

WŁADYSŁAW LEŚNIKOWSKI \*

Akademia Sztuki Wojennej, Warszawa, Polska

## DRON JAKO SOJUSZNIK W OPERACJACH LOTNISKOWYCH - INTEGRACJA OPERACJI DRONÓW NA LOTNISKACH



### DRONE AS AN ALLY IN AIRPORT OPERATIONS - INTEGRATION OF DRONE OPERATIONS AT AIRPORTS

**ABSTRAKT:** W artykule została poruszona problematyka bezałogowych statków powietrznych i ich wykorzystania w operacjach lotniskowych. Obsługa statków powietrznych przez drony w przeprowadzaniu inspekcji, konserwacji posiada wiele czynników mających wpływ na jego jakość, bezpieczeństwo, czas i oszczędności. Drony w przeprowadzaniu inspekcji statków powietrznych, infrastruktury lotniskowej mają wpływ w procesie ograniczania ryzyka wpływu człowieka na obsługę techniczną statków powietrznych, wyeliminowania awarii czynnika ludzkiego oraz zmniejszenia ryzyka utraty zdrowia czy życia w czasie wykonywania tych procedur. Autor omawia również w artykule wykorzystanie dronów w procesie obsługi technicznej, napraw i remontów samolotów komercyjnych, zarządzaniu ciągłością do lotu. Poruszony został również temat koncepcje systemu "Smart Hangar". Zidentyfikowane zostały zagrożenia związane z wykorzystaniem dronów w procesie utrzymania ruchu, zagrożenia związane z tą działalnością.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Bezałogowe Statki Powietrzne, Bezałogowe Systemy Powietrzne, Drony, porty lotnicze, infrastruktura lotniskowa, operacje lotnicze, bezpieczeństwo lotnicze, ochrona portów lotniczych, koncepcje systemu "Smart Hangar".

---

\* dr Władysław Leśnikowski, War Studies University, Warsaw, Poland

 <https://orcid.org/0000-0001-9592-6145>  [lesnikowski10@wp.pl](mailto:lesnikowski10@wp.pl)

Copyright (c) 2023 Władysław LEŚNIKOWSKI. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

**ABSTRACT:** The article discusses the issue of unmanned aircraft and their use in airport operations. The operation of aircraft by drones in carrying out inspections and maintenance has many factors affecting its quality, safety, time and savings. Drones in the inspection of aircraft and airport infrastructure have an impact in the process of reducing the risk of human influence on the technical maintenance of aircraft, eliminating the failure of the human factor and reducing the risk of loss of health or life during the performance of these procedures. The author also discusses in the article the use of drones in the process of maintenance, repair and overhaul of commercial aircraft, and flight continuity management. The concept of the "Smart Hangar" system was also discussed. Threats related to the use of drones in the maintenance process and the risks associated with this activity have been identified.

**KEYWORDS:** Unmanned Aerial Vehicles, Unmanned Aerial Systems, Drones, airports, airport infrastructure, air operations, aviation safety, airport security, "Smart Hangar" system concepts.

„Lotniska, które ustanowią i utrzymają strukturę zarządzania dronami, zwiększą swoje bezpieczeństwo i zmniejszą narażenie na odpowiedzialność”

## **WPROWADZENIE**

Rewolucyjne opanowanie rynku przez drony konsumenckie wykreowało szybko pojawiające się obawy dotyczące bezpieczeństwa załogowych statków powietrznych i powstania możliwości kolizji w powietrzu. W głównej mierze dotyczyło to administratorów lotnisk, gdyż niewralgicznym miejscem i momentem gdzie mogłoby dojść do kolizji z dronami były fazy operacji lotniczych; starty i lądowania. Do takiej sytuacji mogłoby dojść w przypadku, gdy drony mogły być obsługiwane przez niewyszkolony personel, który narusza zasady funkcjonowania w nadlotniskowej przestrzeni powietrznej.

Światowe badania wskazują, że globalny rynek komercyjnych dronów będzie rósł o 26% w każdym roku, począwszy od roku 2016, aby w 2022 roku osiągnąć prognozowany poziom 10 738 mln USD. W niedalekiej przeszłości lotniska i ich operatorzy zderzali się z wieloma przeszkodami związanymi z zagrożeniami bezpieczeństwa operacji lotniczych kreowanymi przez nieautoryzowane wtargnięcia w przestrzeń nadlotniskową. Z takiego między innymi powodu podejście do obecności dronów na lotniskach komunikacyjnych było traktowane z dużą dozą nieufności.

