

WYZWANIA I SZANSE DLA SYSTEMÓW BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W DOBIE OBECNEJ

AGNIESZKA GUGAŁA-SZCZEBICKA, PAWEŁ SZCZEPANIAK

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa

e-mail: agnieszka.gugala-szczerbicka@itwl.pl; pawel.szczepaniak@itwl.pl

Użycie systemów bezzałogowych statków powietrznych (SBSP) zyskuje na znaczeniu w dobie dynamicznego rozwoju technologii, rosnących potrzeb rynku, a także w obliczu wyzwań współczesnych i przyszłych konfliktów zbrojnych. Rynek BSP znajduje się w chwili przełomowej. Z jednej strony posiada niebagatelny potencjał, który może być wykorzystywany w szerokim spektrum dziedzin życia, z drugiej strony następuje transformacja prawa lotniczego i systemu zarządzania ruchem lotniczym BSP w kierunku pełnej integracji lotnictwa bezzałogowego z załogowym. Na taki stan rzeczy nakłada się rosnące zainteresowanie nową technologią nie tylko wśród jej odbiorców, lecz także wśród regulatorów widzących potencjalne zagrożenie w rosnącym rynku BSP. Celem niniejszego artykułu jest próba udzielenia odpowiedzi na pytania dotyczące przyszłości dronów realizujących misje w różnych segmentach gospodarki, zebranie i ocena osiągnięć branży BSP w Polsce oraz wskazanie obszarów, gdzie wdrożenie technologii dronowych ma uzasadnienie praktyczne i przyszłość.

1. Wstęp

Użycie systemów bezzałogowych statków powietrznych (SBSP) zyskuje na znaczeniu w dobie dynamicznego rozwoju technologii, rosnących potrzeb rynku, a także w obliczu wyzwań współczesnych i przyszłych konfliktów zbrojnych. Rynek BSP znajduje się w chwili przełomowej. Z jednej strony posiada niebagatelny potencjał, który może być wykorzystywany w szerokim spektrum dziedzin życia, z drugiej strony następuje transformacja prawa lotniczego i systemu zarządzania ruchem lotniczym BSP w kierunku pełnej integracji lotnictwa bezzałogowego z załogowym. Na taki stan rzeczy nakłada się rosnące zainteresowanie nową technologią nie tylko wśród jej odbiorców, lecz także wśród regulatorów widzących potencjalne zagrożenie w rosnącym rynku BSP.

Od dłuższego czasu środowisko naukowe, inżynierskie oraz szeroko pojmowana branża BSP próbują udzielić odpowiedzi na szereg pytań dotyczących przyszłości dronów realizujących misje w różnych segmentach gospodarki. W związku z tym nasuwają się pytania: czy jest miejsce na innowacje technologiczne? jakie są wyzwania społeczne, ekonomiczne i technologiczne we wdrażaniu bezzałogowców? czy opłaca się wykorzystywać drony? czy użycie SBSP daje rękojmię bezpieczeństwa i jest akceptowalne w danym segmencie użytkowania?

Celem niniejszego artykułu jest próba udzielenia odpowiedzi na powyższe pytania, zebranie i ocena osiągnięć branży BSP w Polsce oraz wskazanie obszarów, gdzie wdrożenie technologii dronowych ma uzasadnienie praktyczne i przyszłość. Zawarte w artykule rozważania stanowią cenną wskazówkę dla organizacji komercyjnych projektujących SBSP, jak również dla szerokiego spektrum instytucji naukowych i badawczych mających w sferze zainteresowania nie tylko samą platformę powietrzną, ale również inne niezbędne elementy SBSP, w tym jego wyposażenie zadaniowe, które przesądza o przydatności całego systemu do określonego zakresu zastosowań. Przeprowadzona analiza może stać się pomocna także w ukierunkowaniu prac inżynierów, co będzie miało swoje przełożenie na większą użyteczność nowopowstających projektów, a także

może wspomóc obszar biznesu w optymalnym dopasowaniu oferowanych produktów i usług do potrzeb odbiorców.

2. Kluczowe elementy ekosystemu SBSP – wprowadzenie

Granice dla użytkowników systemów bezzałogowych statków powietrznych w przestrzeni powietrznej RP wyznaczają unijne regulacje prawne, które zastąpiły dotychczasowe krajowe przepisy państw członkowskich w zakresie regulowanym przez nowe prawodawstwo¹. Krajowy ład prawny i systemowy, w którym funkcjonują SBSP, ich piloci i operatorzy lotniczy, tworzony jest przez wyspecjalizowane instytucje powołane do kierowania i nadzoru nad lotnictwem cywilnym i zarządzania polską przestrzenią powietrzną: Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC) oraz Polską Agencję Żeglugi Powietrznej (PAŻP, ang. PANSA). Domeną ULC jest realizowanie polityki państwa i nadzorowanie przestrzegania przepisów prawa w zakresie lotnictwa cywilnego, a także wdrażanie i ujednolicanie standardów lub przepisów prawnych UE, w tym EASA, ICAO oraz innych europejskich i międzynarodowych organizacji lotniczych². W obszarze lotnictwa bezzałogowego Prezes ULC wydaje wytyczne implementujące rozwiązania prawne UE³ dotyczące zasad wykonywania lotów SBSP, stref geograficznych i krajowych scenariuszy standardowych dla operacji SBSP⁴. W celu realizacji europejskich wymogów rejestracji operatorów i pilotów BSP, stworzono system rejestracyjny na platformie www.drony.ulc.gov.pl, który obecnie ewoluował do poziomu KSID (Krajowy System Informacji Dronowej, <https://drony.gov.pl/>).

