

Wiesław Jaszczur^{a)*}, Szymon Łukasik^{a)}

^{a)} Calisia University / Akademia Kaliska im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego

* Corresponding author / Autor korespondencyjny: w.jaszczur@akademikaliska.edu.pl

Selected Aspects of Crisis Management with the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) on the Example of a Traffic Disaster

Wybrane aspekty zarządzania kryzysowego z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (BSP) na przykładzie katastrofy komunikacyjnej

ABSTRACT

Purpose: The theoretical aim of this study was to present the impact of modern technologies on the improvement of the effectiveness of process activities (documenting) at the site of a communication disaster. On the other hand, the utilitarian goal was to present the improvement of the organization of documenting a mass incident with the use of drones and photogrammetry tools.

Design and methods: As part of the exercise consisting of a simulation of a communication disaster, the activities were documented using the functionality of unmanned aerial vehicles which interact with an IT system (Pix4D application). The characteristic drone models which can be used in the monitoring of a disaster site were presented. The discussed research approach describes the methods used to perform drone flights and to what extent the photogrammetric method of processing digital images obtained from drones was used. The issue of field measurements (control points, control lines), the purpose of which was to determine the accuracy of mapping and matching to the coordinate system, was discussed.

Results: As part of the research, images were captured and taken with the use of UAVs and IT systems, which were collated and compared with the results of measurements from the visual inspection of the disaster site, performed in a traditional manner by the representatives of the procedural entity. A comparative analysis of the collected research material leading to a comparison of the work results captured by means of the traditional procedural forms with the methods and techniques of modern technologies (drone with the Pix4D Cloud application) allows for the following conclusions to be drawn. For short measuring sections (up to 15 meters), the measurement accuracy of the two methods differs by about 1.5%. For longer measuring sections (up to 100 m), the measurement error is approx. 2.3%.

Conclusions: In case of the UAV method and the application Pix4D Cloud, the sources of measurement errors should be seen in the accuracy of rendering of the details of the model (the quality of imaging) and the ability to use this application. On the other hand, when using the police method, in which the measurement trolley is the measuring tool, the sources of error should be seen in the uneven terrain, the obstacles in the terrain, and the measurement error of the tool itself (the trolley). The innovation of the project to use UAVs certainly gains importance especially in a terrain with limited accessibility, i.e. in hilly and mountainous terrain, at road intersections or forks.

Keywords: communication disaster, modern technologies, crisis management

Article type: preliminary report

Received: 08.11.2021; Reviewed: 23.11.2021; Accepted: 24.11.2021;

Author's ORCID IDs: W. Jaszczur – 0000-0002-3756-8041; S. Łukasik – 0000-0002-5716-1476;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 58 Issue 2, 2021, pp. 140–152, <https://doi.org/10.12845/sft.58.2.2021.8>;

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

ABSTRAKT

Cel: Celem teoretycznym niniejszego opracowania było przedstawienie wpływu nowoczesnych technologii na poprawę skuteczności działań procesowych (dokumentowania) na miejscu katastrofy komunikacyjnej. Natomiast celem użytkowym artykułu było zaprezentowanie usprawnienia organizacji dokumentowania zdarzenia masowego z wykorzystaniem dronów i narzędzi fotogrametrii.

Projekt i metody: W ramach ćwiczenia – symulacji katastrofy komunikacyjnej – udokumentowano zdarzenia z wykorzystaniem funkcjonalności bezzałogowych statków powietrznych (BSP), które współdziałają z systemem informatycznym (aplikacją Pix4D). Zaprezentowano charakterystyczne modele dronów, które mogą być wykorzystane w monitorowaniu miejsca katastrofy. W omówionym podejściu badawczym opisano metody wykonywania nalołów dronem oraz przedstawiono, w jakim zakresie wykorzystano metodę fotogrametryczną przetwarzania obrazów cyfrowych pochodzących z dronów. Przybliżono zagadnienie pomiarów terenowych (punkty kontrolne, linie kontrolne), których celem było określenie dokładności odwzorowania oraz dopasowania do układu współrzędnych.

Wyniki: W badaniu utrwalono i wykonano obrazy z wykorzystaniem BSP i systemów informatycznych, które następnie zestawiono i porównano z wynikami pomiarów z oględzin miejsca katastrofy, wykonanych w sposób tradycyjny przez przedstawicieli podmiotu procesowego. Analiza porównawcza zgromadzonego materiału badawczego pozwoliła na zestawienie efektów pracy utrwalanych tradycyjnymi formami procesowymi z metodami i technikami nowoczesnych technologii (dron z aplikacją Pix4D Cloud) oraz sformułowanie konkluzji dotyczących dokładności pomiarów w zależności od długości odcinków wymiarowania. Na krótkich odcinkach wymiarowania (do 15 m) dokładność pomiarowa dwóch metod różni się o ok. 1,5%. Na dłuższych odcinkach wymiarowania (do 100 m) błąd pomiaru wynosi ok. 2,3%.

Wnioski: W przypadku metody wykorzystującej BSP i aplikację Pix4D Cloud źródeł błędów pomiarowych należy szukać w dokładności odwzorowania szczegółów modelu (jakości obrazowania) i umiejętności postępowania się tą aplikacją. Z kolei wykorzystując metodę policyjną, w której wózek do pomiarów stanowi narzędzie pomiarowe, źródłem błędów należy dopatrywać się w nierównym ukształtowaniu terenu, występujących przeszkodach terenowych, błędzie pomiarowego samego narzędzia (wózka). Innowacyjność projektu wykorzystania BSP z pewnością zyskuje na znaczeniu szczególnie w terenie o ograniczonej dostępności, tj. w terenie górzystym, pagórkowatym, na przecięciach lub rozwidleniach dróg.

Słowa kluczowe: katastrofa komunikacyjna, nowoczesne technologie, zarządzanie kryzysowe

Typ artykułu: doniesienie wstępne

Przyjęty: 08.11.2021; **Zrecenzowany:** 23.11.2021; **Zaakceptowany:** 24.11.2021;

Identyfikatory ORCID autorów: W. Jaszczur – 0000-0002-3756-8041; S. Łukasik – 0000-0002-5716-1476;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: SFT Vol. 58 Issue 2, 2021, pp. 140–152, <https://doi.org/10.12845/sft.58.2.2021.8>;

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

Introduction

The randomness of incidents, especially those with a high risk factor of threat to human life and health, as well as those in which it is difficult to estimate the unquantifiable effects and losses to the natural environment, determines the need for a systemic and institutional counteraction to the defined challenges and threats. In the state security strategy, these functions in the area of civil protection are carried out within the area of crisis management. Nowadays, it seems that the crisis management system justifiably reinforces the expectations and needs of both the local communities and the regions in terms of protecting people from the devastation of natural disasters and catastrophes, including the effects of communication disasters. Communication disasters are most often caused directly or indirectly by people themselves and they are classified as mass incidents characterised by a sudden and collective threat to the life and health of a large number of citizens.

In a situation of mass communication incidents, risk management is implemented through risk identification, risk analysis and subsequent risk evaluation with a view to its modification. According to ISO 31000, risk identification includes the process of finding, recognising and describing risks. Risk analysis, on the other hand, includes the process of seeking to understand the nature and the risk level [1]. From the perspective of documenting a mass incident within the framework of procedural activities, special importance is attributed to the issue of description of a mass incident, which is accomplished in various forms (among others, a visual inspection report of the accident site, a sketch/plan of the disaster site, photographic documentation, video recording, a visual inspection report of the vehicles, and a report on the state of sobriety of the drivers, witness interview report).