Władze lotnicze i zarządzający portami lotniczymi oprócz walczenia o powstrzymanie i przeciwdziałanie zagrożeniom generowanym przez drony-intruzy zauważyli wiele korzyści płynących z eksploatacji technologii dronowej w portach lotniczych i w całej infrastrukturze lotniskowej. Dojrzała technologia dronowa wykorzystywana jest przez lotniska i linie lotnicze w szerokiej gamie zastosowania, począwszy od inspekcji na lotniskach po kontrolę dzikiej zwierzyny i ptactwa oraz dostaw przy użyciu dronów kończąc.

Zarządcy lotnisk w procesie przeciwdziałaniu nieuprawnionemu wtargnięciu w przestrzeń powietrzną lotniska stosują całą gamę technologii i sposobów przeciwdziałania temu procederowi. Obejmują one obok wytrenowanych do tego celu dużych drapieżnych ptaków, np. orłów, takie elementy techniczne jak czujniki akustyczne i optyczne, laser, LIDAR<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Lidar (od angielskiego akronimu LIDAR, utworzonego od wyrażenia: Light Detection and Ranging) – metoda pomiaru odległości poprzez oświetlenie celu światłem laserowym i pomiar odbicia za pomocą czujnika. Różnice w czasie powrotu wiązki lasera oraz zmiana długości fali mogą być następnie wykorzystane do tworzenia trójwymiarowego modelu. Ma zastosowania naziemne, lotnicze i mobilne <https://oceanservice.noaa.gov › facts> [Dostęp 02.08.2022]

i radar, skanery częstotliwości radiowych, amery, kamery termowizyjne i widea, a także działania energetyczne mające za zadanie zakłócenie pracy elektroniki intruzyjnych dronów. Dostępne są na rynku również zabezpieczenia, które przechwytyją łącza komunikacyjne drona-intruza i skierowują go na ziemię. Problem pojawia się w momencie fizycznego skorzystania z tych rozwiązań, jak używać ich legalnie poza strefą wojenną.

Jednym z rozwiązań zapobiegających nieuprawnionemu wtargnięciu drona w zakazany obszar jest geofencing<sup>3</sup> (wirtualne ogrodzenie, płot). Geofencing postrzegany jest jako mechanizm do łagodzenia ryzyka związanego z operacjami dronów i często jest zdefiniowany jako „wirtualna bariera, która może być wykorzystana do uniemożliwienia RPAS<sup>4</sup> wejścia do ograniczonej przestrzeni powietrznej”. Dostępne na rynku drony są w większości wyposażone w takie oprogramowanie, które mogą uniemożliwić latanie w określonych, zakazanych obszarach takich jak lotnisko. Geofencing umożliwia również zatrzymanie dronów-intruzów w określonym obszarze, czy też wykluczyć je z obszarów wrażliwych takich jak przestrzeń powietrzna lotnisk, a tym samym zapobiec konfliktom z załogowymi statkami powietrznymi.

„Podczas gdy przepisy powoli nadążają za postępem techniczno-technologicznym, nadal istnieje znaczna luka, a lotniska mają niewiele miejsc, w których można zwrócić się o zasoby, aby przygotować się na zagrożenia związane z bezzałogowymi statkami powietrznymi”, napisała National Safe Skies Alliance we wrześniu 2021 roku.

Problemem jest zapewnienie braku zakłóceń przez jakąkolwiek zastosowaną do wykrywania dronów-intruzów technologię, a która mogłyby stworzyć jakiegokolwiek zagrożenie, np. nawigacyjne w bezpiecznej i efektywnej eksploatacji lotniska i całej infrastruktury lotniskowej dla operacji lotnictwa załogowego i dla pozostałych użytkowników przestrzeni powietrznej nadlotniskowej.

---

<sup>3</sup> Geofencing – Geo-ogrodzenie, Geofence to granica rzeczywistego obszaru geograficznego, wstępnie zdefiniowanego zestawu granic. Geofencing to funkcja, która wykorzystuje odbiorniki GPS drona do automatycznego egzekwowania ostrzeżeń lub ograniczeń w zależności od tego, gdzie dron leci. System jest zazwyczaj zintegrowany z cyfrową mapą przestrzeni powietrznej, która określa strefy zakazu lotów i obszary, w których istnieją aktywne ograniczenia dotyczące dronów. <https://dronesgator.com › what-is-drone-geofencing> [dostęp 14.09.2022]