Obszarem odpowiedzialności PAŻP jest natomiast zapewnienie bezpiecznej, ciągłej, płynnej i efektywnej żeglugi powietrznej w polskiej przestrzeni powietrznej przez wykonywanie funkcji instytucji zapewniających służby żeglugi powietrznej, zarządzanie przestrzenią powietrzną oraz zarządzanie przepływem ruchu lotniczego⁵. Agencja posiadająca unikalne w skali kraju kompetencje i zasoby aktywnie realizuje ideę integracji załogowego i bezzałogowego ruchu lotniczego, tworząc i rozwijając polski system cyfrowego zarządzania i koordynacji ruchu lotniczego Pansa UTM (ang. Unmanned Aircraft Systems Traffic Management). System umożliwia lokalizację lotów BSP w wydzielonych segmentach przestrzeni powietrznej (strefach geograficznych) w czasie rzeczywistym oraz komunikację Służb Ruchu Lotniczego PAŻP z pilotami (operatorami) dronów za pośrednictwem urządzeń GSM wyposażonych w odpowiednie aplikacje. System ten jest również kluczowym elementem europejskiej koncepcji U-space⁶.

¹Szczepaniak P., Gugąła-Szczerbicka A., Michalski D., Ćwiklak J. (2023), *Analiza dokumentów normatywnych i przepisów prawnych w aspekcie spełnienia wymagań przez systemy BSP oraz warunki wykonywania lotów*, Lotnictwo i Zagadnienia Bezpieczeństwa, 4(2), <https://doi.org/10.55676/asi.v4i2.78>

²§ 9.1. pkt 1,2,8 Załącznika do zarządzenia nr 20/2023 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego w sprawie ustalenia regulaminu organizacyjnego Urzędu Lotnictwa Cywilnego

³Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1139 w sprawie wspólnych zasad w dziedzinie lotnictwa cywilnego i utworzenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego oraz zmieniające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 2111/2005, (WE) nr 1008/2008, (UE) nr 996/2010, (UE) nr 376/2014 i dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE i 2014/53/UE, a także uchylające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 552/2004 i (WE) nr 216/2008 i rozporządzenie Rady (EWG) nr 3922/91; Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych; Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2019/945 z dnia 12 marca 2019 r. w sprawie systemów bezzałogowych statków powietrznych oraz operatorów systemów bezzałogowych statków powietrznych z państw trzecich

⁴<https://ulc.gov.pl/pl/drony/informacje-ogolne/akty-prawne>

⁵Art. 3 ust. 1 ustawy z dnia 8 grudnia 2006 roku o Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (Dz. U. 2006 Nr 249 poz. 1829)

⁶Rupiewicz J., *U-Space – bezpieczna integracja lotnictwa bezzałogowego z załogowym*, Biuletyn Bezpieczeństwa Urzędu Lotnictwa Cywilnego Nr 1(18)/2022, s. 23.6

W ramach współpracy PAŻP z Urzędem Lotnictwa Cywilnego oraz Ministerstwem Infrastruktury stworzono projekt „Usługi cyfrowe dla BSP”⁷, w ramach którego 30 czerwca 2024 r. obok dotychczas funkcjonujących modułów uruchomiono nowe usługi dla bezzałogowych statków powietrznych:

- usługa „Zaawansowane loty bezzałogowych statków powietrznych na szeroką skalę – Kreator misji KSID” pozwalająca na planowanie lotów BSP na obszarze całego kraju, wspierająca użytkownika w określaniu misji zgodnej z obowiązującymi przepisami, w tym dostarczająca informacje o wymaganiach związanych z istniejącymi ograniczeniami w przestrzeni powietrznej, umożliwiającą składanie planów misji BSP VLOS i BVLOS⁸;
- usługa „Zaawansowane loty bezzałogowych statków powietrznych na szeroką skalę – Trzy obszary DTM (Drone Traffic Management)”, umożliwiająca planowanie i wspierająca realizację różnego rodzaju lotów BSP, w tym zaawansowanych operacji w trzech lokalizacjach (Nadarzyn i Lesznowola – „DTM Nadarzyn”, Lublin i Jastków – „DTM Lublin”, Gliwice, Pilchowice i Sośnicowice (GZM) – „DTM Gliwice”;
- usługa e-SORA (ang. Specific Operations Risk Assessment - ocena ryzyka operacji BSP) wspierająca proces uzyskiwania zezwoleń na operacje w kategorii szczególnej, ułatwiając wnioskodawcy przeprowadzanie procesu oceny ryzyka operacyjnego na podstawie metodologii SORA⁹ oraz uzupełnianie dokumentacji niezbędnej do uzyskania zezwolenia na operację w kategorii szczególnej, dostarcza rozwiązania wspierające urzędników w przeprowadzaniu analizy i interpretacji ryzyka wnioskowanej operacji, poprzez dostarczanie precyzyjnych, dokładnych danych pochodzących z rzetelnych źródeł.

Pozostałe usługi w ramach powyższego projektu to: portal użytkownika e-rejestracja, portal administracyjny e-Drony ULC, portal e-Learning (w ramach KSID) oraz DSS Służby, DSS Search & Help, moduł CoTuLata.pl¹⁰, narzędzie Drone Tower¹¹.

Wymóg zgłaszania wykonywania lotów BSP w Polsce realizuje się za pomocą dedykowanego systemu teleinformatycznego¹² – aplikacji mobilnej stworzonej z myślą o zapewnieniu bezpiecznej, niewerbalnej komunikacji ze służbami ruchu lotniczego. Do niedawna wymóg ten realizowany był dzięki aplikacji Drone Radar, która w nowatorski sposób umożliwiała zgłoszenie zamiaru wykonania lotu, wraz z jego podstawową charakterystyką, sprawdzenie dostępności i warunków użytkowania przestrzeni powietrznej, a także podgląd znajdujących się aktualnie w powietrzu BSP. Po kilkuletnim okresie stosowania tego rozwiązania czasowo w użyciu była aplikacja Checkin PANSa (<https://checkin.pansa.pl/>), która 15 maja 2024 r. ostatecznie zastąpiona została przez docelową aplikację mobilną Drone Tower.