A simulation (exercises) of a communication disaster is certainly an effective learning tool for the entities performing rescue

Wprowadzenie

Losowość zdarzeń szczególnie o wysokim współczynniku zagrożenia dla życia i zdrowia człowieka, a także tych, w których trudno oszacować niewymierne skutki i straty dla środowiska naturalnego, determinuje potrzebę systemowego, instytucjonalnego przeciwdziałania konkretnym wyzwaniom i zagrożeniom. W strategii bezpieczeństwa państwa funkcje te w sferze ochrony ludności realizuje dziedzina zarządzania kryzysowego. Współcześnie uznaje się, że system zarządzania kryzysowego w sposób uzasadniony wzmacnia oczekiwania i potrzeby zarówno lokalnych społeczności, jak i regionów w zakresie ochrony ludności przed zniszczeniami spowodowanymi przez klęski żywiołowe i katastrofy. W tej kwestii należy uwzględnić także katastrofy komunikacyjne, które wywołane są najczęściej bezpośrednio lub pośrednio przez samego człowieka. Zalicza się je do grupy zdarzeń masowych, które stanowią nagłe i zbiorowe zagrożenie życia i zdrowia wielu obywateli.

W sytuacji komunikacyjnych zdarzeń masowych zarządzanie ryzykiem realizowane jest przez jego identyfikację, analizę a następnie ewaluację pod kątem jego modyfikacji. Zgodnie z ISO 31000 identyfikacja ryzyka obejmuje proces jego wyszukiwania, rozpoznawania i opisywania. Natomiast analiza ryzyka uwzględnia proces dążenia do poznania charakteru i poziomu ryzyka [1]. Z perspektywy dokumentowania zdarzenia masowego w ramach czynności procesowych szczególna waga przypisywana jest kwestii opisu samego zdarzenia, który realizowany jest w różnej formie (np. protokołu oględzin miejsca wypadku, szkicu/planu miejsca katastrofy, dokumentacji fotograficznej, zapisu wideo, protokołu oględzin pojazdów i stanu trzeźwości kierujących pojazdami, protokołu przesłuchania świadków).

Z pewnością skuteczne narzędzie poznawcze dla podmiotów realizujących czynności ratowniczo-procesowe stanowi symulacja

and procedural activities¹. Within such framework, confrontation of theory and practice reveals imperfections of the activities, but also contributes to the improvement of the principles of cooperation between services and institutions at a disaster site. Undoubtedly, modern times not only ensure, but in a way also enforce the use of modern technologies which include unmanned aerial vehicles (UAVs) cooperating with IT systems. The innovation of the new technologies makes it possible, on one hand, to raise the cooperation between the crisis management entities to a higher level and, on the other hand, to record and document them procedurally more efficiently as mass incidents and as communication offences within the meaning of the criminal law. Considering the challenges and threats of the modern times, and accepting a systemic approach in the area of risk assessment methods, it is justified to take into account, in public crisis management, the need to adapt new solutions (standards, good practices) using modern technologies.

Considering the framework of this publication, its authors present only a part of the results of the theoretical and practical research which are the aftermath of the simulation of a communication disaster carried out in May 2021 with the participation of units, guards, inspections, and crisis management institutions. The simulation – as an exercise in the field of crisis management – was carried out as part of the scientific and research study. It should be emphasised that the students of the 1st degree course in Internal Security, as actors in some scenes, artfully enacted the roles in the rescue actions and activities on the site of a communication disaster. Thus, it can be said that the carried out research, while ensuring its utilitarian aspect, also included a didactic dimension in the scientific and research work.

Due to a broad range of crisis management issues in the context of a (communication) disaster, the multidimensionality and complexity of the subject, the area of consideration in this publication has been deliberately limited. It came down to identifying the innovative possibilities of using UAV properties to record the visual inspection of the site of an incident and to procedurally document the disaster site. The presented research subject allows to define the purpose of the research seen in cognitive and utilitarian terms.

The cognitive (theoretical) purpose of the research, within the framework of a scientific and research study, takes into account the pursuit of understanding the nature of legal and social determinants of crisis management in the context of a communication disaster, and in the area of risk management (risk identification and handling), understanding of organisational governance, structure and culture, information systems, information flow (understood as resources and knowledge). Whereas the purpose of this study is to present the considerations to what extent modern technologies have an impact on the expected improvement in the effectiveness of procedural activities at the site of a communication disaster.

(ćwiczenia) katastrofy komunikacyjnej¹. W ramach tej działalności konfrontacja teorii z praktyką ujawnia nie tylko niedoskonałości działań, ale także przyczynia się do ulepszenia zasad współdziałania (koordynowania) służb i instytucji na miejscu zdarzenia. Niewątpliwie obecny rozwój nowych technologii nie tylko zapewnia, ale i w pewnym sensie także wymusza stosowanie nowoczesnych rozwiązań, do których zaliczyć można bezałogowe statki powietrzne (BSP) współdziałające z systemami informatycznymi (np. oprogramowaniem PIX4D do profesjonalnego mapowania dronem). Innowacyjność nowych technologii z jednej strony sprawia, że współdziałanie podmiotów zarządzania kryzysowego jest na wyższym poziomie, a z drugiej strony umożliwia w sposób procesowy sprawne utrwalanie i dokumentowanie zdarzeń masowych oraz przestępstw komunikacyjnych w rozumieniu przepisów karnych. Mając na uwadze wyzwania i zagrożenia współczesności, a w obszarze metodyki oceny ryzyka akceptując podejście systemowe, uzasadnione jest w publicznym zarządzaniu kryzysowym uwzględnianie potrzeby adaptacji nowych rozwiązań (standardów, dobrych praktyk) z zastosowaniem nowoczesnych technologii.

Ze względu na ramy niniejszej publikacji jej autorzy prezentują tylko część wyników badań teoretycznych i praktycznych, które stanowią pokłosie zorganizowanej i przeprowadzonej w maju 2021 r. symulacji katastrofy komunikacyjnej z udziałem jednostek straży pożarnej oraz inspekcji i instytucji zarządzania kryzysowego. Symulację – jako ćwiczenie w obszarze zarządzania kryzysowego – zrealizowano w ramach pracy naukowo-badawczej. Należy podkreślić, że niektóre działania ratownicze na miejscu katastrofy komunikacyjnej odtwarzali studenci I stopnia kierunku bezpieczeństwo wewnętrzne. Można zatem powiedzieć, że zrealizowane badania zapewniały zarówno ich aspekt użyteczny, jak również uwzględniały walor dydaktyczny w pracy naukowo-badawczej.

Z uwagi na szeroki zakres problematyki zarządzania kryzysowego w aspekcie katastrofy (komunikacyjnej), wieloaspektowość i złożoność zagadnienia, obszar rozważań w ramach niniejszej publikacji został świadomie ograniczony. Sprowadził się do określenia innowacyjnych możliwości wykorzystania właściwości BSP w rejestrowaniu oględzin miejsca zdarzenia i procesowym dokumentowaniu miejsca katastrofy. Zaprezentowany przedmiot badań pozwolił na sprecyzowanie celu badań, który postrzegany jest w kategoriach poznawczych i użytecznych.

