратов, например, для:

- наблюдения за участком,
- подсчета и обнаружения людей и животных,
- изучения состояния окружающей среды,
- транспортировки небольших грузов,
- защиты здоровья и жизни спасателей,
- мониторинга и наблюдения за элементами конструкций
- обнаружения угроз, связанных с, например, хищниками.

Были указаны потенциальные преимущества решений (например, снижение эксплуатационных расходов, повышение безопасности спасателей, сокращение времени начала оказания помощи). Кроме того, были определены типы датчиков, используемых на беспилотных платформах, и их пригодность для различных служб.

Выводы: В настоящее время существует множество различных конструкций беспилотных платформ в мире, которые могут быть использованы для защиты здоровья и имущества. В настоящее время в Польше беспилотные летательные аппараты используются спасательными службами вне армии и пограничной охраны в незначительной степени. Это может быть вызвано нехваткой персонала (небольшое количество операторов), отсутствием адекватной автономии транспортных средств, нехваткой оборудования или отсутствием соответствующей подготовки операторов. Однако следует ожидать, что в эпоху миниатюризации датчиков и компонентов возможности, которые предоставляют беспилотные аппараты, будут увеличиваться, и такие конструкции все чаще будут использоваться в различных службах. Скорее всего, первыми будут использоваться беспилотные летательные аппараты, которые в настоящее время наиболее распространены. В основе их популярности, вероятно, лежит высокая автоматизация, позволяющая очень точно запрограммировать ситуации, при использовании других функций, таких как, мониторинг химических угроз, распыляемых в воздухе. Несомненно, к этому добавляется еще одно преимущество, влияющее на все более широкое использование беспилотных транспортных средств, - это способность действовать быстрее, чем в случае действий с использованием спасателей (например, быстрая доставка спасательного круга или плота утопающему человеку). Такое использование устройства, несомненно, увеличит шансы на успех спасательной операции.

Ключевые слова: беспилотная платформа, дрон, служба спасения, спасательная способность, беспилотный аппарат, BS, датчик

Вид статьи: обзорная статья

Принята: 22.07.2018; Рецензирована: 24.09.2018; Одобрена: 05.11.2018;

Идентификаторы ORCID авторов: M. Feltynowski – 0000-0001-5614-8387; M. Zawistowski – 0000-0001-9832-0376;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;

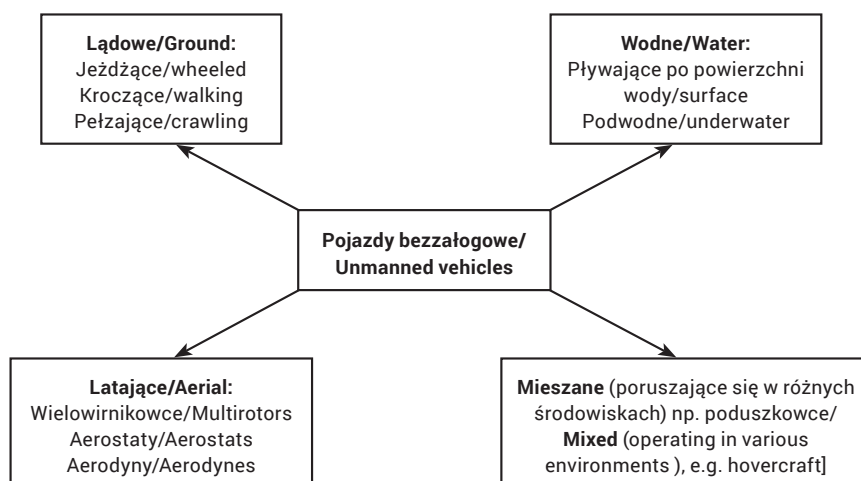
Просим ссылаться на статью следующим образом: BITP Vol. 51 Issue 3, 2018, pp. 126–136, doi: 10.12845/bitp.51.3.2018.9;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Wstęp

Platformy bezzałogowe odgrywają coraz większą rolę w naszym życiu [1, 2, 3]. Pojazdy te – dzięki zastosowaniu w nich różnych czujników i kamer – mogą stać się niezwykle przydatne wśród różnych służb, zarówno mundurowych [2, 4, 5], jak i cywilnych [6, 7, 8]. W pierwszej części artykułu pokazano, że stosowanie UV (ang. *Unmanned Vehicle*) może w znacznym stopniu wpłynąć na zwiększenie bezpieczeństwa obsługi, skrócenie czasu transportu i ograniczenie kosztów akcji ratowniczej. Trzeba jednak pamiętać, że powierzenie pilotowania takich obiektów osobom nieprzeszkolonym lub amatorom może spowodować bardzo duże zagrożenie zarówno dla ratowników, jak i osób postronnych. W szczególnych przypadkach obecność pojazdów bezzałogowych może uniemożliwić prowadzenie działań ratowniczych.

Podział platform bezzałogowych można przeprowadzić z uwzględnieniem wielu aspektów, jednak najczęściej dotyczy on środowiska, w jakim dany pojazd pracuje [9, 10]. Taki podział, wraz z najczęściej wykorzystywanymi konstrukcjami pojazdów bezzałogowych, został zaprezentowany na rycinie 1.