Obecnie funkcjonujący w FIR Warszawa system regulacji i zarządzania lotami SBSP stanowi kompletny ekosystem. Jest również bezprecedensowym osiągnięciem w skali kraju i jednym z pierwszych na świecie, bazującym na międzynarodowych standardach. Wyznaczone ramy prawne pozwalają na bezpieczne użytkowanie SBSP w polskiej przestrzeni powietrznej i mimo ciągłej potrzeby wprowadzania zmian i ulepszeń spowodowanej dynamiką rozwoju tej nowej dziedziny lotnictwa¹³, otwierają drogę do realizacji lotów o różnym charakterze i przeznaczeniu.

⁷<https://drony.gov.pl/>

⁸Loty VLOS (ang. Visual line of sight, w zasięgu wzroku), loty BVLOS (ang. Beyond visual line of sight, poza zasięgiem wzroku)

⁹Specific Operations Risk Assessment – Metoda zgodna z art. 11 Rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2019/947, szczegółowo opisana w materiałach doradczych EASA (Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems, AMC1-AMC6)

¹⁰<https://drony.gov.pl/e-identification>

¹¹<https://drony.gov.pl/>

¹²Załącznik nr 1 wytycznych nr 7/2024 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 20 maja 2024 r., pkt 1.31

¹³https://www.pwc.com/c1/en/pdf-nf/PwC-DPS_Global-UTM-Report.pdf, s. 31

3. Podsumowanie zastosowania SBSP w wybranych obszarach aplikacji

Nowatorskie osiągnięcia w dziedzinie dronów w Polsce¹⁴ pozwalają twierdzić, że krajowi operatorzy SBSP świadczą usługi w szerokim spektrum zastosowań, w określonych strefach i obszarach. Poziom zaawansowania samych systemów, sposobu wykonywania lotów oraz liczba zarejestrowanych użytkowników wykazują tendencję wzrostową^{15,16}. Polska branża BSP koncentruje się głównie wokół środowisk akademickich i instytucji naukowo-badawczych, gdzie wiodącą rolę niezmiennie odgrywa Instytut Lotnictwa – Sieć Badawcza Łukasiewicz, który pełniąc rolę lidera, podjął na początku 2024 roku (wraz z Fundacją „Instytut Mikromakro”) inicjatywę przeprowadzenia pierwszego w Polsce foresightu (przewidywania) rynku dronowego¹⁷, mającego na celu wskazanie przyszłych potrzeb, szans i zagrożeń związanych z rozwojem branży w aspektach: technologii, regulacji prawnych, biznesu i akceptacji społecznej. Podczas czterech seminariów dedykowanych poszczególnym segmentom rynku wypracowano konkluzje i scenariusze rozwoju oparte o aktualne realia i możliwości charakteryzujące dzisiejszą branżę dronową w Polsce. Wśród zastosowań dronów wyróżniono 4 grupy misji SBSP: loty z zakresu logistyki i transportu, monitoringu i ochrony, rolnictwa precyzyjnego, a także poszukiwania i ratownictwa (Search & Rescue, SAR). Wskazane grupy zastosowań SBSP poddane zostały analizie z punktu widzenia praktyki, a także analizie eksperckiej pod kątem przydatności konstrukcji i modelu użytkowania oraz ekonomiki zastosowania.

3.1. Logistyka i transport

Na tle skutecznych aplikacji systemów BSP znacząco wyróżniają się loty z zakresu logistyki i transportu. Dostawy przy użyciu bezzałogowych platform powietrznych od wielu lat traktowane były jako jeden z docelowych kierunków rozwoju zastosowań logistycznych BSP¹⁸, a „dostawa pizzy do rąk klienta” była flagowym hasłem promującym transport dronowy. Na obecnym poziomie zaawansowania wdrożeń we wskazanym segmencie można zaobserwować zmianę w pojmowaniu tego rodzaju transportu. Spojrzenie przez pryzmat rozwijającej się koncepcji miejskiej mobilności powietrznej (UAM – Urban Air Mobility), integracji lotnictwa bezzałogowego z załogowym, a także skomplikowanych przepisów dotyczących analizy ryzyka (SORA), skłania do rozumienia przyszłych usług w sposób adekwatny do aktualnych wyzwań. Dronowy transport pasażerski, tzw. bezzałogowe taksówki powietrzne, jest przykładem zaawansowanego rozwiązania mającego szansę na wdrożenie komercyjne.

W dziedzinie logistyki i transportu proponowane są następujące rozwiązania cechujące się odrębną charakterystyką:

- taksówki powietrzne – eVTOL^{19,20}, problem stabilizacji²¹, problem baterii (badania nad technologią wodorową), bariera certyfikacji, akceptacji społecznej²² i uzasadnienia dla nowej usługi w przestrzeni miejskiej;

¹⁴ *The Storm. Drone Market in Poland*. Edition 2024, Fundacja „Instytut Mikromakro”, Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, <https://ilot.lukasiewicz.gov.pl/raport-storm-2024/>

¹⁵ <https://www.pansa.pl/podsumowanie-ruchu-bezzałogowych-statkow-powietrznych-w-2023-r/>

¹⁶ <https://www.swiatdronow.pl/statystyki-operatorow-i-pilotow-w-polsce-dane-z-9-01-2024-r>

¹⁷ <https://ilot.lukasiewicz.gov.pl/rusza-j-pierwsze-w-polsce-foresighty-rynku-dronowego/>

¹⁸ Remiszewska A., Czubaszek M., *Wykorzystanie dronów w logistyce w Polsce – szanse i ograniczenia*, Akademia Zarządzania – 5(2)/2021, s. 140

¹⁹ <https://cyfrowa.rp.pl/technologie/art39935731-bezzałogowe-elektryki-pasazerskie-juz-na-niebie-za-sterami-sztuczna-inteligencja>