Cel poznawczy (teoretyczny) badań w ramach pracy naukowo-badawczej uwzględnia dążenie do poznania istoty uwarunkowań prawnych i społecznych zarządzania kryzysowego w aspekcie katastrofy komunikacyjnej, a w obszarze zarządzania ryzykiem (identyfikacji ryzyka i postępowania z nim) zrozumienie ładu organizacyjnego, struktury i kultury organizacyjnej, systemów informacyjnych, przepływu informacji (rozumianych jako zasoby i wiedza). Natomiast celem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie rozważań, w jakim stopniu nowoczesne technologie mają wpływ na oczekiwaną poprawę skuteczności działań procesowych na miejscu katastrofy komunikacyjnej.

¹ In May 2021, the authors of this publication organised, as part of crisis management, communication disaster simulation exercises with the participation of entities, units, fire brigades, inspections and crisis management institutions.

¹ Autorzy publikacji w ramach zarządzania kryzysowego zorganizowali w maju 2021 r. ćwiczenia symulacyjne katastrofy komunikacyjnej z udziałem podmiotów, jednostek, straży pożarnej, inspekcji i instytucji ZK.

The practical (utilitarian) purpose of the research project was to prepare a scientifically justified concept of improving the crisis management process in a situation of a communication disaster in terms of management and cooperation of services and institutions with the use of modern technologies (UAVs) and to develop the assumptions of risk assessment methods. As part of this publication, it was important to propose an improved organisation of documenting a mass incident using drones and photogrammetry tools.

The above considerations and the content of the project's research justification as well as its defined purposes justified the formulation of the main research problem in the form of a question: How to organise and carry out the crisis management activities, on the example of a communication disaster, with the aim of improving the process of commanding and directing units and institutions involved in such incidents and their procedural documentation using modern technologies (UAVs), taking into account the assumptions of the risk management process?

A consequence of the formulated aim of mitigating the effects of undesirable incidents and disasters, including communication disasters, should be the development of risk identification procedures in a cross-sectional manner using modern technologies. A significant advantage of using unmanned aerial vehicles in the monitoring of mass road incidents is the ability both to control a large number of road safety factors and to record a range of variables.

A photogrammetric method is characteristic for the inspection of communication disaster sites using drones. It has the advantages of reducing visual inspection time, minimising difficulties in situations of limited accessibility (uneven terrain, mountains, viaducts, bridges, etc.) [2]. It should be noted that the quality and efficiency of recording and documenting a mass communication incident is of vital importance in the course of the procedural activities.

UAV models used in the simulation

Unmanned aerial vehicles (see Table 1) and low altitude photogrammetry tools were used in documenting the visual inspection of the site of a communication disaster² [3]. For the purposes of the exercise of a disaster simulation, two models of DJI multicopter aircraft were used – Phantom 4 Pro and Mavic 2 Pro. The specifications of the selected models are available on the manufacturer's website [4]. From the point of view of the purpose of the task, the most relevant, properties have been collected and presented in Table 1.

² Photogrammetry – a branch of technical sciences (geodesy) dealing with obtaining, transforming, presenting and collecting (quantitative and qualitative) information about a given area or object on the basis of photogrammetric images (so-called photographs) or their digital representations.

Cel praktyczny (użyteczny) projektu badawczego sprowadzał się do przygotowania naukowo uzasadnionej koncepcji doskonalenia procesu zarządzania kryzysowego w zakresie kierowania i współdziałania służb i instytucji z wykorzystaniem nowoczesnych technologii (BSP) w sytuacji katastrofy komunikacyjnej oraz opracowania założeń metodyki oceny ryzyka. W ramach publikacji istotne było zaproponowanie usprawnienia organizacji dokumentowania zdarzenia masowego z wykorzystaniem dronów i narzędzi fotogrametrii.

Powyższe rozważania i treści zawarte w uzasadnieniu badań w ramach projektu oraz ich zdefiniowane cele uzasadniały sformułowanie głównego problemu badawczego w postaci pytania – jak organizować i realizować działania w zarządzaniu kryzysowym na przykładzie katastrofy komunikacyjnej, zmierzające do usprawnienia procesu dowodzenia oraz kierowania jednostkami i instytucjami uczestniczącymi w takich zdarzeniach oraz ich procesowego dokumentowania, korzystając z nowoczesnych technologii (BSP) uwzględniających założenia procesu zarządzania ryzykiem?

Konsekwencją sformułowanej chęci ograniczenia skutków niepożądanych zdarzeń i katastrof, w tym katastrof komunikacyjnych, powinno stać się wypracowanie w sposób przekrojowy procedur identyfikacji ryzyka wykorzystujących nowoczesne technologie. Istotną zaletą zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w monitoringu drogowego zdarzenia masowego jest możliwość kontroli zarówno dużej liczby czynników bezpieczeństwa ruchu drogowego, jak i rejestrowania szeregu zmiennych.



Charakterystyczną cechą oględzin miejsca katastrof komunikacyjnych z wykorzystaniem dronów jest metoda fotogrametryczna. Jej zalety to ograniczenie czasu oględzin, minimalizowanie trudności w sytuacji ograniczonej dostępności (nierówności terenu, góry, wiadukty, mosty itp.) [2]. Należy zauważyć, że w ramach czynności procesowych istotna jest jakość i sprawność rejestrowania i dokumentowania komunikacyjnego zdarzenia masowego.

Modele BSP wykorzystane w symulacji

W dokumentowaniu oględzin miejsca katastrofy komunikacyjnej wykorzystano bezzałogowe statki powietrzne (zob. tabela 1) oraz narzędzia fotogrametrii niskiego pułapu² [3]. Na potrzeby realizacji ćwiczenia – symulacji katastrofy – wykorzystano dwa modele wielowirnikowców Phantom 4 Pro i Mavic 2 Pro produkcji firmy DJI. Wybrane specyfikacje modeli dostępne są na stronach internetowych producenta [4]. Najistotniejsze cechy, z punktu widzenia celu zadania, zgromadzono i przedstawiono w tabeli 1.

² Fotogrametria – dziedzina nauk technicznych (geodezji) zajmująca się pozyskiwaniem, przekształcaniem, prezentacją i gromadzeniem informacji (ilościowych i jakościowych) dotyczących danego terenu lub obiektu na podstawie zdjęć fotogrametrycznych (tzw. fotogramów) lub ich reprezentacji cyfrowych.

Table 1. Models of unmanned aerial vehicle (UAV) used in monitoring a crash site
Tabela 1. Modele BSP wykorzystane w monitorowaniu miejsca katastrofy

Type of UAV / Rodzaj BSP	DJI Phantom 4 Pro	DJI Mavic 2 Pro
	Four-rotor / Czterowirnikowiec	Four-rotor / Czterowirnikowiec
Type and general appearance / Typ i ogólny wygląd		
Diameter without propellers / Średnica bez śmigieł	350 mm	354 mm
Sensor type / Rodzaj sensora	1" CMOS 20 Mpx	1" CMOS 20 Mpx
Sensor size / Wielkość sensora	12.8 x 8.55 mm	13.2 x 8.8 mm
Max. sensor resolution / Rozdzielczość max. sensora	5,472 × 3,648 px	5,472 × 3,648 px
Single flight time / Czas pojedynczego lotu	30 min	29 min
Field of view (FOV) / Szerokość pola widzenia FOV	84°	77°
Take-off weight / Masa do startu	1,388 g	907 g

Source: Own elaboration.
 Źródło: Opracowanie własne.