Rysunek 1. Podział pojazdów bezzałogowych ze względu na środowisko pracy (opracowanie własne)

Figure 1. Classification of unmanned vehicles by operating environment (own elaboration)

Podziału pojazdów bezzałogowych można także dokonać ze względu na jego zautomatyzowanie. Stosowane pojazdy mogą być:

- w pełni autonomiczne, czyli niepotrzebujące kontroli operatora, wykonujące z góry zaplanowaną misję i zadania samodzielnie,
- automatyczne, gdzie część zadań (np. kontrola jakości powietrza) jest wykonywana automatycznie, jednak pojazd musi być ciągle zdalnie sterowany przez operatora,
- zdalne, gdzie wszystkie czynności związane z lotem i celami, jakie należy osiągnąć są wykonywane zdalnie przez operatora.

Pojazdy bezzałogowe mogą być stosowane do wielu zadań [2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12]. Ich możliwości i funkcje są w znacznym stopniu zależne od osprzętu zamontowanego na samej platformie, w mniejszym zaś stopniu od jej osiągnięć (np. szybkość poruszania, czas działania).

Introduction

Unmanned vehicles play an increasingly important role in our lives [1, 2, 3]. These vehicles, owing to a variety of sensors and cameras they employ, can become extremely useful for various services, both uniformed [2, 4, 5] and civilian [6, 7, 8]. The first part of the article demonstrates that the use of unmanned vehicles (UV) may significantly contribute to improved safety levels, reduced transport time and lower rescue operation costs. It should be remembered, however, that entrusting the task of controlling such vehicles to untrained individuals or amateurs may result in a very serious hazard to both rescuers and third parties. In highly specific situations, the presence of unmanned vehicles may render rescue actions impossible.

Unmanned vehicles may be divided using a number of aspects, but the most frequently used breakdown is by operating environment [9, 10]. This classification, combined with a list of the most popular unmanned vehicles, is presented in Fig. 1.

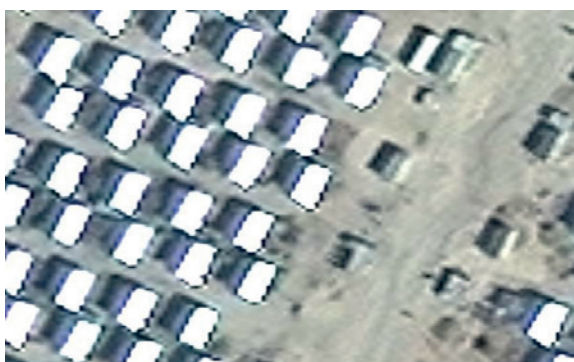
Unmanned vehicles can also be divided by the degree of automation. UVs can be:

- fully autonomous, requiring no operator, performing a predetermined mission and tasks independently,
- Automatic, where most tasks (such as air quality control) are performed autonomously, but the vehicle requires constant remote control by the operator,
- Remote-controlled, where all flight- and target-related tasks to be performed are remotely controlled by the operator.

Unmanned vehicles can be used for a variety of tasks [2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12]. Their capabilities and functions largely depend on the gear they carry and, to a lesser extent, on their performance (speed, operating time).

Wykorzystanie bezzałogowych platform Pojazdy bezzałogowe latające

Najpopularniejszym obecnie zastosowaniem bezzałogowców jest obserwacja lub skanowanie zadanego obszaru. Dotyczy to głównie pojazdów powietrznych, ale również lądowych i – w mniejszym stopniu – wodnych. Ciągłe rozwijająca się technika oraz rynkowa konkurencja specjalistycznych firm pozwoliła na wytworzenie lekkich kamer, posiadających wysoką rozdzielczość i różne kąty widzenia (przeważnie do 170°). Dzięki niewielkiej masie oraz małemu poborowi prądu modułu wizyjnego jego zainstalowanie na platformie nie powoduje znacznego ograniczenia zasięgu i czasu działania pojazdu, pozwalając mu na obserwację otoczenia i transmisję danych bardzo dobrej jakości. Obecnie moduł kamery o rozdzielczości 5 Mpx jest dostępny już za około 100 zł, chociaż są też modele o dużo lepszych parametrach, których koszt przekracza 6 000 zł. Wykorzystanie pojazdów bezzałogowych (głównie latających) do rozpoznania terenu jest nie tylko tańsze, ale także dające w efekcie bardziej szczegółowe dane (dokładność 5 cm w porównaniu do obrazu satelitarne o dokładności 50 cm) [13]. Podczas akcji ratowniczych pozwala to na zdobycie lepszych jakościowo informacji i ułatwia podjęcie właściwych decyzji. Różnice pomiędzy powyższymi metodami obrazują zdjęcia poniżej (ryc. 2).



Rycina 2. Porównanie jakości zdjęć satelitarnych (po lewej), i zrobionych za pomocą pojazdu bezzałogowego (prawa strona) na przykładzie Tanzanii [13]

Figure 2. Comparison of the quality of satellite imagery (left) and images taken using an unmanned vehicle (right side) on the example of Tanzania [13]

Interesujące zastosowanie latających pojazdów bezzałogowych zostało przedstawione w trakcie jednej z konkurencji podczas tegorocznego „Poligonu systemów bezzałogowych. Droniada 2018”, polegającej na dostarczeniu niewielkiego pojemnika z symulowanym lekarstwem we wskazane miejsce [14]. Taka transportowa funkcja bezzałogowych pojazdów latających może być z powodzeniem wykorzystana podczas klęsk żywiołowych, np. powodzi (rycina 3). W tym przypadku pojazdy bezzałogowe z powodzeniem mogłyby dostarczać paczki (np. z lekami) na dachy budynków dla osób najbardziej potrzebujących, dodatkowo zliczając osoby w poszczególnych lokalizacjach. Pozwoliłoby to na zmniejszenie kosztów związanych z akcją i znaczne przyspieszenie niesienia pierwszej pomocy, dając jednocześnie ważne informacje o aktualnych miejscach przebywania potrzebujących oraz przybliżonej liczbie osób, które wymagają ewakuacji.