<sup>4</sup> RPAS – (Remotely Piloted Aircraft Systems, systemy zdalnie sterowanego statku powietrznego). RPAS obejmuje wszystkie elementy wyposażenia i zasoby wykorzystywane do obsługi zdalnie pilotowanego statku powietrznego. Obejmuje to sam samolot wraz z naziemną stacją kontroli, telemetrią i systemami łączności, sprzętem do startu i lądowania, czujnikami oraz innym sprzętem i oprogramowaniem używanym do obsługi samolotu. <https://www.unmannedapprovals.com.au › ...> [dostęp 14.09.2022]

## NIEOSTROŻNY, BEZRADNY I PRZESTĘPCA – UŻYTKOWNICY TECHNOLOGII DRONOWEJ

Bezzałogowe platformy powietrzne przemieszczają się w przestrzeni powietrznej z wielu dobrych powodów, począwszy od hobbistycznych wypraw i uprawiania fotografii, poprzez personalną działalność zawodową po badania infrastruktury, ratownictwo i innej pożytecznej dla naszego społeczeństwa działalności. Pomimo tej „dobrej” działalności dronów zdarzają się dość często przypadki łamania prawa przez operatorów dronów jako działań mających znamię nieostrożnych, nieświadomych, ale również zdarza się, że odnotowuje się incydenty o znamionach przestępczych, których liczby zdarzeń szybko rosną. Oprócz lawinowego zastosowania technologii dronowej, przyniosła ona również potencjalne zagrożenie w przypadku jej nadużywania.

Do ochrony lotnisk i infrastruktury lotniskowej oraz węzłów lotniskowych przed nieautoryzowanym dostępem do przestrzeni powietrznej powstały wyspecjalizowane międzynarodowe firmy. Firmy te działają we wrażliwych środowiskach, niezależnie od pogody, pory doby, dbając o ciągłość i bezpieczeństwo operacji lotniczych. Często do swojej działalności firmy te wykorzystują autoryzowane drony, nawet w procesie łagodzenia skutków działania nieautoryzowanych dronów-intruzów, nie zakłócając komunikację czy pracę systemów nawigacyjnych i innych systemów na lotniskach.

Znawcy tematu klasyfikują zagrożenia nad lotniskiem komunikacyjnym na trzy kategorie<sup>5</sup>:

- śledzenie, szpiegowanie interesujących miejsc oraz nieautoryzowane mapowanie i nadzór
- przewożenie ładunków, powszechnie uznawanych za niebezpieczne, np. chemicznych, radioaktywnych, biologicznych, nuklearnych czy też materiałów wybuchowych
- przechwytywanie sieci bezprzewodowych, włamywanie się do systemów komputerowych i prowadzenie cyberataków poprzez stosowanie zawisu lub lądowanie na budynkach.

„Kraje członkowskie codziennie borykają się z zagrożeniami związanymi z dronami, a ta technologia jest tak nowa i wschodząca, że muszą ją zrozumieć lepiej niż obecnie” – powiedział przedstawiciel Interpolu ds. ochrony lotnisk przed nieautoryzowanym dostępem dronów.

---

<sup>5</sup> „Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies”, *Sensors*, G. Lykou, D. Moustakas, D. Gritzalis - Uniwersytet Ekonomiczny w Atenach. & Biznes

## **ZALETY, PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII DRONOWEJ NA LOTNISKU**

Technologia dronowa identyfikowana na lotniskach jako możliwe zagrożenie przekształciła się w cenne narzędzie, które definitywnie usprawnia operacje lotniskowe, działając szybciej i taniej niż tradycyjne sposoby.

Do wzrostu zainteresowaniem eksploatacji dronów w portach lotniczych i w infrastrukturze lotniskowej przyczyniły się takie czynniki jak; wzrost zakupów dronów, ulepszenie ich technologii, masowa produkcja a tym samym redukcja kosztów oraz łatwość zakupu. Oprócz tych czynników wykreowała się potrzeba oceny systemu kontroli ruchu lotniczego, a także integracja tej nowej formy lotnictwa we współdziałaniu z załogowym lotnictwem na małych wysokościach. Światowe lotnictwo poczyniło ogromne postępy w obszarze bezpiecznego wdrażania dronów poprzez stworzenie przepisów dotyczących małych bezzałogowych statków powietrznych oraz sposobów ich autoryzacji i powiadamiania o operowaniu na małej wysokości.