The presented models provide the ability to fly in semi-automated mode controlled remotely by the UAV pilot and in automated mode along a pre-programmed route under the supervision of the UAV pilot. Two DJI control applications were used to perform flights in the disaster simulation: DJI Go (basic software with POI mode, among others) and DJI Pilot (advanced route flights, including Grid).

The methods for the processing of the images recorded by UAVs, based on the central projection theory, allow to obtain cartometric representations of reality in the form of solid models and orthogonal projections (topographic maps, orthomosaics). Currently, there is a significant development of the methods of photogrammetric processing of digital images from non-metric cameras whose internal orientation parameters (e.g. focus distance, sensor position in relation to the camera frame, distortion) are unstable and changeable over time. The photogrammetric process starts with the mutual alignment of the photographs, the so-called aerotriangulation. It is the process of calculating the position of images in space by indicating tie points on adjacent photographs, in longitudinal and transverse series. It is carried out with the knowledge of the values of the parameters of the so-called external orientation (basic parameters include spatial position – tilt, deflection, inclination; position in the XYZ reference system) and internal orientation (basic parameters include focal length of the lens, physical size of the photosensitive element, digital resolution of the image, indicators of image distortion). Images from non-metric cameras, including those installed

Zaprezentowane w powyższej tabeli modele zapewniają możliwość wykonywania lotów w trybie półautomatycznym, sterowanym zdalnie przez pilota BSP oraz zautomatyzowanym pod nadzorem pilota BSP po wcześniej zaprogramowanej trasie. Do wykonania lotów w symulacji katastrofy użyto dwóch aplikacji sterujących DJI Go (podstawowe oprogramowanie m.in. z trybem POI) oraz DJI Pilot (zaawansowane loty po trasie, w tym Grid) produkcji firmy DJI.

Metody przetwarzania obrazów zarejestrowanych przez BSP, oparte na teorii rzutu środkowego, pozwalają na uzyskiwanie kartometrycznych reprezentacji rzeczywistości w postaci modeli brył oraz rzutów ortogonalnych (map topograficznych, ortomozaik). Obecnie zauważa się znaczący rozwój metod fotogrametrycznego przetwarzania obrazów cyfrowych pochodzących z kamer niemetrycznych, których parametry orientacji wewnętrznej (np. odległość ogniskowania, położenie sensora względem ramy kamery, dystorsja) są niestałe i zmienne w czasie. Proces fotogrametryczny rozpoczyna się wzajemnym wyrównaniem zdjęć, tzw. aerotriangulacji. Jest to proces polegający na obliczeniu położenia obrazów w przestrzeni przez wskazanie punktów wiążących na sąsiadujących zdjęciach, w podłużnych i poprzecznych szeregach. Odbywa się on przy znajomości wartości parametrów tzw. orientacji zewnętrznej (do podstawowych należą: położenie przestrzenne – wychylenie, odchylenie, pochylenie; położenie w układzie odniesienia XYZ) oraz orientacji wewnętrznej (do podstawowych należą: ogniskowa obiektywu, fizyczny rozmiar elementu światłoczułego, rozdzielczość cyfrowa obrazu, wskaźniki dystorsji obrazu). Obrazy z kamer niemetrycznych, w tym także kamer instalowanych na

on board unmanned aerial vehicles, undergo so-called auto-calibration during the aerotriangulation process, during which the above-mentioned parameters are determined each time. This allows to create correctly rendered digital representations using popular digital cameras and drones.

Methods of performing flights

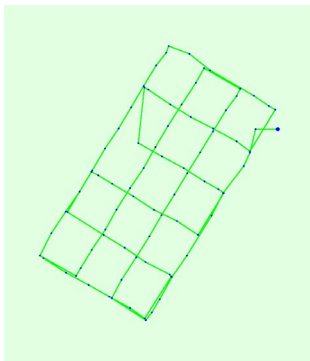
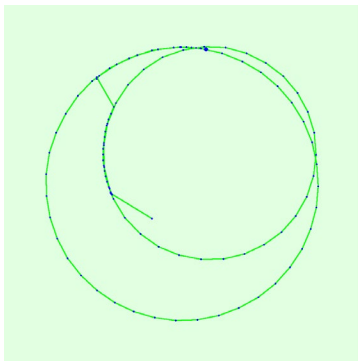
The method of processing digital images from cameras is characterised by performing photogrammetric flights with UAVs. Two image capture methods were used in the disaster simulation exercise. The classic method involved flying the DJI Phantom 4 Pro model along parallel lines in two perpendicular blocks (so-called Grid). The alternative method, on the other hand, involved flying the DJI Mavic 2 Pro model around the point of interest (so-called POI). Table 2 shows the flight grid and other recorded parameters using different UAV models, mode and flight type.

pokładach bezzałogowych statków powietrznych, poddawane są w procesie aerotriangulacji tzw. autokalibracji, podczas której wymienione parametry są ustalane każdorazowo. Pozwala to na tworzenie poprawnie odwzorowanych cyfrowych reprezentacji z użyciem popularnych kamer cyfrowych i dronów.

Metody wykonywania nalołów

W metodzie przetwarzania obrazów cyfrowych pochodzących z kamer charakterystyczne jest wykonywanie nalołów fotogrametrycznych z użyciem BSP. W ćwiczeniu symulacji katastrofy zastosowano dwie metody rejestracji obrazów. Metoda klasyczna polegała na przelotach modelem DJI Phantom 4 Pro wzdłuż linii równoległych w dwóch prostopadłych blokach (ang. *grid* – siatka, krata). Natomiast metoda alternatywna polegała na wykonaniu lotów modelem DJI Mavic 2 Pro wokół punktu zainteresowania (ang. *point of interest*, POI). W tabeli 2 przedstawiono siatkę nalołu oraz inne rejestrowane parametry z wykorzystaniem różnych modeli BSP, trybu i rodzaju lotu.

Table 2. Parameters of raids performed at the crash simulation site
Tabela 2. Parametry wykonanych nalołów na miejscu symulacji katastrofy

Type of UAV / Rodzaj BSP	DJI Phantom 4 Pro	DJI Mavic 2 Pro
Type of flight / Rodzaj lotu	Grid	POI
Flight mode / Tryb lotu	Automatic / Automatyczny	Semi-automatic / Półautomatyczny
Theoretical assumptions / Założenia teoretyczne	<ul style="list-style-type: none"> – faster processing speed (regularity) / szybkość przetwarzania większa (regularność) – for large areas, it requires relatively fewer flights than POIs / dla rozległych obszarów wymaga relatywnie mniejszej liczby lotów niż POI – as a result of the processing, a less accurate representation of tall objects is created than in case of POI / w efekcie przetwarzania powstaje mniej dokładne odwzorowanie obiektów wysokich niż przy POI 	<ul style="list-style-type: none"> – slower processing speed (greater image depth, further field of view) / szybkość przetwarzania mniejsza (większa głębokość obrazu, dalsze pole widzenia) – for large areas it requires more flights than Grid / dla rozległych obszarów wymaga większej liczby lotów niż Grid – as a result of processing, a more accurate representation of tall objects is created than with Grid / w efekcie przetwarzania powstaje bardziej dokładne odwzorowanie obiektów wysokich niż przy Grid
Air raid grid / Siatka nalołu		
Number of photos / Liczba zdjęć	84	107
Time of acquiring photos / Czas pozyskania zdjęć	4 min 43 s	5 min 52 s
Direction of imaging / Kierunek obrazowania	Along the direction of flight, tilt approx. 80°, at one height / Zgodnie z kierunkiem lotu, pochylenie ok. 80°, na jednej wysokości	To the center of the axis of rotation, tilt 50-60° at two heights / Do środka osi obrotu, pochylenie 50-60° na dwóch wysokościach

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The table above quite clearly shows the difference and the advantage of the parameters obtained with the Grid flight type. This concerns the time of taking the photographs and the speed of their processing, also relatively fewer flights are required for large areas. For the authors of the carried out research, the comparison of the parameters for the two flight types (Grid, POI) is a kind of cognitive surprise.