²⁰ <https://dlapilota.pl/wiadomosci/swiat/arabia-saudyjska-jako-pierwszy-kraj-na-swicie-uruchomila-usluge-autonomicznych>

²¹ https://pl.linkedin.com/posts/artur-ksi%C4%85%C5%BCek-8072a1b8_evtol-drone-dron-activity-7190983818172940289-G9S1

²² <https://www.designboom.com/technology/france-flying-taxis-paris-2024-olympic-games-volocopter-velocity-07-10-2024/>

- cargo²³ – platformy duże, gdzie zmierza się w kierunku zwiększenia masy i rozmiarów ładunków w celu osiągnięcia efektywności ekonomicznej, koncentracja na transportowaniu ton, a nie kilogramów;
- transport przesyłek „ostatniej mili” – problem opłacalności, wymogi U-space, potrzeba automatyzacji lotów i infrastruktury, udane próby wdrożenia na świecie (USA²⁴, Chiny²⁵), nowe urządzenia do precyzyjnego dostarczania przesyłek (np. BMT SPARO²⁶, Zipline²⁷);
- transport medyczny – wypieranie pierwotnej koncepcji regularnych lotów w wyznaczonych korytarzach powietrznych²⁸ na rzecz lotów w przestrzeni U-Space, bariery proceduralne EASA (Design verification report²⁹), zależność misji od warunków meteorologicznych.

W powyżej wskazanych aspektach transportu SBSP daje się zauważyć szereg pozytywnych doświadczeń w implementacji, jak również czynniki hamujące. Brak ostatecznego kształtu przestrzeni U-Space, oczekiwanie na wdrożenie pełnego zakresu usług cyfrowych, a także brak rozwiniętej infrastruktury naziemnej (vertiporty/vertihuby/vertispoty), stanowią barierę trudną do pokonania dla przedsiębiorców proponujących nowoczesne rozwiązania SBSP. Uwarunkowania rynkowe są dodatkowym katalizatorem wszelkich projektów platform dedykowanych do celów transportowych.

Należy podkreślić, że mimo istnienia podstawowych ram organizacyjno-prawnych dla przyszłych regularnych i zorganizowanych lotów w postaci wymogów dla przestrzeni powietrznej U-Space, warunkowanych nową legislacją UE, wdrażanie nowego systemu w kraju wymaga dalszego zaangażowania oraz współpracy instytucji państwowych i interesariuszy branży³⁰.

3.2. Monitoring i ochrona

W obszarze monitoringu i ochrony proponowane są następujące rozwiązania:

- loty inspekcyjne i infrastruktura liniowa³¹ – gazownictwo³² (termowizja, czujniki metanu do monitorowania struktury nadziemnej i kamery multispektralne do obrazowania wpływu gazu na roślinność w strukturze podziemnej), infrastruktura drogowa, przemysłowa, energetyczna (inspekcja i inwentaryzacja), szybkie pozyskiwanie danych niezbędnych do lepszego zarządzania, przelot pozwala na inwentaryzację infrastruktury drogowej i uzyskanie danych w wersji wektorowej (krawędzie dróg, szerokości dróg, szerokości pasa ruchu, poziomych znaków drogowych, oznaczenia linii, słupów sygnalizacji świetlnej, słupów trakcyjnych, latarni, reklam w pasie drogowym), monitorowanie trakcji kolejowej i jej otoczenia (urządzenia pomiarowe i sztuczna inteligencja do analizy zebranych danych, stacja dokująca – ładująca);

²³<https://www.rynek-lotniczy.pl/wiadomosci/take-off-drony-cargo-rewolucja-w-transportcie-towarow-18571.html>, <https://www.armadainternational.com/2024/02/cargo-drones-see-exercise-trials/>

²⁴https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/drone-package-delivery-market-10580366.html?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIoOfAhoTRhwMV0guiAx0VmySvEAAYAAEgJV2_D_BwE

²⁵<https://www.technologyreview.com/2023/05/23/1073500/drone-food-delivery-shenzhen-meituan/>

²⁶<https://uasweekly.com/2024/05/06/bmt-redefines-autonomous-drone-delivery-with-research-supporting-medical-resupply-for-the-british-army/>

²⁷<https://www.flyzipline.com/>

²⁸<https://www.pansa.pl/sukces-testu-dronostrad-dla-transportu-medycznego/>

²⁹<https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones/design-verification-report>

³⁰https://www.pwc.com/c1/en/pdf-nf/PwC_DPS_Global_UTM_Report.pdf, s.18

³¹<https://enterprise.dilectro.pl/inspekcje-liniowe-z-drona-zalety-charakterystyka-oraz-jakiego-drona-wybrac/>

³²<https://www.isbtech.pl/2023/01/prometheus-z-portfela-jr-holding-pozytywnie-zakonczyly-testy-drona-w-pgnig/>

- ochrona – obiekty wielkopowierzchniowe i o rozproszonej strukturze, trudnodostępny teren, imprezy masowe;
- „cyfrowe bliźniaki” – tworzenie gęstej, trójwymiarowej chmury punktów na podstawie pozyskanych zdjęć obiektu, dokładne modele i rekonstrukcje 3D, prosta wizualizacja obiektu, zaawansowane modele dla przemysłu, inżynierii, branży architektonicznej (np. elementy infrastruktury, postęp prac budowlanych, struktury kolejowe, budowle zabytkowe);
- monitoring smogu – drony antysmogowe³³ bazujące na systemie obserwacyjnym stosowanym przez Wojsko Polskie (kamera termowizyjna, laserowy licznik rozsiańnych cząstek stałych umożliwiające wykrycie w dymie etanolu, amoniaku i formaldehydu oraz pomiar stężenia PM10, PM2,5 i PM1).