Wraz ze wzrostem ilości użytkowanych dronów pojawił się poważny problem dla lotnisk, powodowały one zagrożenia dla załogowego lotnictwa. Wzrosła gwałtownie liczba incydentów lekkomyślnego zachowania operatorów dronów, którzy nie posiadali świadomości bezpieczeństwa. Organizacje lotnicze państw wraz z wprowadzeniem przepisów dotyczących dronów stworzyły kulturę bezpieczeństwa dla bezzałogowych statków powietrznych, która jest podobna do kultury załogowych statków powietrznych i zwiększa potencjał wykorzystania korzyści dronów.

Technologia dronowa zajęła i nadal prężnie wdziera się w szereg usług w portach lotniczych, infrastrukturze lotniskowej i przemyśle lotniczym. Poniżej zostały zasygnalizowane już eksploatowane lub wprowadzane programy eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych w szeroko rozumianym lotnictwie.

### **POTENCJALNE PRZYKŁADY UŻYCIA DRONÓW NA LOTNISKACH**

#### **Monitorowanie budowy obiektów infrastruktury lotniskowej**

- Archiwizacja i przechowywanie zdjęć i filmów poklatkowych
- Monitorowanie stanu bezpieczeństwa na lotnisku
- Monitorowanie oświetlenia

#### **Wsparcie operacyjne**

- Zdalna wieża ATTM<sup>6</sup>
- Identyfikacja samolotów/bezzałogowych statków powietrznych
- Monitoring ruchu na ziemi i incydentów

### **Ocena bezpieczeństwa publicznego**

- Monitorowanie obwodu lotniska, infrastruktury lotniskowej
  - Ludzie, pojazdy, ziemia (powierzchnie), dzika przyroda
- Reakcja awaryjna, (reagowanie kryzysowe)
- Ocena warunków pogodowych
- Monitorowanie, alarmowanie i patrole bezpieczeństwa

### **Potencjalne przypadki użycia dronów przez najemców (leasing)**

- Inspekcje techniczna samolotów i hangarów
- Testowanie R&D<sup>7</sup> nowych technologii
- Edukacja i treningi, szkolenia

### **Zarządzanie infrastrukturą lotniskową i aktywami**

- Inspekcje struktury nawierzchni pasów, dróg kołowania
- Inspekcja sprzętu i środków radionawigacyjnych VOR/NDB<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Zdalna wieża – ATTM, Wartość dodana dla kontrolerów ruchu lotniczego. Zamiast patrzeć przez okno, kontrolerzy ruchu lotniczego (ATC) spędzają dużo czasu na wyszukiwaniu danych na wyświetlaczach i ich analizie. Projekt Remote Tower pomaga gromadzić i analizować dane dla ATC, pomagając uzyskać dodatkowe informacje, które w innym przypadku pozostałyby niezauważone lub których zebranie analiza zajęłyby dużo czasu. Dostarczone dane pomogą w podejmowaniu lepszych planów i decyzji w przyszłości. Projekt Oparty na systemie cyfryzacji ruchu lotniczego, za pomocą którego wyrafinowany zestaw kamer panoramicznych i mikrofonów wysokiej rozdzielczości komunikuje się bezprzewodowo ze zdalnym koncentratorem, pomieszczeniem, w którym dedykowane monitory przekazują do kontrolerów wszystkie informacje niezbędne do kontroli ruchu lotniczego. Eksperymenty na lotniskach o większym natężeniu ruchu podążały za zdalnym zarządzaniem małymi portami lotniczymi. <https://www.remote-tower.eu> › .. [dostęp 12.09.2022]

<sup>7</sup> Prace badawczo-rozwojowe, B+R, B&R, R&D (od ang. Research and Development) – pozyskiwanie know-how dotyczącego produktów, technologii lub procesów oraz prowadzenie analiz teoretycznych, systematycznych studiów lub doświadczeń, w tym produkcji eksperymentalnej, techniczne testowanie produktów lub procesów, zapewnianie koniecznego wyposażenia oraz uzyskiwanie praw własności intelektualnej w odniesieniu do wyników prac. Praktyczny aspekt takich prac to najczęściej odkrywanie nowych zależności i związków elementów danej dziedziny rzeczywistości w procesie usprawniania, ulepszania, doskonalenia techniki, technologii, metodyki. Wynikiem tych prac mogą być dalsze odkrycia, wynalazki, nowe hipotezy, koncepcje i teorie. W programach rządowych dotyczących naukowego i naukowo-technicznego rozwoju państwa oraz w badaniach marketingowych, rozwojowych i strategicznych przedsiębiorstw działalność ta jest zwykle określana skrótem B+R (od „badania i rozwój”). [https://pl.wikipedia.org/wiki/Prace\\_badawczo-rozwojowe](https://pl.wikipedia.org/wiki/Prace_badawczo-rozwojowe). [dostęp 05.08.2022]