Field measurements of the disaster simulation site

Prior to the start of the communication disaster simulation exercise, signalling was made and control points and control lines were measured. The purpose of these planned activities was to determine the accuracy of mapping and matching to the coordinate system. This procedure ensured that the accuracy of measurement of the developed numerical models and maps was defined. The acquired images of the incident site with marked photo points provide a scaling of the area covered by the visual inspection (see Figure 1).

Na podstawie powyższej tabeli można zaobserwować dość wyraźną różnicę i przewagę uzyskanych parametrów w przypadku lotów Grid. Lepsze wyniki z zastosowaniem tego rodzaju lotu dotyczą czasu wykonania zdjęć, szybkości ich przetwarzania i relatywnie mniejszej liczby lotów potrzebnych do inspekcji rozległych obszarów. Dla autorów prowadzonych badań zestawienie parametrów dla dwóch rodzajach nalołów (Grid, POI) stanowiło pewnego rodzaju zaskoczenie.

Pomiary terenowe miejsca symulacji katastrofy

Przed rozpoczęciem ćwiczeń symulacyjnych katastrofy komunikacyjnej wykonano sygnalizację i zmierzono punkty oraz linie kontrolne. Celem tych zaplanowanych czynności było określenie dokładności odwzorowania oraz dopasowania do układu współrzędnych. Zabieg ten zapewnił zdefiniowanie dokładności pomiarowej opracowywanych numerycznych modeli oraz map. Pozyskane obrazy miejsca zdarzenia z oznaczonymi fotopunktami umożliwiają skalowanie obszaru objętego oględzinami (zob. ryc. 1).



Figure 1. Location of checkpoints in the area of a communication disaster
Rycina 1. Lokalizacja punktów kontrolnych na obszarze katastrofy komunikacyjnej

Source: Own elaboration.
 Źródło: Opracowanie własne.

The control points are marked with crosses painted on a flat surface (asphalt, paving stones) with dimensions of 40 x 40 cm. Six such points were marked and their positions measured with an Emlid Reach RS2 GNSS receiver in the geodetic coordinate system. The 1 m long control lines were painted on a flat surface at 90 degrees to each other, and a height marking of 1 m from the ground was placed vertically on the left rear pillar of the vehicle used in the simulation. The length measurement was made with a measuring tape.

Development of photogrammetric models

It should be noted that both the POI model and the Grid model were developed using the Pix4D Mapper software. The captured POI images were uploaded to the Pix4D Cloud processing service which enables online presentation of the processing results in the form of mosaics, height rasters, 3D models, and point clouds. In addition, Grid photographs were processed using the desktop version of Pix4D Mapper Desktop.

Georeferencing³ [5] of the models was based on approximate coordinates of the centres of projections recorded on the basis of geographical coordinates of the UAV location using an on-board GNSS receiver. The situational accuracy of such a solution is approx. 2–3 meters. It should be noted that the research situation (the purpose of the task) does not require geodetic accuracy in the operational practice because the analysis of a disaster situation is not linked to the accuracy of matching to a specific coordinate system. The method applied in practice uses a local reference system of FRP (fixed reference point) and FRL (fixed reference line). It should be noted that for the results of the analysis, the accuracy of rendering of the details of the model is important, which is related, among others, to the quality of the imaging.

Due to the differences in the parameters of the workstations processing the material in question, it is not possible to compare the time efficiency taking into account the flight type. In order to illustrate the issue, Table 3 shows the basic characteristics of the parameters of the workstations on which the image processing was performed, and the parameters of the work time spent on individual products.

Punkty kontrolne zaznaczono w postaci krzyży malowanych na płaskim podłożu (asfalcie, kostce brukowej) o wymiarach 40 x 40 cm. Zaznaczono 6 takich punktów, a ich pozycje zmierzono odbiornikiem GNSS Emlid Reach RS2 w układzie współrzędnych geodezyjnych. Linie kontrolne o długości 1 m namalowano na płaskim podłożu pod kątem 90 stopni względem siebie, a w układzie pionowym wprowadzono oznaczenie na wysokości 1 m od podłoża na lewym tylnym słupku pojazdu biorącego udział w symulacji. Pomiar długości wykonany został taśmą pomiarową.

Opracowanie modeli fotogrametrycznych

Należy zaznaczyć, że zarówno model POI, jak i model Grid zostały opracowane z wykorzystaniem oprogramowania Pix4D Mapper. Wykonane zdjęcia POI zostały przesłane do usługi przetwarzania w chmurze Pix4D Cloud, która umożliwia prezentację online wyników przetwarzania w postaci mozaik, rastrów wysokościowych, modeli 3D oraz chmur punktów. Ponadto zdjęcia Grid zostały przetworzone w wersji stacjonarnej Pix4D Mapper Desktop.

Georeferencja³ [5] modeli bazowała na przybliżonych współrzędnych środków rzutów rejestrowanych na podstawie współrzędnych geograficznych lokalizacji BSP z użyciem pokładowego odbiornika GNSS. Dokładność sytuacyjna takiego rozwiązania wynosi ok. 2–3 metry. Istotne jest, że sytuacja badawcza (cel zadania) nie wymaga w praktyce operacyjnej dokładności geodezyjnej, bowiem analiza sytuacji katastrofy nie jest powiązana z dokładnością wpasowania w określony układ współrzędnych. Stosowana w praktyce metoda wykorzystuje lokalny układ odniesienia SPO i SLO – stały punkt odniesienia, stała linia odniesienia. Ponadto należy zauważyć, że na wynik analizy istotne znaczenie ma dokładność odwzorowania szczegółów modelu, która powiązana jest m.in. z jakością obrazowania.

Ze względu na różnice w parametrach stacji roboczych przetwarzających przedmiotowy materiał, nie jest możliwe porównanie efektywności czasowej uwzględniającej typ nalotu. W celu zilustrowania tego zagadnienia w tabeli 3 pokazano podstawową charakterystykę parametrów stacji roboczych, na których odbywało się przetwarzanie obrazów oraz parametry czasu opracowania poszczególnych produktów.

³ Georeferencing – (geomatics), adding to a raster file (usually to an aerial or a satellite photograph) appropriate information regarding the resolution, rotation, and coordinates of one corner (usually the lower left corner) in order to appropriately fit the file into a two-dimensional space in a given coordinate system.

³ Georeferencja (geomatyka) – dodanie do pliku rastrowego (najczęściej zdjęcia lotniczego lub satelitarnego) odpowiedniej informacji dotyczącej rozdzielczości, rotacji i współrzędnych jednego narożnika (zwykle lewego dolnego), w celu odpowiedniego wpasowania tego pliku w dwuwymiarową przestrzeń w zadanym układzie współrzędnych.