We wskazanych powyżej implementacjach SBSP zauważyć można szereg pozytywnych doświadczeń, zalet i nowości. Podmioty odpowiedzialne za utrzymanie i bezpieczeństwo infrastruktury różnego typu coraz częściej wykorzystują SBSP do działań związanych z monitoringiem infrastruktury krytycznej. Technologie dronowe cechują: szybkość i efektywność, dokładność i szczegółowość, brak wpływu na środowisko, niskie koszty eksploatacji, ograniczenie zaangażowania personelu. Jako nowość rynkową użyteczną w przedmiotowym segmencie można wskazać autonomiczne ładowanie za pomocą napowietrznej linii energetycznej³⁴ umożliwiające nieprzerwane operacje.

Problematyczny może okazać się w analizowanym obszarze zastosowań niski poziom kompetencji cyfrowych i wiedzy o SBSP oraz brak pełnej gotowości i kompleksowości usług. Na pewne bariery można również natrafić w procesie certyfikacji samych systemów w związku z obecnym statusem polskich jednostek akredytowanych do celów notyfikacji³⁵.

3.3. Rolnictwo precyzyjne

Zastosowanie SBSP w segmencie rolnictwa precyzyjnego ma przede wszystkim na celu zmniejszenie kosztów produkcji rolnej, przyspieszenie procesu rolnego, zwiększenie zysków oraz lepsze zarządzanie zasobami wodnymi³⁶. Do osiągnięcia powyższych celów wykorzystuje się różnego rodzaju czujniki spektralne umożliwiające określenie m.in. wskaźnika NDVI (wskaźnik wegetacji, ang. Normalize Difference Vegetation Index)³⁷.

BSP są optymalnym rozwiązaniem do pozyskiwania danych, a także do wykonywania oprysków na podmokłym terenie i na zboczach. Są też bardziej efektywne niż rozwiązania naziemne w przypadku oprysków miejscowych. Proponowane są ponadto następujące zastosowania:

- ocena wielkości biomasy oraz ocena kondycji upraw³⁸ i szacowanie szkód³⁹,
- prognozowanie plonów i tworzenie wskaźnika wegetacji,
- cyfrowa mapa sadu i ocena stanu kwitnienia,

³³<https://wspolnota.org.pl/news/drony-w-sluzbie-jst>

³⁴https://mail.itwl.pl/?_task=mail&_action=get&_mbox=INBOX&_uid=1752&_token=17bf46bdf392456f06dab68091040637&_part=2

³⁵Gugąła-Szczerbicka A., Józko M., *Aspekty prawne lotów bezzałogowych statków powietrznych w polskiej przestrzeni powietrznej*, Mechanika w Lotnictwie ML-XX 2022, <https://doi.org/10.15632/ML2022/121-133>, s. 131

³⁶<https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/maszyny-rolnicze/pierwsza-europejska-technologie-wsrod-dronow,147374.html>

³⁷https://sat4envi.imgw.pl/elearning/pluginfile.php/2476/mod_resource/content/2/MD_2_2_%5BOZ_5%5D_WSKA%20C5%B9NIKI%20TELEDETEKCYJNE%20JAKO%20MIARA%20STANU%20C5%9ARODOWISKA%20-%20SKRYPT.pdf, s. 8

³⁸<https://navigate.pl/blog/ocena-stanu-upraw-rolnych-za-pomoca-dji-matrice-210-i-micasense-altum-case-study/>

³⁹<https://dronereport.pl/uslugi-dronem/rolnictwo/>

- rozpoznawanie patogenów,
- ocena zapotrzebowania na biostymulatory.

Wykorzystanie SBSP w rolnictwie pozwala na ewolucję tego segmentu w kierunku cyfrowym i precyzyjnym, gdzie podstawą będzie pozyskanie danych, odpowiednie ich przetworzenie i na ich podstawie optymalizowanie pracy i kosztów. Proces ten wymaga jednak mierzenia się z barierami o podłożu prawnym, proceduralnym, technologicznym i środowiskowym: problem warunków meteorologicznych, doboru wysokości i prędkości lotu, problem dostosowania platform powietrznych o optymalnym dla danego zadania udźwigu i masie do zaawansowanych wymogów prawnych (np. wymóg posiadania systemów ratunkowych i systemu wyłączania zasilania), objęcie BSP wymogami dla sprzętu agrolotniczego, problem optymalnego wykonania oprysku (dobór wielkości kropli, ciśnienia, wysokości i prędkości lotu), problem dostępu do Internetu i satelitów (plantacje pod dachem).

Podkreślenia wymaga fakt, że większość wskazanych zastosowań w przedmiotowym segmencie ma charakter pilotażowy, a ich gotowość technologiczna będzie osiągnięta w przeciągu najbliższych lat.

3.4. Loty w ramach poszukiwania i ratownictwa (Search & Rescue, SAR)

Bezałogowe statki powietrzne stały się w ostatnim czasie niezbędnym narzędziem w misjach poszukiwawczo-ratowniczych⁴⁰ z uwagi na ich mobilność i wyposażenie zadaniowe umożliwiające pozyskanie danych i zdjęć wysokiej rozdzielczości, co obok dyspozycji psychofizycznej pilota i opanowanej techniki latania w dużym stopniu stanowi o powodzeniu realizowanego zadania. Systemy BSP mogą lokalizować osoby zaginione i wykonywać różnego rodzaju działania wspierające misje ratownicze niezależnie od ukształtowania i dostępności terenu czy warunków oświetlenia, a także – ze względu na brak pilota na pokładzie – niezależnie od ryzyka wypadku i utraty życia pilota.

Dostarczane dane są kluczowym elementem koordynacji działań i stanowią często o powodzeniu misji SAR. W ramach sensorów do ich pozyskiwania i niezbędnego oprogramowania wymienić można: kamery noktowizyjne, termowizyjne, obiektywy o zmiennej ogniskowej, dalmierze laserowe, urządzenia o odpowiednim wskaźniku NIIRS (ang. National Imagery Interpretability Rating Scale)⁴¹, programy AI (np. SAR UAV, Autel Mapper) umożliwiające rekonstrukcję 2D i 3D z przetwarzaniem w chmurze lub lokalnie dzielące teren na sektory w celu ułatwienia lokalizacji obiektu.