Use of unmanned vehicles Unmanned aerial vehicles

Currently the most popular application of unmanned vehicles is observation or scanning of the assigned area. This mainly relates to aerial, but also ground vehicles, and, to a lesser extent, marine vehicles. The constantly developing technology and market competition among specialised companies led to the development of lightweight high-resolution cameras with various fields of view (usually up to 170°). Thanks to the low weight and energy consumption of the camera module, its installation on the vehicle does not cause significant reduction in range and operation time of the vehicle, allowing it to observe the environment and transmit very high quality data. Today, 5 MP camera modules are available for about PLN 100, although there are also modules which offer much better performance costing more than PLN 6,000. The use of unmanned vehicles (mainly aerial) for reconnaissance is not only less expensive, but also provides more detailed data (5 cm precision in comparison to satellite view with 50 cm precision) [13]. During rescue operations this allows obtaining higher-quality data and facilitates making the correct decisions. The differences between the said methods are demonstrated by the photographs below (Fig. 2)

An interesting use of unmanned aerial vehicles was presented during one of the events at this year's "Droniada 2018" – a competition for unmanned systems, which involved transporting a small container with a simulated medicine to a designated location [14]. This transport function of UAVs can be successfully used during natural disasters, e.g. floods (Fig. 3). In this case, unmanned vehicles would be well-prepared to deliver parcels (e.g. containing medical supplies) to roofs for those who need them the most, while counting the individuals present at various locations on the way. This would bring cost reductions related to the operation and faster first aid intervention, at the same time providing important data on the current whereabouts of the people to be rescued and the approximate number of people who need to be evacuated.



Rycina 3. Ludzie oczekujący na pomoc w trakcie powodzi w Opolu w 1997 r. [15]

Figure 3. People waiting for help during the flood in Opolo in 1997 [15]

Bardzo interesujące wydaje się zastosowanie powietrznych pojazdów bezzałogowych w leśnictwie [11]. Wśród najciekawszych zastosowań należy wymienić:

- obserwację migracji zwierząt,
- lokalizację i tropienie kłusowników,
- szczepienie zwierząt,
- wykrywanie martwych drzew,
- badanie wilgotności ściółki.

Szczególnie dwa ostatnie aspekty mogą zostać wykorzystane przez Państwową Straż Pożarną (PSP) podczas określania obszarów o podwyższonym ryzyku wystąpienia pożaru oraz – w przypadku, gdy dojdzie do pożaru – do prognozowania jego kierunku rozchodzenia się. Takie zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych pozwoliłoby z jednej strony na bardziej precyzyjne określenie ryzyka pożarowego (przy stosunkowo niskich kosztach), a z drugiej – gdy pożar już wystąpi – na skuteczniejsze rozstawienie jednostek strażackich (co z kolei ograniczyłoby ryzyko ponoszone przez strażaków w trakcie akcji).

Innym możliwym zastosowaniem latających pojazdów bezzałogowych jest monitorowanie zanieczyszczeń środowiska [12]. Poprzez zastosowanie czujników laserowych można sprawdzić ilość oraz wielkość zanieczyszczeń stałych, natomiast za pomocą czujników związków chemicznych można określić skład oraz stopień toksyczności powietrza. Flota tak wyposażonych pojazdów dostarczałaby bardzo istotnych w dzisiejszych czasach informacji dotyczących zanieczyszczenia powietrza, szczególnie w dużych miastach. Obecnie, ze względu na znikome wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w służbach mundurowych, ciężko jest określić, czy podobny monitoring lub wyznaczenie zasięgu strefy niebezpiecznej okazałby się pomocny podczas akcji gaszenia pożarów śmieciowych lub pożarów lasów w Szwecji przez polskich strażaków (2018 r.). W tym przypadku należałoby zwrócić szczególną uwagę na możliwości, parametry techniczne sprzętu i sensorów wedle ich odporności na gorące gazy spalinowe, a także sprawdzić procedury ich użycia – zwłaszcza w zakresie użytkowania w przestrzeni, gdzie pracują załogowe statki powietrzne.

Dodatkowo pojazdy bezzałogowe mogą być przystosowane do pobierania próbek, w celu późniejszej weryfikacji otrzymanych

There are very interesting potential uses of unmanned aerial vehicles in forestry [11]. The most promising applications include:

- observing animal migrations,
- locating and tracking poachers,
- vaccination of animals,
- detecting dead trees,
- studying litter humidity.

The two last aspects may prove particularly useful for State Fire Service (PSP) when specifying the areas with increased fire hazard and – if the fire has already started – when trying to predict its expansion. Such uses of unmanned aerial vehicles would allow, on the one hand, to more accurately identify the fire hazard (at a relatively low cost) and, on the other, when there is a fire, to more effectively deploy firefighter units (which would, in turn, reduce the risk taken by firefighters during the operation).

Another potential application of unmanned aerial vehicles is for environmental pollution monitoring [12]. Laser sensors can be used to detect the amount and size of solid contaminants, and chemical compound sensors allow the identification of the composition and toxicity of the air. A fleet of vehicles featuring such equipment would provide information regarding air pollution, which is very important these days, particularly in big cities. Currently, due to the very limited adoption of unmanned aerial vehicles in uniformed services, it is very difficult to determine whether such monitoring or delimitation of a dangerous areas would prove helpful in firefighting operations at landfill sites or during forest fires such as those in Sweden, which involved the participation of Polish firefighters (2018). In this case, particular attention should be paid to the capabilities and technical parameters of equipment and sensors, in the aspect of their resistance to hot flue gases and operation procedures, especially as to the use of space in which unmanned aerial vehicles operate.