Table 3. Characteristics of workstation parameters
Tabela 3. Charakterystyka parametrów stacji roboczych

Type of UAV / Rodzaj BSP	Pix4D Mapper Desktop	Pix4D Cloud
Software version / Wersja oprogramowania	Grid	POI
Number of photos / Liczba zdjęć	84	107
Pixel Terrain Resolution (GSD) / Rozdzielczość terenowa piksela (GSD)	0.87 cm/px	1.23 cm/px
Density of target point cloud / Gęstość docelowej chmury punktów	5,321 pts/m ³ / 5,321 pkt/m ³	3,651 pts/m ³ / 3,651 pkt/m ³
Processor / Procesor	AMD Ryzen 7 2700X Eight-Core Processor	Intel(R) Xeon(R) Platinum 8124M
Number of cores and threads as well as clock speed / Ilość rdzeni i wątków oraz szybkość taktowania zegara	8/16 @ 3.7 GHz	18/36 @ 3.0 GHz
CPU Mark [6] / CPU Mark [6]	17,597	22,298
RAM / Pamięć RAM	32 GB	69 GB
Aerotriangulation time / Czas aerotriangulacji	3 min 23 s	20 min 29 s
Time to generate point cloud / Czas generowania chmury punktów	4 min 49 s	13 min 21 s
Time to generate orthomosaic / Czas generowania ortomozaiki	5 min 50 s	7 min 12 s
Time to generate the DSM altitude raster / Czas generowania rastra wysokościowego DSM	7 min 13 s	2 min 14 s
Time to generate a textured 3D model / Czas generowania modelu 3D teksturowanego	n/a / b.d.	5 min 01 s
Total Processing Time (Without Textured Model) / Całkowity czas przetwarzania (bez modelu teksturowanego)	21 min 15 s	48 min 17 s

Source: Own elaboration.
 Źródło: Opracowanie własne.

The apparent difference in the number of photographs processed between Grid and POI was 27.4%, while the processing time (POI on a server with better parameters than the workstation processing Grid) differed by 227.2%. There are clearly higher processing requirements for POI photographs, which is probably related to a much greater image depth than in Grid. Figure 2 shows the site of the communication disaster simulation with the selected dimensions marked, as relevant to the procedural activities in the Pix4D Cloud application and its functionalities.

Wyraźna różnica w liczbie przetwarzanych zdjęć w układzie Grid i POI wynosiła 27,4%, podczas gdy czas przetwarzania (POI na serwerze o lepszych parametrach niż stacja robocza przetwarzająca Grid) różnił się o 227,2%. Wyraźnie widoczne są wyższe wymagania przetwarzania zdjęć w układzie POI, co zapewne związane jest z dużo większą niż w Grid głębią obrazu. Na rycinie 2 przedstawiono miejsce symulacji katastrofy komunikacyjnej z zaznaczonymi wybranymi wymiarami istotnymi z perspektywy czynności procesowych w aplikacji Pix4D Cloud i jej funkcjonalności.



Figure 2. Crash site with marked dimensions (application functionality)
Rycina 2. Miejsce katastrofy z zaznaczonymi wymiarami (funkcjonalności aplikacji)

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

In the next stage of the research, images captured and taken with the use of UAVs and IT systems were collated with the results of measurements from the visual inspection of the disaster site performed in a traditional manner by representatives of the procedural entity (see Table 4).

W kolejnym etapie badań obrazy, utrwalone i wykonane z wykorzystaniem BSP i systemów informatycznych, zestawiono z wynikami pomiarów z oględzin miejsca katastrofy, wykonanych w sposób tradycyjny przez przedstawicieli podmiotu procesowego (zob. tabela 4).

Table 4. List of measurements taken traditionally vs. UAV with the application
Tabela 4. Zestawienie pomiarów wykonanych tradycyjnie vs. BSP z aplikacją

Dimension / Wymiar	Drone / Police Measurement / Pomiar dron/policja					
	Trace No. 1 / Śład nr 1	Trace No. 2 / Śład nr 2	Trace No. 3 / Śład nr 3	Trace No. 4 / Śład nr 4	Trace No. 5 / Śład nr 5	Trace No. 6 / Śład nr 6
x [m]	4.398/4.4	9.701/9.8	8.431/8.5	4.318/4.3	9.886/9.9	13.697/13.5
y [m]	30.922/30.1	31.951/31.0	33.084/32.4	34.88/34.3	34.685/34.2*	32.359/31.5

* In the case of trace No. 5, in the inspection report $y = 36.2$ m, whereas on the sketch $y = 34.2$ m / W przypadku śładu nr 5 w protokole oględzin $y = 36,2$ m, natomiast na szkicu $y = 34,2$ m

Track no. 1 – beginning of the scuff mark on the asphalt surface
 Track no. 2 – black coloured case
 Track no. 3 – motorbike helmet
 Track no. 4 – part of the moped's brake lever broken off
 Track no. 5 – black coloured blouse
 Track no. 6 – position of the front left wheel of the bus

Śład nr 1 – początek śladu rycia na nawierzchni asfaltowej
 Śład nr 2 – teczka koloru czarnego
 Śład nr 3 – hełm motocyklowy
 Śład nr 4 – odłamana część dźwigni hamulca motoroweru
 Śład nr 5 – bluza koloru czarnego
 Śład nr 6 – pozycja przedniego lewego koła autobusu

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

A comparative analysis of the collected research material leading to a comparison of the work results captured by means of the traditional procedural forms with the methods and techniques of modern technologies (drone with the Pix4D Cloud application) allows the following conclusions to be drawn:

Analiza porównawcza zgromadzonego materiału badawczego polegająca na zestawieniu efektów pracy utrwalanych tradycyjnymi formami procesowymi z metodami i technikami nowoczesnych technologii (dron z aplikacją Pix4D Cloud) pozwoliła na sformułowanie następujących konkluzji:

- for short measuring sections (up to 15 m), the measurement accuracy of the two methods differs by about 1.5%,
- for longer measuring sections (up to 100 m), the measurement error is approx. 2.3%.

Sources of measurement errors should be found in:

- the accuracy of rendering the details of the model (the quality of imaging), knowledge of the Pix4D application (in case of the method using UAV and the application),
- uneven terrain, ground obstacles,
- measurement error of the tool itself (trolley),
- inaccuracies in the determination of FPR (building corner with a gutter),
- failure to maintain perpendicularity, parallelism of the reference line to the FRL (in case of the police method, in which the measurement trolley is a measuring tool).

The developed material was compared by fitting into the PUWG (State Geodetic Coordinate System) Poland 2000 geodetic coordinate system using control points signalled and visible in the photographs (see Figure 1). Grid and POI rasters were fitted on the two control points no. 1 and no. 3. The accuracy of the fit was measured on the remaining 4 points.

Among the numerous functionalities of the Pix4D application, the tool for inspecting a given point (place) that makes it possible to view a given place at different times is worth mentioning. In a situation when a drone has registered a given point on other photographs taken earlier or later, it is possible to analyse the process of performance of the procedures by services, units, inspections, guards at a disaster site. It is also possible to display a selected photograph with a marked point for analysis and to load a full resolution photograph which we can crop and then export.

The innovative nature of this project using UAVs certainly gains importance especially in a terrain with limited accessibility, i.e. in hilly and mountainous terrain, at road connections, intersections or forks and over a large area (railway disasters). The properties of drones which include their numerous functionalities, especially when integrated with the IT systems, make this image recording tool even more useful especially in difficult topographically or anthropogenically shaped conditions and terrain.