Optymalne wykonanie zadania umożliwia także wyposażenie platform w oświetlenie i duży wyświetlacz dla pilota operującego w znacznym nasłonecznieniu oraz dodatkowe elementy, np. systemy zrzutu (pakiety grzewcze, koce termiczne, radiostacje, leki).

Ułatwienia koordynacji akcji SAR w polskiej przestrzeni powietrznej stanowią nowe narzędzia udostępnione przez PAŻP, wspierające proces zapewniania bezpieczeństwa publicznego:

- moduł Dynamic Safety & Security – DSS Search & Help służący do wsparcia działań Koordynatora Operacji Lotniczych w zakresie kierowania lotami BSP realizowanymi w ramach reakcji na konkretne zdarzenia;
- moduł Dynamic Safety & Security – DSS Służby umożliwiający instytucjom państwowym składanie elektronicznych wniosków o wprowadzanie natychmiastowych i tymczasowych ograniczeń w dostępie do przestrzeni powietrznej w związku z prowadzonymi działaniami

⁴⁰<https://emergencydroneresponder.com/the-role-of-unmanned-aerial-vehicles-uavs-in-transforming-emergency-response/>

⁴¹Dąbrowski R., Orych A., Walczykowski P., *Ocena możliwości wykorzystania wysokorozdzielczych zobrażeń satelitarnych w rozpoznaniu obrazowym*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, t. 21, 2010, s. 76

w zakresie ratownictwa, zapewniania porządku publicznego lub bezpieczeństwa państwowego.

Doświadczenia w misjach z zakresu SAR generują następujące konkluzje:

- w przypadku pożarów zabudowań przydatne są dalmierze do oceny odległości od miejsca pożaru i długości linii gaśniczej, użyteczne są małe platformy wymagające krótkiego czasu przygotowania do lotu i mniej miejsca do realizacji zadań;
- w przypadku pożarów wielkopowierzchniowych, powodzi, poszukiwania źródeł pożaru użyteczne są platformy typu VTOL/Fixed wing, sprawdzają się również rozwiązania wykorzystujące dwie platformy⁴² (dron zwiadowca do transmisji obrazu i lokalizacji źródła dymu oraz dron pomiarowy);
- w zakresie ratownictwa wodnego⁴³ – zrzuty, termowizja;
- ważnym elementem jest wyposażenie BSP w nadajnik ADS-B lub moduł Remote ID⁴⁴, dzięki którym jest on widoczny dla kontroli ruchu lotniczego;
- istnieje zapotrzebowanie na możliwość kierowania kilkoma BSP przy użyciu jednego kontrolera/NPK (Naziemnego Panelu Kontroli);
- stała transmisja obrazu jest istotnym elementem akcji SAR – optymalne zastosowanie BSP na uwięzi;
- pomocne jest dodatkowe wyposażenie w urządzenia do wyszukiwania telefonów komórkowych (np. Lifeseeker).

W obszarze SAR wskazać można również projekty specjalizowanych platform powietrznych opracowywane w instytucjach naukowo-badawczych, np. SBSP do celów akcji ratowniczych z budynków typu wysokościewce i wieżowce⁴⁵.

3.5. Wybrane systemy BSP w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych

Interesującym przykładem projektu z zakresu SAR, monitoringu i inspekcji jest system Mil-GeoMed⁴⁶ tworzony przy udziale Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych (Zakład Kompozytowych Konstrukcji Lotniczych), zakładający użycie bezzałogowych platform powietrznych do zadań zabezpieczenia medycznego obejmującego przedsięwzięcia zdrowotnej profilaktyki leczniczej, przedsięwzięcia ewakuacyjne, sanitarno-higieniczne, przeciwepidemiczne oraz zaopatrywanie w materiały medyczne. Projekt ten poddany został wnikliwej analizie pod kątem konstrukcji i modelu użytkowania, które wskazują m.in. na możliwość zastosowania projektowanych rozwiązań nie tylko w sferze militarnej, ale również w sektorze cywilnym do wykonywania zadań z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa publicznego, np. wypadków, katastrof, pomiarów skażenia terenu, zapobiegania rozprzestrzenianiu się skutków klęsk żywiołowych.

⁴²<https://wspolnota.org.pl/news/drony-w-sluzbie-jst>

⁴³<https://next.gazeta.pl/next/7,151003,28746712,rosnie-tragiczny-bilans-utonic-do-akcji-mogawkroczy-drony.html>,

<https://biznes.trojmiasto.pl/Dron-firmy-Pelixar-juz-patroluje-Port-Gdynia-n149384.html>

⁴⁴Zgodnie z art. 2 pkt 13 rozporządzenia wykonawczego 2019/947 „jednoznaczna zdalna identyfikacja” oznacza system lokalnego rozpowszechniania informacji o eksploatowanym bezzałogowym statku powietrznym, w tym jego oznakowania, pozwalający uzyskać te informacje bez fizycznego dostępu do bezzałogowego statku powietrznego

⁴⁵Gronczewski A., Strzelecka K., *Projekt koncepcyjny urządzenia do ratownictwa powietrznego z trudnodostępnych obiektów*, Mechanika w lotnictwie ML-XX 2022, <https://doi.org/10.15632/ML2022/103-119>

⁴⁶Szczepaniak P., Gugąła-Szczerbicka A., Rodzik D., Kulik T., Michalska A. (2023), *Założenia funkcjonalno-konstrukcyjne dla bezzałogowych statków powietrznych przeznaczonych do działań rozpoznawczo-medycznych na polu walki*. Lotnictwo i Zagadnienia Bezpieczeństwa, 4(2), <https://doi.org/10.55676/asi.v4i2.44>

Koncepcja implementacji specjalizowanych technologii bezzałogowych do wskazanego wyżej zastosowania stanowi istotny krok zarówno w kierunku rozwoju usług służb publicznych – ratownictwa, monitoringu i nadzorowania, ochrony, jak i rozwoju koncepcji integracji SBSP w przestrzeni powietrznej U-space. Z uwagi na zapotrzebowanie na bezzałogowe systemy powietrzne do celów monitorowania i ratownictwa w przyszłym systemie miejskiej mobilności powietrznej projekt ITWL ma szansę stać się przydatnym narzędziem dla służb miejskich.