Furthermore, unmanned vehicles can be adapted to collect samples for later verification in the lab. Fig. 4 shows an example view of a “flying lab.” The measuring lance on the multi-propeller aerial vehicle was extended outside the area of influence of

przez nie wyników w laboratorium. Na rycinie 4 został przedstawiony przykładowy widok takiego „latającego laboratorium”. Lanca pomiarowa na wielowirnikowcu została wysunięta poza obszar wpływu śmigieł, tak aby strugi powietrza wywołane pracą śmigieł nie powodowały zakłóceń pomiarowych.



Rycina 4. Pojazd bezzałogowy DR 1000 posiadający możliwość poboru próbki powietrza oraz pomiaru stężenia takich związków jak np. CH_4 , CO_2 , H_2S , SO_2 , oraz ilości cząstek PM 1, 2,5 i 10 [16]

Figure 4. Unmanned vehicle DR 1000m which can take an air sample and measure the concentration of such compounds as e.g. CH_4 , CO_2 , H_2S , SO_2 , and the amount of PM 1, 2.5 and 10 particles [16]

Kolejnym ciekawym zastosowaniem pojazdów bezzałogowych jest obserwacja wybrzeża w celu wykrywania rekinów i innych drapieżników oraz ostrzeganie przed nimi. (rycina 5). Takie rozwiązanie o nazwie „Little Ripper” ma zostać wprowadzone nad plażami w Australii [17, 18]. Bezzałogowy helikopter z kamerą, dzięki zastosowaniu algorytmów sztucznej inteligencji, jest w stanie wykryć rekina z 90% dokładnością i zasignalizować zaistniałe zagrożenie [18, 19]. W założeniu projekt ma na celu zredukowanie liczby osób zaatakowanych przez morskie drapieżniki.



Rycina 5. Zdjęcie, na którym algorytm rozpoznał dwa obiekty jako rekiny i jeden obiekt jako surfera [19]

Figure 5. A picture in which the algorithm recognised two objects as sharks and one object as a surfer [19]

Kolejnym zastosowaniem bezzałogowych pojazdów latających w okolicach kąpielisk jest ich wykorzystanie do dostarczania w pobliżu tonącej osoby koła lub tratwy ratowniczej. Taki pojazd pokonuje odległość pomiędzy ratownikiem a ratowanym dużo szybciej niż ratownik jest w stanie ją przepłynąć. Zwiększa to szanse tonącego na dłuższe utrzymanie się na powierzchni wody. Wprowadzenie pojazdu w sposób ciągły patrolującego wybrzeże, potrafiącego na podstawie zachowania wykryć osobę potrzebującą pomocy i rzucić tratwę ratowniczą

the propellers, to prevent measurement distortions caused by the air streams from their operation.

Another interesting application of unmanned vehicles is coastal observation to detect sharks and other predators and issue appropriate warnings (Fig. 5). A solution of this type, known as “Little Ripper” is planned to be introduced over Australia’s beaches [17, 18]. An unmanned helicopter with a camera uses artificial intelligence to detect a shark with 90% accuracy and report the danger [18, 19]. The project is aimed at reducing the number of marine predator attacks on people.

Another application for unmanned aerial vehicles around bathing sites is to provide life buoys or rafts near a drowning person. Such a vehicle can cover the distance between the life-guard and the person to be rescued much faster than the life-guard can swim. This increases the chances of the drowning person to stay afloat until help arrives. Introducing a vehicle which continuously patrols the coast and is able to detect the person that needs help based on their behaviour and to drop the raft, would greatly increase the safety of people spending

znacznie zwiększyłyby bezpieczeństwo osób wypoczywających nad wodą. Podobne rozwiązanie oferuje aktualnie polska firma Spartaqs w produkcie Helidrone. Nad rozwiązaniem tego typu pracował także polski Drone Lab.

their leisure time at the seaside. A similar solution is currently being marketed by the Polish company Spartaqs in its Helidrone product. The Polish Drone Lab has also been working on a similar solution.



Rycina 6. Helidrone firmy Spartaqs z podczepioną tratwą ratowniczą. Czas lotu Helidrone wynosi 40 minut, zasięg to 2500 m, maksymalny pułap to 1500 m [20]

Figure 6. Helidrone by Spartaqs with an attached raft. The flight time of Helidrone is 40 minutes, the range is 2500 m, the maximum elevation is 1500 m [20]

Źródło: Archiwum własne.

Source: Own archives.

Pojazdy bezzałogowe lądowe

Znaczącą zaletą pojazdów (platform) lądowych w porównaniu do konstrukcji latających jest dłuższy czas operacyjny, wynikający z braku konieczności przeciwdziałania sile ciężkości i ciągłej pracy silników, jak ma to miejsce np. w przypadku latających wielowirnikowców. Również z tego powodu mogą one osiągać dużo większe rozmiary, co pozwala na zainstalowanie większych magazynów energii o wyższej pojemności oraz większej liczby czujników i elementów wykonawczych (jak np. manipulatory).

Konstrukcja tego typu rzadko znajduje zastosowanie w ratownictwie, w miejscach, gdzie występuje zagrożenie życia lub zdrowia ratownika. Dobrym przykładem może być użycie tego typu robotów w 2011 r. po awarii elektrowni atomowej w Fukushima w Japonii. Czujnikowane i zabezpieczone przed promieniowaniem roboty Monirobo przekazały informacje o stanie konstrukcji i konsekwencjach awarii w miejscach, gdzie poziom promieniowania radioaktywnego nie pozwalał na wprowadzenie ludzi [21, 22].