The UAV functionality for capturing images from a distance cannot be overlooked. In crisis management, a possible direction for the use of drone functionalities could be to coordinate the functions of UAVs with another system, e.g. Crisis management system named Jaśmin, into one integrated security management system in a situation of a major threat. Especially in terms of major non-military threats to the population, e.g. floods, large-scale fires, epidemics or terrorist threats, there is a possibility of online security management, monitoring and risk assessment. At the same time, in crisis situations, it is ensured that crisis management teams can take key decisions, as part of the evaluation procedures, in real time, as adequate to the development of threats, thus minimising the consequences of crisis situations [8].

The research conducted by A. Kobaszyńska, J. Łukasiewicz shows that among the users of unmanned platforms as many as 79% of the respondents indicated the use of these

- na krótkich odcinkach wymiarowania (do 15 m) dokładność pomiarowa dwóch metod różni się o ok. 1,5%,
- na dłuższych odcinkach wymiarowania (do 100 m) błąd pomiaru wynosi ok. 2,3%.

Źródła błędów pomiarów tych metod należy szukać w:

- dokładności odwzorowania szczegółów modelu (jakości obrazowania), znajomości aplikacji Pix4D (w przypadku metody wykorzystującej BSP i aplikację),
- nierównym ukształtowaniu terenu, występujących przeszkodach terenowych,
- błędzie pomiarowym samego narzędzia (wózka),
- niedokładności ustalenia SPO (narożnika budynku z rynną),
- niezachowaniu prostokątności, równoległości linii odniesienia do SLO (w przypadku metody policyjnej, w której wózek do pomiarów stanowi narzędzie pomiarowe).

Opracowany materiał został poddany porównaniu za pomocą sygnalizowanych i widocznych na zdjęciach punktów kontrolnych, z wykorzystaniem układu współrzędnych geodezyjnych PUWG Polska 2000 (zob. ryc. 1). Rastry Grid i POI wpasowano na dwa punkty kontrolne nr 1 oraz nr 3. Dokładność wpasowania zmierzono na pozostałych 4 punktach.

Spośród dostępnych, licznych funkcji aplikacji Pix4D należy zwrócić uwagę na narzędzie inspekcji danego punktu (miejsca), które umożliwia zastosowanie podglądu danego miejsca w różnym czasie. Funkcja ta umożliwia analizę procesu realizacji procedur przez służby, jednostki, inspekcje, strażę na miejscu katastrofy, ponieważ dron zarejestrował dany punkt na kilku (kilkunastu) zdjęciach wykonanych w różnym czasie i z różnej perspektywy. Istnieje także możliwość wyświetlenia wybranego zdjęcia z zaznaczonym punktem do analizy i wczytania pełnej rozdzielczości zdjęcia, na którym mamy możliwość kadrowania a następnie jego eksportu.

Innowacyjność tego przedsięwzięcia z wykorzystaniem BSP z pewnością zyskuje na znaczeniu szczególnie w terenie o ograniczonej dostępności, tj. w terenie górzystym, pagórkowatym, na połączeniach, przecięciach lub rozwidleniach dróg oraz na dużej przestrzeni (katastrofy kolejowe). Drony dzięki swoim licznym funkcjom, szczególnie w zintegrowaniu z systemami informatycznymi, czynią narzędzie do rejestracji obrazów jeszcze bardziej przydatnym zwłaszcza w trudnych, ukształtowanych topograficznie czy antropogenicznie warunkach i terenie.

Nie sposób pominąć funkcjonalności BSP w zakresie rejestracji obrazów z odległości. W zarządzaniu kryzysowym możliwym kierunkiem wykorzystania właściwości dronów może być skoordynowanie funkcji BSP z innym systemem, np. z Systemem zarządzania kryzysowego Jaśmin, w jeden zintegrowany system zarządzania bezpieczeństwem w sytuacji poważnego zagrożenia. Szczególnie w sytuacji poważnych zagrożeń niemilitarnych dla ludności, np. powodzie, pożary wielkopowierzchniowe, epidemie czy zagrożenia terrorystyczne, istnieje możliwość zarządzania bezpieczeństwem, monitorowania i oceny ryzyka w trybie online. Jednocześnie w takich przypadkach dla zespołów zarządzania kryzysowego w ramach procedur ewaluacyjnych zapewnia się możliwość podejmowania kluczowych decyzji w czasie rzeczywistym, adekwatnych do rozwoju zagrożeń, a więc minimalizujących następstwa sytuacji kryzysowych [8].

platforms in geodesy and surveying, 53% of the respondents used unmanned aerial vehicles to control the technical condition of inspected objects, 35% of the entities use unmanned aerial vehicles to record images in the form of photographs or video, and 33% for monitoring and surveillance. Among those surveyed, 15% of entities use unmanned aerial vehicles to collect data with the use of measuring equipment other than cameras. In transport, unmanned aerial vehicles are used by only 5% of entities [9]. The author's social practice shows that unmanned platforms are used at a similarly low, several percent, level in the monitoring of procedural activities of communication disaster incidents or very serious accidents, e.g. at railway-road crossings. Thus, the prospect of using new technologies such as unmanned aerial vehicles [10] which are configured (integrated) with the IT systems provides greater operational efficiency in the procedural documentation of incidents.

As part of the command support systems in the State Fire Service and the Police, drone functionality will certainly be used more frequently in the near future for public safety management, and certainly in the area of road safety [11].

Conclusion

The area of using the functionality of unmanned aerial vehicles integrated with the existing ICT systems will certainly continue to expand to include new fields of human activity. Undoubtedly, modern technologies in the observation and capturing of the crisis reality (communication disaster) provide images of better technical quality that are more permanent and can be transmitted online in real time to the crisis management centre. Therefore, the management of human health and life protection in a crisis situation, with the availability of a wider catalogue of current data from modern technologies, should become more efficient both in rescue operations and in procedural activities in terms of documenting an incident. Especially the second factor, of documenting a mass incident, should take into account the importance of reflecting on the fact that a disaster incident is documented for a few (or several) hours, while it is analysed and evaluated in detail in court proceeding and earlier in pre-trial proceedings, sometimes for a few (or several) years. From the perspective of the author's social practice, undoubtedly the quality of the handling of the incident and the precision of the activities performed by the relevant services are of great importance for victims and the injured, not only in terms of responsibility, guilt and punishment for the committed acts, but also in terms of morality (sense of guilt) or ethics (value of human life).

Certainly, in the considerations referring to the use of modern technologies, one cannot overlook the fact that UAVs, having numerous properties of a utilitarian nature, are also distinguished

Z przeprowadzonych badań A. Kobaszyńskiej i J. Łukasiewiczza wynika, że wśród użytkowników platform bezzałogowych aż 79% ankietowanych wskazało na wykorzystywanie tych platform w geodezji i miernictwie, 53% ankietowanych wykorzystywało bezzałogowe statki powietrzne do kontroli stanu technicznego kontrolowanych obiektów, 35% podmiotów wykorzystuje bezzałogowe statki powietrzne do rejestracji obrazu w formie zdjęć lub filmów, a 33% do monitoringu i nadzoru. Pośród badanych 15% podmiotów wykorzystuje bezzałogowe statki powietrzne do zbierania danych za pomocą aparatury pomiarowej innej niż kamery. W transporcie bezzałogowe statki powietrzne wykorzystywane są tylko przez 5% podmiotów [9]. Z praktyki społecznej autora wynika, że na podobnie niskim, kilkuprocentowym poziomie wykorzystywane są platformy bezzałogowe w monitorowaniu czynności procesowych zdarzeń o charakterze katastrof komunikacyjnych lub bardzo poważnych wypadków np. na przejazdach kolejowo-drogowych. Zatem perspektywa wykorzystywania nowych technologii, takich jak bezzałogowe statki powietrzne [10], które są skonfigurowane (zintegrowane) z systemami informatycznymi, zapewniają większą sprawność działania w procesowym dokumentowaniu zdarzeń.