ITWL posiada doświadczenie w realizowaniu projektów związanych z wykonywaniem lotów poszukiwawczych. Niedawno prowadzony projekt na potrzeby Lasów Państwowych, polegał na zastosowaniu mobilnego systemu rozpoznania terenu z wykorzystaniem innowacyjnych metod i technologii w celu zwalczania ASF. System ASFochrona⁴⁷ składał się z podsystemu technicznego AtraxASF z długofalową kamerą termowizyjną o wysokiej rozdzielczości do nalotu precyzyjnego oraz z podsystemu technicznego NeoxASF ze średniofalową kamerą termowizyjną do nalotu wielkoobszarowego. Misje realizowane w ramach projektu ASF miały na celu identyfikację i liczenie dzików w celu wykrycia i eliminacji osobników zakażonych ASF.

Potrzeba monitorowania i zliczania pogłowia dzikiej zwierzyny została w ostatnim czasie zauważona przez Urząd Lotnictwa Cywilnego, który pod koniec 2023 r. powołał do życia Krajowy Zespół ds. zderzeń statków powietrznych ze zwierzętami (WLD). Eksperti zrzeszeni w WLD wskazują na problem wyraźnego wzrostu pogłowia dzikiej zwierzyny na obszarze lotnisk⁴⁸, co potwierdza właściwy kierunek rozwoju projektów ITWL.

Powyższe przykłady pokazują, że obszar SAR cechuje się sporym zapotrzebowaniem na usługi świadczone za pomocą SBSP.

ITWL widzi następujące szanse w rozwoju swojej działalności w obszarze SBSP:

- rozwijanie technologii obserwacyjno-rozpoznawczych SBSP w zakresie zwiększania ich możliwości operacyjnych;
- rozwijanie technologii bojowych i uzbrojonych SBSP, w tym systemów amunicji krążącej (LMS – Loitering Munition Systems);
- modernizacje i modyfikacje eksploatowanych przez Siły zbrojne RP manewrujących celów powietrznych;
- rozwijanie technologii systemów wspomagania startu typoszeregu BSP (stałopłat);
- prace usługowe, polegające na wykonywaniu lotów zadaniowych w odpowiedzi na potrzeby badań jednostek opracowujących technologie dla MON oraz innych resortów;
- udział w projektach B+R w programach związanych z obronnością i bezpieczeństwem w aspekcie rozwijania technologii BSP;
- badanie systemów BSP i ich komponentów w oparciu o dokument STANAG 4703⁴⁹;
- rozwój technologii informatycznych w zakresie związanym z systemami Bezzałogowych Statków Powietrznych.

4. Podsumowanie

Kwestia prawnej dopuszczalności lotów SBSP w poszczególnych obszarach zastosowania wymaga rozważenia charakteru planowanej misji, parametrów technicznych użytkowanego sprzętu, a także wyposażenia dodatkowego, często wymaganego przepisami prawa dla zapewnienia

⁴⁷Kalinowski P., Szczepaniak P., Ułanowicz L., *Zastosowanie aerofotogrametrii w podczerwieni do śledzenia dzików w ich naturalnym środowisku oraz identyfikacji osobników zarażonych afrykańskim pomorem świń. Cz. I – Architektura systemu i metodyka identyfikacji*, Mschanika w Lotnictwie, ML-XX 2022, <https://doi.org/10.15632/ML2022/165-183>, s. 166

⁴⁸Materiały ze spotkania z zarządzającymi lotnisk <https://www.ulc.gov.pl/pl/lotniska/krajowy-zespol-bezpieczenstwa-drog-startowych/6438-spotkanie-z-zarzadzajacymi-lotnisk-ue-kwiecien-2024>

⁴⁹Porozumienie standaryzacyjne NATO – Light Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements – AEP8, edition B

odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa w powietrzu i na ziemi. Jak wspomniano na wstępie, obecny system norm prawnych wyznaczających granice operowania SBSP pozwala na bezpieczne wykonywanie lotów, jednak z uwagi na dynamiczny charakter rozwoju nowej dziedziny prawa planowanie lotów na poziomie zgodności z przepisami wymaga wnikliwej i często długotrwałej analizy oraz aktualnej wiedzy w tym zakresie. Problem trudności w stosowaniu nowych europejskich przepisów dla SBSP został zauważony przez polskich interesariuszy branży, co zaowocowało debatą⁵⁰ w Parlamencie Europejskim na temat przyszłości sektora dronowego („Drony nad miastem. Jak wykorzystać szansę?”). W debacie wzięli udział przedstawiciele instytucji reprezentujących polski rynek dronowy. Dyskutowano na temat nadmiernej regulacji prawnej, zwłaszcza lotów w kategorii szczególnej oraz wymogu przeprowadzania finansowania raportu DVR w EASA. Podkreślano użyteczność polskich przepisów budujących stan prawny dla BSP od 2013 roku, które miały charakter mniej restrykcyjny niż przepisy UE, pozwalając tym samym na bezpieczną realizację szeregu misji – transportu medycznego, teledetekcji i fotogrametrii, rolnictwa precyzyjnego, monitoringu lasów, inspekcji w sektorze energetycznym i budowlanym oraz działania wspierające służby ratownicze.