<sup>8</sup> W nawigacji lotniczej piloci korzystają z różnych form pomocy nawigacyjnych na trasie i na podejściu. Dwie szczególne formy pomocy nawigacyjnych to VOR (Very High-Frequency Omnidirectional Radio Range) i NDB (ang. Non-Directional Beacons). <https://aviationinfo.net> › difference-between-vor-and-ndbs. [dostęp 05.08.2022]

- Kontrola wieży ATC<sup>9</sup>
- Inspekcje budynków, pokrycia budynków, ogrzewania HVAC<sup>10</sup>
- Geodezja i kartografia
- Monitorowanie wzrostu drzew i traw

#### **Dodatkowe przypadki/obszary użycia dronów na lotnisku**

- Dokumentowanie/pokazywanie dla społeczności
- Zarządzanie zapasami, częściami zapasowymi
- Zwiększanie ruchu lotniczego: martwe pola wieży ATC
- Śledzenia ruchu pojazdów naziemnych
- Usługa dostaw posiłków na lotnisku
- Transport bagażu na lotnisku

Drony odgrywają ważną rolę jako narzędzie w osiągnięciu wysokiego poziomu bezpieczeństwa operacji lotniczych, między innymi poprzez poszczególne działania:

- **Fotografia wykonywana przez drona na lotniskach**

Ważnym elementem dronów w działalności lotniskowej są jego kamery, które są wykorzystywane do jakiejś formy fotografii, zarówno nieruchomej, jak i wideo. Fotografia lotnicza na małych wysokościach przynosi bardzo dużo korzyści. Programy zainstalowane na pokładzie drona mogą pobierać informacje z GPS, które są osadzone w serii zdjęć i łączą je w celu uzyskania jednego, dwu- lub trójwymiarowego obrazu o bardzo wysokiej rozdzielności fotografowanego obszaru. Tradycyjna fotografia korzystała z usług samolotów, które miały ograniczenia wysokości do około 1000 stóp (304,8 m) nad przeszkodami, a drony mogą robić zdjęcia na bardzo niskich wysokościach z bardzo dużą szczegółowością zapewniając większą klarowność i szczegółowość.

---

<sup>9</sup> Kontrola ruchu lotniczego (ang. ATC–Air Traffic Control) – służba ustanowiona w celu zapobiegania niebezpiecznym zbliżeniom statków powietrznych ze sobą, zarówno podczas lotu, jak i na lotniskach. Kontrola ruchu lotniczego ma też na celu usprawnianie i utrzymywanie uporządkowanego przepływu ruchu lotniczego. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kontrola\\_ruchu\\_lotniczego](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kontrola_ruchu_lotniczego). [dostęp 05.08.2022]

<sup>10</sup> HVAC (ang. Heating, Ventilation, Air Conditioning) – branża inżynierii sanitarnej zajmująca się:

- ogrzewaniem (heating),
- wentylacją (ventilation),
- klimatyzacją (air conditioning).

W Polsce odpowiednik COWiG – ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja i gazownictwo, specjalizacja kierunku inżynierii środowiska. Oprócz określenia branży budowlanej skrót HVAC służy również do określaniu zawodu (inżynier HVAC lub inaczej mechanical engineer) oraz rodzaju instalacji sanitarnych. <https://pl.wikipedia.org/wiki/HVAC>. [dostęp 05.08.2022]



- **Inżynieria i planowanie bazujące na technologii dronowej**

Firmy inżynieryjne pracujące na lotniskach wykorzystują drony do tworzenia bardzo szczegółowych badań nawierzchni wykorzystywanych dla programów zarządzania lotniskowymi nawierzchniami. Zdjęcia z drona mogą być również łączone z programami Systemu Informacji Geograficznej (GIS)<sup>11</sup> lotniska w celu stworzenia realistycznych, trójwymiarowych map lotniska.

Tego typu zdjęcia wykonane z małej wysokości w bardzo wysokiej rozdzielności przez drony mają ogromną wartość dla obsługi lotniska, która jest odpowiedzialna za monitoring poszczególnych nawierzchni lotniska w celu podejmowania decyzji co do jej stanu i konieczności jej wymiany.

Technologia dronowa wykorzystywana jest również przy budowie nowych lotnisk, czy rozbudowie już istniejących. Drony zbierają informacje geodezyjne przed rozpoczęciem projektu, a także monitorują i dokumentują postęp projektu na jej poszczególnych etapach budowy. Dokumentacja uzyskana przy pomocy drona pomaga inżynierom do identyfikacji obszarów problemowych, które nie spełniają specyfikacji i standardów projektu.