W najbliższej przyszłości w systemach wspomagania dowodzenia w PSP i Policji funkcjonalność dronów z pewnością będzie częściej wykorzystywana w zarządzaniu bezpieczeństwem publicznym, a niewątpliwie w obszarze bezpieczeństwa ruchu drogowego, bowiem katastrofa komunikacyjna to zagadnienie interdyscyplinarne, skomplikowane i wieloaspektowe [11].

Podsumowanie

Obszar wykorzystywania funkcjonalności bezzałogowych statków powietrznych zintegrowanych z istniejącymi systemami teleinformatycznymi z pewnością stale będzie rozwijany o nowe pola aktywności człowieka. Niewątpliwie nowoczesne technologie w obserwacji i utrwalaniu rzeczywistości kryzysowej (katastrofy komunikacyjne) zapewniają możliwości uzyskiwania lepszej jakości i trwałości obrazu, który można w czasie online przesyłać do centrum zarządzania kryzysowego. Zatem dzięki większej dostępności nowoczesnych technologii i pozyskiwaniu z nich bieżących danych zarządzanie ochroną zdrowia i życia ludzi w sytuacji kryzysowej powinno stać się sprawniejsze zarówno w działaniach ratowniczych, jak i procesowych w sferze dokumentowania zdarzenia. Szczególnie ten drugi czynnik, dokumentowania zdarzenia masowego, powinien uwzględniać znaczenie refleksji, że zdarzenie katastrofy dokumentuje się kilka (kilkanaście) godzin, natomiast szczegółowo jest analizowane i oceniane w procesie sądowym i wcześniej w postępowaniu przygotowawczym niekiedy przez kilka (kilkanaście) lat. Z perspektywy praktyki społecznej autora niewątpliwie jakość obsługi zdarzenia, precyzja wykonanych czynności przez właściwe służby ma ogromne znaczenie dla ofiar i poszkodowanych nie tylko w zakresie odpowiedzialności, winy i kary za popełnione czyny, ale także w sferze moralności (poczucia winy) czy etyki (wartości życia ludzkiego).

Z pewnością w rozważaniach odwołujących się do stosowania nowoczesnych technologii nie można pominąć faktu, że BSP posiadając liczne właściwości o charakterze utylitarnym,

by functions for destructive action in both the military and non-military areas of security environment.

wyróżniają się także funkcjami służącymi do destrukcyjnego działania zarówno w strefie militarnej, jak i niemilitarnej środowiska bezpieczeństwa.

Literature / Literatura

- [1] Polska Norma PN-ISO 31000. Zarządzanie ryzykiem, zasady i wytyczne. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2012, 23.
- [2] Jaszczur W., *Perspektywy stosowania BSP w zarządzaniu kryzysowym*, w: *Wykorzystywanie dronów i robotów w systemach bezpieczeństwa. Teoria i praktyka*, R. Kamprowski, M. Skarżyński, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Nauk Społecznych i Dziennikarstwa UAM, Poznań 2020, 61.
- [3] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/fotogrametria;3902234.html> [dostęp: 01.09.2021].
- [4] <https://www.dji.com/pl/phantom-4-pro/info#specs> oraz <https://www.dji.com/pl/mavic-2/info#specs> [dostęp: 10.10.2021].
- [5] Encyklopedia Leśna, <https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/georeferencja/> [dostęp: 01.09.2021].
- [6] <https://www.cpubenchmark.net/compare/Intel-Xeon-Platinum-8124M-vs-AMD-Ryzen-7-2700X/3352vs3238> [dostęp: 01.09.2021].
- [7] <https://cloud.pix4d.com/dataset/898477/map?shareToken=5dc68414-a96d-466f-add0-824a950cb3b2> [dostęp: 01.09.2021].
- [8] Łukasik S., Jaszczur W., *Wybrane aspekty szkolenia na pilotów dronów*, w: *Wykorzystanie robotów i dronów w systemach bezpieczeństwa. Studia interdyscyplinarne*, R. Kamprowski, M. Skarżyński (red.), Wydawnictwo Naukowe Wydziału Nauk Politycznych i Dziennikarstwa UAM, Poznań 2021, 29–30.
- [9] Kobaszyńska A., Łukasiewicz J., *Monitorowanie stanu na przejazdach kolejowo-drogowych z wykorzystaniem statków powietrznych*, w: *Edukacja w bezpieczeństwie i obronności*, W. Scheffs, W. Jaszczur, P. Kamiński (red.), Wyd. KPTN, Kalisz 2020, 380.
- [10] Kamiński P., *Uwarunkowania użytkowe i destrukcyjne wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w bezpieczeństwie niemilitarnym*, „Studia Kaliskie” 2018, 6, 75–76.
- [11] Jaszczur W., *Dylematy identyfikacji wypadku*, „Studia Kaliskie” 2015, 3, 177.

WIESŁAW JASZCZUR, PH.D. – Ph.D. in social sciences, graduate of the Warsaw University of Technology and the University of Wrocław. Employed at the Institute of Safety Sciences of The President Stanisław Wojciechowski Calisia University as an assistant professor. Research interests are related to the subject of education for the safety of school children, crisis management, road safety management. Author, co-author, co-editor of several publications, co-organizer of scientific conferences and seminars. He carries out scientific and research projects in the area of safety management and education of young people for safety. He is a member of the Kalisz Society of Friends of Sciences and International Police Association (IPA).

SZYMON ŁUKASIK, M.SC. ENG. – a graduate of Automation and Robotics at the Silesian University of Technology in Gliwice. Ph.D. student at the Institute of Safety Sciences of The President Stanisław Wojciechowski Calisia University. Scientific interests are related to the subject of economic activity – unmanned aerial vehicles, education of candidates for UAV pilots. Author, co-author, co-editor of several publications, co-organizer of scientific conferences and seminars. CEO of the first drone company in the country engaged in drone swarms.

DR WIESŁAW JASZCZUR – doktor nauk społecznych, absolwent Politechniki Warszawskiej i Uniwersytetu Wrocławskiego. Zatrudniony w Instytucie Nauk o Bezpieczeństwie Akademii Kaliskiej im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego na stanowisku adiunkta. Zainteresowania naukowe związane są z tematyką edukacji na rzecz bezpieczeństwa młodzieży szkolnej, zarządzania kryzysowego, zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego. Autor, współautor, współredaktor naukowy kilkunastu publikacji, współorganizator konferencji i seminariów naukowych. Realizuje projekty naukowo-badawcze z obszaru zarządzania bezpieczeństwem oraz edukacji młodzieży na rzecz bezpieczeństwa. Jest członkiem Kaliskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk oraz międzynarodowego stowarzyszenia IPA.

MGR INŻ. SZYMON ŁUKASIK – absolwent kierunku Automatyka i Robotyka na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. Doktorant w Instytucie Nauk o Bezpieczeństwie Akademii Kaliskiej im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego. Zainteresowania naukowe związane są z tematyką prowadzonej działalności gospodarczej – bezzałogowych statków powietrznych, edukacją kandydatów na pilotów BSP. Autor, współautor, współredaktor naukowy kilku publikacji, uczestnik konferencji naukowych. CEO pierwszej w kraju firmy zajmującej się rojem dronów.