Unmanned ground vehicles

An important asset of ground vehicles (systems) in comparison to aerial vehicles is their longer operating time since there is no need for counteracting the pull of gravity and constantly running the engines, as in multi-propeller aerial vehicles. This is also the reason why they can be much larger, which allows installing higher-capacity energy storage, more detectors and actuators (e.g. manipulators).

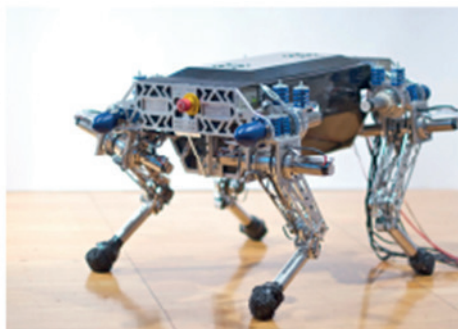
Structures of this type find very limited application in rescue operations, where the rescuer's life or health could be at risk. A good example can be the use of such robots in 2011 following the failure of the nuclear power plant in Fukushima, Japan. Equipped with sensors, the radiation-resistant Monirobo robots provided information on the condition of the structure and the consequences of the failure in places where radiation levels were too dangerous for people [21, 22].



Rycina 7. Monirobo – japoński pojazd wykorzystany do pomocy w trakcie usuwania awarii elektrowni atomowej w Fukushima [23]

Figure 7. Monirobo – a Japanese vehicle to assist in the recovery following the Fukushima nuclear power plant disaster [23]

Innym zastosowaniem bezzałogowych pojazdów w ratownictwie może być pomoc w przeniesieniu ładunków w trudnym terenie. Tego typu konstrukcja została przedstawiona przez Boston Dynamics. Czworonożny robot kroczący o nazwie Spot, przystosowany jest do poruszania się w trudnym terenie (ryc. 8). Przy masie własnej 75 kg jest w stanie przynieść ładunek o masie 23kg przez 45 minut. Pozwala to na pomoc przy przeniesieniu ciężkiego sprzętu bez obciążania ratownika.



Rycina 8. Robot kroczący [24]

Figure 8. Walking robot [24]

Bezzałogowe pojazdy lądowe są obecnie wykorzystywane w działaniach militarnych do wykonywania rozpoznania oraz do zadań prowadzonych przez saperów [4, 5, 10, 25]. Jeśli chodzi o wykrywanie innych obiektów, ten typ pojazdów prezentuje gorsze warunki optyczne w porównaniu do pojazdów latających, głównie ze względu na ograniczanie wizji poprzez ukształtowanie terenu i przeszkody. Może za to patrolować dany obszar przez dużo dłuższy czas. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że pojazdy te w celu osiągnięcia większych prędkości poruszania się muszą korzystać z gotowych dróg i korytarzy, które nie zawsze bezpośrednio łączą się z punktem docelowym – niejednokrotnie wręcz kolidują z drogami komunikacyjnymi wykorzystywanymi przez człowieka.

Bezzałogowe pojazdy wodne i podwodne

Początek historii wodnych pojazdów (platform) bezzałogowych jest trudny do określenia i sięga – w zależności od źródła – XVIII lub XIX wieku [26, 27, 28]. Pomimo tak długiego czasu od powstania pierwszych konstrukcji dopiero teraz następuje ich coraz szybszy rozwój. Motorem rozwoju stała się między innymi zakończona sukcesem akcja ratunkowa załogi zatopionego batyskafu z 1973 r., czy też ułatwiona obserwacja wraków statków (np. Titanica z 1985 r.) [26, 27]. Platformy te obecnie mogą z powodzeniem skanować dna rzek i jezior w poszukiwaniu ludzi, w znacznym stopniu ograniczając koszty i ryzyko związane z wykorzystaniem nurków. Poza tym świetnie nadają się do wszelkiego rodzaju inspekcji podwodnych elementów budowlanych jak grodzie, śluzy czy rurociągi. Dodatkowo mogą sprawdzać stan środowiska oraz informować o ewentualnym rodzaju i miejscu wystąpienia zanieczyszczenia. Wodne pojazdy bezzałogowe znalazły też zastosowanie w wojsku. Używa się ich do wykrywania, rozbrajania i detonacji min morskich, wykrywania łodzi podwodnych oraz rozpoznania terenu. Ze względu na budowę najczęściej spotykane są modele wzorujące się na

Another application of unmanned vehicles in rescue can be to assist in carrying loads in difficult terrain. A robot of this type has been presented by Boston Dynamics. The four-legged walking robot, named Spot, is adapted to movement in a difficult terrain (Figure 8). With the unladen weight of 75 kg, it can carry loads of up to 23 kg for 45 minutes. This would be enough for carrying heavy equipment without putting the burden on the rescuer.

Unmanned ground vehicles are currently finding applications in military operations for reconnaissance and military engineering tasks [4, 5, 10, 25]. As far as detecting other objects is concerned, this type of vehicle has worse visual capabilities in comparison to aerial vehicles, mainly due to the limitations caused by the features of the terrain and obstacles. However, it can patrol a given area for a much longer period of time. It should also be pointed out that, to achieve greater movement speeds, ground vehicles need roads and corridors, which not always lead to the target and often overlap with transport routes used by the population.