- **Inspekcje statków powietrznych i innej infrastruktury lotniskowej z użyciem dronów**

Zintegrowanie dronów na lotniskach pozwala na przeprowadzanie kontroli samolotów. Przeprowadzenie inspekcji samolotu może odbyć się na zewnątrz jak i wewnątrz hangaru za pomocą standardowego sprzętu fotograficznego drona z przeznaczeniem dla dokumentacji zmian konstrukcyjnych, czy w przypadku wykorzystania fal milimetrowych, sprawdzanie pionowych stabilizatorów samolotu, który maksymalizuje efekt i jednocześnie minimalizuje ryzyko odniesienia obrażeń obsługującego personelu. Oprócz inspekcji samolotów, drony są obecnie wykorzystywane na wielu lotniskach do badania budynków, dachów, parkingów, osłon przeciwwiatrowych, ogrodzeń ochronnych, obszarów bezpieczeństwa, wszelkiego oznakowania, w tym dróg kołowania i pasów startowych.

---

<sup>11</sup> GIS - System informacji geograficznej (ang. *Geographic InformationSystem, GIS*) – system informacyjny służący do wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania oraz wizualizacji danych geograficznych, którego jedną z funkcji jest wspomaganie procesu decyzyjnego. Każdy system GIS składa się z: bazy danych geograficznych, sprzętu komputerowego, oprogramowania oraz twórców i użytkowników GIS. W przypadku, gdy system informacji geograficznej gromadzi dane opracowane w formie mapy wielkoskalowej (tj. w skalach 1:5000 i większych), może być nazywany systemem informacji o terenie (ang. *land information system, LIS*). [https://pl.wikipedia.org/wiki/System\\_informacji\\_geograficznej](https://pl.wikipedia.org/wiki/System_informacji_geograficznej) [dostęp 02.08.2022]

- **Monitoring i rozproszenie dzikiej przyrody**

Jednym z głównych zadań zastosowanych na lotnisku dronów jest kwestia łagodzenia zagrożeń bezpieczeństwa operacji lotniczych ze strony dzikiej fauny i flory. Odpowiedzialność za rozwiązywanie zagrożeń ze strony dzikiej fauny w na lotnisku i w bezpośrednim sąsiedztwie spoczywa na operatorze lotniska i dlatego ważne jest posiadanie przez niego zróżnicowanego zestawu narzędzi do kontroli i monitorowania dzikiej przyrody. Z doświadczeń zastosowania dronów na lotnisku do tej roli, okazało się, że jest szczególnie skutecznym sposobem w pasywnym łagodzeniu aktywności dzikich zwierząt z takich przestrzeni jak stawy, łąki a nawet lasy na terenie infrastruktury lotniskowej. Drony mogą być również niezwykle skuteczne w aktywnych metodach rozpraszania dzikich zwierząt. Duże jak i małe ptaki uciekają przed działaniem i hałasem drona, w szczególności w operowaniu drona w pobliżu ich miejsc gniazdowania, noclegowania lub osłon w odległych miejscach lotniska.

- **Dowodzenie/zarządzanie incydem w reagowaniu kryzysowym**

Doświadczeni ratownicy i służby ratunkowe niosące pierwszą pomoc doskonale wiedzą, że komunikacja i świadomość sytuacyjna są bardzo ważne w stosunku do incydentu, wypadku czy katastrofy, dotyczy to zwłaszcza lotnictwa, w których paliwa, źródła zapłonu, ostre metalowe elementy i różnego rodzaju elementy elektryczne pod napięciem kreują zagrożenie podczas akcji ratowniczych. W takich sytuacjach są eksploatowane drony jako niezbędne i natychmiastowego użycia narzędzie przez policję, straż pożarną czy ratownictwo medyczne (EMS)<sup>12</sup>. Drony w sytuacjach reagowania krytycznego zapewniają środki do natychmiastowego uruchomienia platformy wizyjnej na małej wysokości, a tym samym dostarczając dane w czasie rzeczywistym do punktów, sztabu reagowania kryzysowego. Tradycyjne środki załogowego lotnictwa wymagały co najmniej 30 minut lub nawet kilka godzin potrzebnych do dotarcia miejsc zdarzenia, a w czasie akcji ratunkowych miały ograniczone możliwości do dostarczania danych niezbędnych do dowodzenia akcjami ratowniczymi. Zastosowanie dronów do szybkiego