W obecnym stanie prawnym EASA proponuje innowacyjne rozwiązania zapewniające dopuszczalność prawną lotów BSP. Jeśli chodzi o loty z zakresu logistyki i transportu z katalogu przepisów UE można wymienić możliwość uzyskania zezwolenia na operację w kategorii szczególnej obejmującego grupę lotów⁵¹, co może przyczynić się do przyspieszenia i ułatwienia procesu ubiegania się o zezwolenie od ULC poprzez kompleksowe ujęcie we wniosku planowanych lotów. W miarę możliwości operatorzy mogą również wnioskować o przyznanie certyfikatu LUC (certyfikat operatora lekkich systemów bezzałogowych statków powietrznych, ang. Light UAS operator Certificate)⁵², który będzie upoważniał do samodzielnego zatwierdzania realizowanych operacji. Do lotów z zakresu monitoringu i ochrony, z uwagi na fakt wykonywania misji w konkretnych obszarach, można rozważać zastosowanie tzw. zgody na obszar, lub w pewnych przypadkach zastosować procedurę wyznaczania strefy geograficznej zgodnie z wytycznymi Prezesa ULC⁵³, które to rozwiązanie stworzone zostało z myślą o podmiotach publicznych enumeratywnie wskazanych w Załączniku do wytycznych. Zarówno w przypadku monitoringu jak i działań w sektorze rolniczym można skorzystać z dedykowanych scenariuszy w ramach PDRA (predefiniowana ocena ryzyka, ang. Predefined risk assessment)⁵⁴. Dla lotów na potrzeby rolnictwa duże znaczenie ma niedawna propozycja EASA dotycząca rozszerzenia zastosowania PDRA S-01 do działalności rolniczej⁵⁵, w tym zdjęcia ograniczenia wagi BSP do 25 kg, zdjęcia wymaga zabezpieczenie FTS w przypadku lotów poza terenem zaludnionym, w przypadku oprysków – zapewnienia zgodności z dyrektywą 2009/128/WE oraz możliwości wydania zezwolenia ogólnego na typ lokalizacji⁵⁶.

Istnieje możliwość wyłączenia stosowania przepisów unijnych w stosunku do misji z zakresu bezpieczeństwa publicznego. Przepisy aktualnie obowiązujących rozporządzeń UE dotyczących systemów BSP, ich operatorów oraz zasad wykonywania lotów mogą nie znaleźć zastosowania do takich rodzajów misji. Rozporządzenie bazowe 2018/1139 regulujące wspólne zasady w dziedzinie lotnictwa cywilnego przewiduje możliwość wyłączenia zastosowania rozporządzeń UE w stosunku do kategorii lotów wymienionych w art. 2 ust. 3, m.in. poszukiwawczo-ratowniczych, przeciw-

⁵⁰<https://ilot.lukasiewicz.gov.pl/parlament-europejski-debatuje-o-przyszlosci-rynku-dronowego/>

⁵¹GM2 UAS.SPEC.030(2), <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems?page=6%23%5FToc20923336>

⁵²<https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones/light-uas-operator-certificate-luc>

⁵³Wytyczne Nr 6/2024 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 20 maja 2024 r. w sprawie wyznaczenia stref geograficznych dla systemów bezzałogowych statków powietrznych

⁵⁴<https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones/predefined-risk-assessment-pdra>

⁵⁵<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/agency-decisions/ed-decision-2023012r>

⁵⁶Explanatory Note to ED Decision 2023/012/R, s. 8

pożarowych, w zakresie kontroli granic, ochrony wybrzeża lub innych tego rodzaju działań lub usług będących pod kontrolą i wchodzących w zakres odpowiedzialności państwa członkowskiego, podejmowanych w interesie publicznym przez organ posiadający uprawnienia władz publicznych lub w jego imieniu. W przypadku skorzystania przez operatora z powyższego wyłączenia zastosowanie będą miały krajowe przepisy państwa członkowskiego. W przypadku Polski będzie to ustawa Prawo lotnicze oraz rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków.

Reasumując, usługi z użyciem systemów BSP są głównym czynnikiem zmian analizowanych segmentów rynku w kierunku cyfryzacji, automatyzacji i autonomizacji. Jednakże ramy regulacyjne i systemowe tworzące ekosystem dla lotów BSP nie osiągnęły jeszcze swojego ostatecznego kształtu. Tymczasowy charakter rozwiązań krajowych, m.in. wytycznych i scenariuszy standardowych (NSTS), oraz ciągła ewolucja regulacji UE nie sprzyjają rozwojowi branży. Pewnym punktem granicznym w tym aspekcie będzie wydanie nowej ustawy prawo lotnicze wraz z adekwatnymi rozporządzeniami wykonawczymi, a także pełne wdrożenie programu PAŻP Usługi cyfrowe dla BSP – dzięki nowemu narzędziu do planowania misji „Kreator misji KSID” skróceniu ulegną terminy składania planów misji, co przyczyni się do usprawnienia procesu uzyskiwania zezwoleń na operację. Ponadto postępująca transformacja systemu zarządzania ruchem powietrznym BSP w Polsce w kierunku pełnej integracji lotnictwa bezałogowego z załogowym przyczyni się z pewnością do zapewnienia otwartej na systemy BSP, przyjaznej i bezpiecznej przestrzeni dla nowych uczestników rynku.

Challenges and opportunities for unmanned aircraft systems in the current era

The use of unmanned aircraft systems (UAS) is gaining importance in the era of dynamic development of technology, growing market needs, and in the face of current and future armed conflicts challenges. The UAS market is at a turning point. On one hand, it has considerable potential, which can be used in a wide spectrum of activities, on the other hand, there is a transformation of the aviation law and air traffic management toward full integration of the unmanned and manned aviation. This state of affairs is combined with a growing interest in the new technology not only among its users, but also among regulators who see a potential risk in the growing UAS market.

The purpose of this article is to try to answer questions about the future of drones carrying out missions in various segments of the market, collecting and evaluation of the achievements of the BSP industry in Poland, as well as to identify areas where the implementation of drone technology has a practical justification and future.