Unmanned surface and underwater vehicles

The beginnings of surface and underwater vehicles are difficult to define and go back, depending on the source, to the 18th or 19th century [26, 27, 28]. Although a long time has passed since the first structures of this type were invented, their development has gathered pace only recently. Some of the driving forces behind this growth were the successful rescue of the crew of a trapped submersible in 1973 and the efforts to facilitate the observation of shipwrecks (such as the Titanic in 1985) [26, 27]. These systems are currently capable of scanning river and lake beds to search for humans and greatly reduce the costs and risk associated with using divers. Moreover, they are very well suited to all types of inspections of underwater structural elements such as bulkheads, sluices or pipelines. They can also identify the condition of the environment and report on the potential type and location of an encountered pollutant. Unmanned marine vehicles have also found application in the military sector. They are used to detect, disarm and detonate naval mines, detect submarines and perform reconnaissance operations. In terms of structure, the most common models are

konstrukcji wielowirnikowcach lub naśladujące budowe organizmów morskich (bioniczne).

Największy problemem w odniesieniu do maszyn podwodnych jest związany z ustalaniem ich położenia. W środowisku wodnym praktycznie nie działają sygnały GPS, a dodatkowo środowisko to jest na tyle nieprzejrzyste, że zastosowanie kamer pozwala na widoczność sięgającą zaledwie kilku metrów. Z tego powodu pojazdy te muszą się posługiwać innymi metodami do określenia swojego położenia np. na podstawie sonaru lub połączonych pomiarów z magnetometru, akcelerometru i żyroskopu. Niestety wymienione metody wprowadzają stale zwiększającą się błąd nawigacji zliczeniowej, powodując problem z dokładną nawigacją pojazdu. Problem ten nie występuje w przypadku pojazdów poruszających się po powierzchni wód. Pojazdy wodne mogą zostać wykorzystane do sprawdzania aktualnego stanu środowiska, monitorowania obszaru, ale również do dostarczenia np. koła ratowniczego w okolicę osoby potrzebującej pomocy.

Wnioski

Jak przedstawiono powyżej, istnieje szerokie pole do zastosowania bezzałogowych pojazdów zarówno w służbach mundurowych, jak i cywilnych. Największym zainteresowaniem cieszą się kolejno: platformy latające, lądowe, a dopiero na końcu podwodne. Tym niemniej w każdym obszarze pojazdy bezzałogowe mogą wspierać pracę i wpływać na bezpieczeństwo użytkowników. Użyteczność tych pojazdów do celów ratowniczych w głównej mierze zależy od ich wyposażenia pomiarowego i pozyskanych za ich pomocą danych (np. w celu wykonania ortofotomapy, modelu 3D terenu), w mniejszym stopniu od osiągnięć samej platformy. Pod kątem wykorzystania pojazdów bezzałogowych w ratownictwie znaczące są również zasięg oraz szybkość ponownej gotowości do zadania (np. po rozładowaniu się akumulatorów). Docelowo autonomiczna praca platform może prowadzić do ich masowego użytkowania w służbach porządku publicznego i bezpieczeństwa.

W dobie miniaturyzacji czujników i komponentów możliwości oferowane przez statki bezzałogowe są coraz większe, zdecydowanie wykraczające poza ramy samego monitorowania terenu i miejsca akcji ratowniczej. Obecnie pojazdy bezzałogowe potrafią identyfikować obiekty, mogące stanowić stwarzać zagrożenie oraz informować o tym zagrożeniu. Mogą także przenosić małe ładunki. Wyposażone w odpowiednie czujniki wykonują szybkie badanie składu i jakości środowiska, w jakim się znajdują – nawet w trudno dostępnych miejscach – bez narażania ratowników na działanie niebezpiecznych substancji. Takie monitorowanie składu atmosfery mogłoby się sprawdzić np. podczas długotrwałych akcji gaśniczych jak pożary śmieciowisk w 2018 r. W trakcie takich akcji strażacy, rotując się, wypoczywają w strefie o – niejednokrotnie – nie do końca zbadanych właściwościach powietrza. Zastosowanie dronów z odpowiednimi sensorami może znacząco poprawić bezpieczeństwo pracy ratowników.

Bardzo ważną funkcją bezzałogowych pojazdów jest możliwość podjęcia działań szybciej niż ratownik, poprzez

those based on multi-propeller solutions or reflecting the functioning of maritime organisms (bionic).

The biggest problem in relation to underwater vehicles is connected with determining their location. GPS signal is not available underwater and such environments provide very limited visibility, so that cameras allow to see only a few metres away. For this reason, such vehicles must use other methods of determining location, e.g. using a sonar or combined magnetometer, accelerometer and gyroscope measurements. Unfortunately, these methods introduce a constantly increasing dead reckoning error, causing problems with the accurate navigation of the vehicle. This problem is not present for surface vehicles. Both surface and underwater vehicles can be used to determine the status of the environment or monitor an area, but also to provide e.g. a life buoy near a person who needs help.

Conclusions

As demonstrated above, there is a wide range of applications for unmanned vehicles both in uniformed and civilian services. By order of popularity, these are aerial, ground and underwater vehicles. Still, in every area, unmanned vehicles can facilitate the work and improve the safety of users. Their usefulness for rescue purposes largely depends on their measuring equipment and the data obtained from it (e.g. to create an orthophotomap or a 3D terrain model), less on the performance of the vehicle itself. For using unmanned vehicles in rescue operations, their range and recovery time (e.g. after draining the battery) are also significant. As a target, the autonomous operation of unmanned vehicles may lead to their mass use in law enforcement and emergency services.