---

<sup>12</sup> EMS - Emergency Medical Services, bardziej znany jako EMS, to system zapewniający pomoc medyczną w nagłych wypadkach. Po aktywacji przez incydent, który powoduje poważną chorobę lub uraz, EMS koncentruje się na opiece medycznej w nagłych wypadkach nad pacjentem (pacjentami). EMS jest najłatwiej rozpoznany, gdy widziane są pojazdy ratunkowe lub helikoptery reagujące na incydenty awaryjne. Ale EMS to znacznie więcej niż jazda do szpitala. Jest to system skoordynowanego reagowania i opieki medycznej w nagłych wypadkach, obejmujący wiele osób i agencji. Kompleksowy system EMS jest codziennie gotowy na każdą sytuację awaryjną. <https://www.ems.gov › whatisems> [dostęp 02.08.2022]

wdrażania akcji ratowniczych połączona z łatwością eksploatacji platform dronów przynosi potencjalne korzyści dla lotniskowych strażaków, policji czy EMS.

#### ▪ **Marketing lotniskowy przy użyciu drona**

Infrastruktura lotniskowa wymaga prężnego zarządzania do którego jest potrzebna wiedza o aktualnej jej kondycji. Drony dostarczają zarządcom nieruchomości lotniskowych i deweloperom ekonomicznym obrazów z jej aktualnego stanu, które są reklamowane do zagospodarowania ewentualnym firmom i najemcom do wynajęcia lub zagospodarowania. Wykonane przez drony zdjęcia lotnicze i filmy wideo zrobione przez drony są wykorzystywane do promocji i sprzedaży dostępnych gruntów i pozostałej infrastruktury lotniskowej.

#### **Trening i szkolenie dla personelu przebywającego na lotnisku i infrastrukturze lotniskowej**

Zdjęcia i filmy wykonane z drona są wykorzystywane w celach szkoleniowych dla pracowników lotniska i całej infrastruktury lotniskowej. Bezzałogowiec może kolekcjonować obrazy znaków lotniskowych, całego oznakowania lotniskowego i całej infrastruktury dla celów szkoleniowych personelu lotniskowego i innych zainteresowanych osób, takich jak kierowcy pojazdów lotniskowych, policji lotniskowej, do szkolenia strażaków, szkolenie TSA<sup>13</sup>, szkolenie FBO<sup>14</sup> i materiały szkoleniowe dla linii lotniczych.

#### **Zasięg publiczny i edukacja w wykorzystaniu technologii dronowej**

Drony w rękach nieprzeszkolonych i niewykształconych osób mogą generować stan zagrożenia bezpieczeństwa operacji lotniczych. Zdecydowanym krokiem w kierunku poprawy bezpieczeństwa na lotnisku i wokół niego jest zapewnienie edukacji społecznej nie tylko ludności otaczającej lotniska, ale też o ogólnonarodowym czy światowym wymiarze. Zarządcy lotnisk odnoszą sukcesy organizując publiczną edukację dotyczącą korzystania z technologii dronowej. Umiejętne korzystanie z technologii dronowej może być doskonałym narzędziem edukacyjnym do wprowadzenia uczniów w lotnictwo.

---

<sup>13</sup> TSA – (Transportation Security Administration - Administracja ds. Bezpieczeństwa Transportu, agencja rządowa występująca w wielu portach lotniczych, np. USA). <https://www.dictionary.com › tsa> [dostęp 31.08.2022]

<sup>14</sup> FBO – (Fixed Base Operator). Termin Operator Stałej Bazy (FBO) jest nadawany przedsiębiorstwu komercyjnemu, któremu władze portu lotniczego przyznały prawo do działania na tym lotnisku i świadczenia usług lotniczych, takich jak paliwo, miejsca parkingowe i hangarowe na rzecz General Aviation (GA). <https://skybrary.aero › articles › fixed-base-operator-fbo> [dostęp 31.08.2022]

## Koszty i korzyści eksploatacji drona na lotnisku

Prowadzona analiza kosztów i korzyści integracji dronów do służby na lotniskach wykazała różnice wynikające w zależności od przeznaczenia i zaangażowania dronów na nim. Przeciętny koszt drona klasy komercyjnej to 1500 do 2500 USD, ale dodatkowe i specjalistyczne wyposażenie, np. kamery na podczerwień lub jednostki LIDAR podrażają całkowity i ostateczny koszt drona do 15000-20000 USD. Ta stosunkowo wysoka cena za drona jest zdecydowanie niższa niż koszty związane z wynajmem helikoptera, fotografa i innych członków załogi.