In the times when sensors and components are miniature, the opportunities provided by unmanned vehicles are increasing and involve a far greater range of applications than terrain and rescue location monitoring. Today's unmanned vehicles can identify objects which could cause potential threat and report such threats. They can also carry small loads. When equipped with appropriate sensors, they can quickly analyse the composition and quality of the environment they are operating in – even in hard-to-reach places – eliminating the need to expose rescuers to hazardous substances. Such monitoring of the atmosphere's composition might prove useful e.g. in long firefighting operations such as the landfill fires in 2018. During such operations, firefighter teams operate in turns, resting in an area where air quality has not been tested. Using UAVs with appropriate sensors can significantly increase the safety at work of rescuers.

A very important function of unmanned aerial vehicles is their ability to act faster than a rescuer would, by providing a life buoy or raft near a drowning person. This would definitely boost the chances of providing effective help.

Unmanned vehicles equipped with thermal imaging cameras and visible light cameras are increasingly often used to support the process of searching for missing people. Recently,

dostarczenie np. w okolicę topiącej się osoby koła ratunkowego lub tratwy. Takie zastosowanie urządzenia na pewno zwiększałoby na skuteczne udzielenie pomocy.

Bezzałogowce wyposażone w kamery termowizyjne i kamery światła widzialnego coraz częściej wspierają proces poszukiwań zaginionych ludzi. W ostatnim czasie drony zostały wykorzystywane (co prawda, bez skutku) do wsparcia poszukiwań pytona zaginionego w okolicach Warszawy.

Zastosowanie pojazdów bezzałogowych jest również zasadne w służbach mundurowych i cywilnych, ze względu na możliwość sprawdzenia miejsc niedostępnych dla ratownika (np. wewnątrz zagrożonego zawaleniem budynku) lub tych, które mogły zostać skażone w stopniu niepozwalającym na przebywanie w nich ratownika. Możliwe jest wówczas zweryfikowanie stanu konstrukcji lub obecności osób poszkodowanych bez narażania zdrowia i życia ratowników.

Biorąc pod uwagę obecny stan techniki oraz możliwości, jakie oferują bezzałogowe pojazdy, coraz powszechniejsze wykorzystywanie ich przez służby ratownicze i porządkowe wydaje się procesem, który będzie stale postępował. Niebagatelną rolę odgrywają tu korzyści związane z ułatwieniami przy organizacji ćwiczeń i akcji ratowniczych czy porządkowych, ograniczenie kosztów, jak i ochrona zdrowia i życia ratowników jak i ratowanych.

UAVs were used (though unsuccessfully) to support the search for the python lost near Warsaw.

The use of unmanned vehicles is also important in uniformed and civilian services, as they allow to inspect places unreachable for the rescuer (e.g. inside a building which might collapse) or those that may have been contaminated to an extent preventing the rescuer from entering. In such situations, it can verify the condition of the structure and the presence of people without jeopardising the live and health of the rescuers.

Taking into account the current state of the art and the opportunities afforded by unmanned vehicles, their more and more widespread use by emergency and law enforcement services can be seen as a process that should be gathering pace with time. The benefits connected with training and the organisation of rescue or law enforcement operations, cost reductions and the protection of health and life of both rescuers and rescuees play a huge role in this process.

Literatura

- [1] Tuśnio N., Nowak A., Tuśnio J., Wolny P., *Bezzałogowe statki powietrzne w działaniach Państwowej Straży Pożarnej – propozycja dedykowana Państwowej Straży Pożarnej*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2016, nr 58 (1)/2.
- [2] Polkowski P., *Bezzałogowe statki powietrzne*, „Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego” 2016, 10, nr 1.
- [3] Jinlu Han, Yaojin Xu, Long Di, YangQuan Chen, *Low-cost Multi-UAV Technologies for Contour Mapping of Nuclear Radiation Field*, „Journal of Intelligent & Robotic Systems” 2013, 70, 1–4, 401–410.
- [4] Jessie Y.C.Chen, *UAV-guided navigation for ground robot tele-operation in a military reconnaissance environment*, „Ergonomics” 2010, 53, 8, 940–950.
- [5] D. Prior S., Siu-Tsen Shen, S. White A., Odedra S., Karamanoglu M., Ali Erbil M., Foran T., *Development of a Novel Platform for Greater Situational Awareness in the Urban Military Terrain*, „Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics” 2009, 120–125.
- [6] Hajdrowski K., *Drony w służbie energetyki*, „Energia Elektryczna”, lipiec 2014.
- [7] Ferenc A., Koreleska E., *Innowacje w logistycznej obsłudze pacjenta – zastosowanie dronów*, „TTS Technika Transportu Szybnego” 2015, 12, 492–496.
- [8] *Drony w służbie społeczeństwa*, „Innowacje techniczne”, January 18, 2016 <https://iq.intel.pl/drony-w-sluzbie-spoleczenstwa/> [dostęp: 20.07.2018].
- [9] Hrynaskiewicz-Ołów P., Rapkowska K., *Zastosowanie platform bezzałogowych na rzecz bezpieczeństwa pozamilitarnego*, Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni, <http://www.knbn.amw.gdynia.pl/wp-content/uploads/2014/12/Hrynaskiewicz-O%C5%82%C3%B3w-Paulina-Rapkowska-Karolina-Zastosowanie-latform-bezza%C5%82ogowych-na-rzecz-bezpiecze%C5%84stwa-pozamilitarnego.pdf> [dostęp: 20.07.2018].
- [10] Dąbrowski M., *Przyszłość systemów bezzałogowych. W powietrzu, na lądzie i na morzu*, <https://www.defence24.pl/przyszlosc-systemow-bezzałogowych-w-powietrzu-na-ladzie-i-na-morzu> [dostęp: 20.07.2018].
- [11] Kardasz P., Doskocz J., Kruszynski M., Kardasz E., Adamczyk M., Cienciala M., *Aspekty użytkowania dronów w leśnictwie*, „Biuletyn Naukowy Wrocławskiej Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej. Informatyka” 2017, 7, nr 1.
- [12] Berner B., Chojnacki J., *Monitorowanie zanieczyszczeń środowiska za pomocą dronów*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2017, R. 18, nr 7–8.
- [13] Feltyński M., *Zastosowanie systemów bezzałogowych elementem umożliwiającym usprawnienie procesu podejmowania decyzji w zarządzaniu kryzysowym i ratownictwie*, „Security and alarm systems” 2018, 1(7).
- [14] *Droniada 2018. Opis konkurencji*, <http://www.5zywiolow.pl/droniada-2018-opis-konkurencji/> [dostęp: 20.07.2018].
- [15] Kokot J.M.K., CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, from Wikimedia Commons [dostęp: 30.09.2018].
- [16] <http://www.et.co.uk/assets/resources/files/dr1000-brochureet.pdf> [dostęp: 20.07.2018].
- [17] Toor A., *Shark-detecting drones take to the skies in Australia*, https://www.washingtonpost.com/video/world/shark-detecting-drones-to-patrol-australias-beaches/2017/08/25/3cc8daba-8993-11e7-96a7-d178cf3524eb_video.html?utm_term=.fd00ce38f80a [dostęp: 20.07.2018].
- [18] <https://www.theverge.com/2017/8/28/16213416/drones-australia-shark-attack-ai-little-ripper> [dostęp: 20.07.2018].
- [19] Little Ripper Lifesaver Drones Spot Sharks Electronically, film video, <https://youtu.be/HltdecoGK3A> [dostęp: 20.07.2018].
- [20] http://www.altair.com.pl/files/special/articles/1/1015/helidron_01.jpg [dostęp: 20.07.2018].

CASE STUDY – ANALYSIS OF ACTUAL EVENTS

- [21] *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, kwiecień 2015 <https://www.issuefab.org/resources/21683/21683.pdf> [dostęp 20.07.2018].
- [22] Siciliano B., Khatib O., *Springer Handbook of Robotics*, 2016.
- [23] <https://www.engadget.com/2011/03/23/monirobo-measures-radiation-following-nuclear-crisis-at-japans/?guccounter=1> [dostęp 20.07.2018].
- [24] Hutter M., Gehring Ch., Bloesch M., Hoepflinger M., *StarlETH: a Compliant Quadrupedal Robot for Fast, Efficient, and Versatile Locomotion*, International Conference on Climbing and Walking Robots (CLAWAR) International Conference on Climbing and Walking Robots (CLAWAR), DOI: 10.1142/9789814415958_0062 [dostęp 20.07.2018]. Fot: François Pomerleau
- [25] Szopa E., *Lądowe bezzałogowe platformy rozpoznawcze. Wybrane problemy*, „Obronność – Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia” 2014, 4(12).
- [26] Tariov A., Kruszko S., *Bezzałogowe pojazdy podwodne: stan obecny, potencjał biznesowy, perspektywy rozwoju*, „Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania” 2011, 52, 10, 148–156.
- [27] Blidberg D.R., *The Development of Autonomous Underwater Vehicles (AUV); A Brief Summary*.
- [28] Whitehead_torpedo, Wikimedia Commons, https://en.wikipedia.org/wiki/Whitehead_torpedo [dostęp: 20.07.2018].

BRYG. DR INŻ. MARIUSZ FELTYNOWSKI – kierownik Centrum Systemów Bezzałogowych i Autonomicznych – Centrum Dronów. Od 2016 r. kierownik Działu Samodzielnych Ekspertów w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie. W 2016 r. ukończył studia III stopnia na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia, Akademii Obrony Narodowej, uzyskując stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk społecznych. Specjalista w zakresie działań ratowniczych, w tym zwłaszcza problematyki działań i funkcjonowania specjalistycznych grup poszukiwawczo-ratowniczych kierowanych do działań po katastrofach budowlanych i trzęsieniach ziemi.

MGR MACIEJ ZAWISTOWSKI – absolwent wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej, w latach 2013–2018 pracował w Instytucie Elektrotechniki w Międzyzlesiu w zakładach Systemów Pomiarowo-Diagnostycznych oraz Zakładzie Napędów Elektrycznych i sterowania. Od 2018 r. pracuje w dziale Samodzielnych Ekspertów w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie.

BRIG. ENG. MARIUSZ FELTYNOWSKI, PH.D. – manager of the Drone Centre – Centre for Unmanned and Autonomous Systems. Since 2017 manager of the Department of Independent Experts of the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów. In 2016 he completed his doctoral studies at the Faculty of Management and Command of the National Defence University of Warsaw, obtaining the title of Doctor of Social Sciences. Specialist in the field of rescue operations, particularly issues related to the operations and functioning of specialised search-and-rescue teams deployed in the aftermath of construction accidents and earthquakes.

MACIEJ ZAWISTOWSKI, M.ENG. – graduated from the Faculty of Electronics of the Warsaw University of Technology, in 2013–2018 he worked at the Electrotechnical Institute in Międzyzlesie at the Department of Measurement and Diagnostic Systems and Department of Electric Drives and Control. Since 2018 he has worked at the Department of Independent Experts of the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BITP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” – zadanie finansowane w ramach umowy 658/P-DUN/2018 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.