## Zarządzanie i nadzór flotą dronów na lotnisku

Każde lotnisko, które jest w posiadaniu floty dronów może wybrać różne sposoby zarządzania nimi. Zarządcy lotniska mogą wybrać np. jeden dział operacyjny do nadzorowania i zarządzania całym programem na lotnisku. Inne lotniska mogą potraktować to zagadnienie jak każdy inny rodzaj sprzętu i przydzielić do wielu działów w celu oddzielnego zarządzania dronami. Najważniejszą rzeczą w temacie eksploatacji dronów na lotnisku jest to, aby porty lotnicze prawidłowo i bezpiecznie zarządzały swoim dronowym sprzętem, szkoleniami, operacjami lotniczymi, ubezpieczeniem, dokumentacją i podręcznikami.

## Innowacyjne trendy technologiczne w lotnictwie komercyjnym

Międzynarodowe Stowarzyszenie Przewoźników Powietrznych (*International Air Transport Association* - IATA) zdefiniowało sześć głównych trendów technologicznych, które w bardzo krótkim czasie wpłyną na transport lotniczy, tj.;

- rzeczywistość rozszerzona<sup>15</sup> i urządzenia do noszenia
- robotyka
- systemy zautomatyzowanie
- IoT<sup>16</sup>
- podłączony ładunek

---

<sup>15</sup> Rzeczywistość rozszerzona (ang. *augmented reality*), rzeczywistość poszerzona – system łączący świat rzeczywisty z generowanym komputerowo. Zazwyczaj wykorzystuje się obraz z kamery, na który nałożona jest, generowana w czasie rzeczywistym, grafika 3D. Istnieją także zastosowania wspomagające jedynie dźwięk (jak aplikacja RjDj na iPhone). [https://pl.wikipedia.org/wiki/Rzeczywisto%C5%9B%C4%87\\_rozszerzona](https://pl.wikipedia.org/wiki/Rzeczywisto%C5%9B%C4%87_rozszerzona) [Dostęp 02.08.2022]

<sup>16</sup> IoT - Internet Rzeczy, w skrócie IoT (ang. Internet of Things), oraz Przemysłowy Internet Rzeczy, w skrócie IIoT (ang. Industrial Internet of Things), to dwie wiodące technologie w cyfrowej rewolucji. Te określenia pojawiają się często w wielu sytuacjach, a niektóre technologie IoT oraz IIoT są już wykorzystywane przez większość użytkowników. Komunikując liczne urządzenia i elementy sprzętu przez Internet, IoT oraz IIoT mogą zwiększyć wydajność firm, wspierać podejmowanie decyzji na podstawie większej liczby informacji oraz odblokować nowe źródła zysków. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Internet\\_rzeczy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Internet_rzeczy) [Dostęp 02.08.2022]

- oraz pojazdy autonomiczne.

Jedną z ważnych operacji przy pomocy dronów są różnego rodzaju inspekcje lotniskowe. Drony wspierając operacje lotniskowe takie jak konserwacja i kontrola na lotniskach, które powodują obniżenie kosztów tych operacji. Do takich inspekcji należy między innymi inspekcje PAPI (Precision Approach Path Indicator, Precyzyjny Wskaźnik Ścieżki podejścia do lądowania), które tradycyjnie były przeprowadzane przez załogowe, specjalistyczne statki powietrzne do kontroli lotów. Tradycyjny sposób przeprowadzenia inspekcji generował bardzo duże koszty, ale drony ze specjalistycznym wyposażeniem do sprawdzenia czy PAPI spełnia wymagania przepisów ICAO<sup>17</sup>, w tym kąty przejścia, symetrię i poziomość diametralnie obniża koszty tego typu operacje.

Takim przykładem zastosowania drona na lotnisku jest brytyjsko-hiszańska firma Canard, która dokonuje inspekcji na wielu lotniskach (np. Paris-Orly, Mediolan-Linate, Port Lotniczy w Genewie, Edmonton w Kanadzie) przy zastosowaniu technologii dronowej. Inspekcje te często dokonywane są w czasie rzeczywistym, również systemów oświetlenia podejścia ALS (Approach Light System).

Bardzo ważnym elementem operacji lotniczych jest dbałość o jej bezpieczeństwo. Kontrola środowiska przyrody wokół lotniska jest jednym z jego elementów. Zgodnie z danymi ICAO aż 90% do zderzenia z ptakami na lotnisku ma miejsce podczas operacji startu i lądowania.

## SZCZEGÓŁOWE PRZEDSTAWIENIE WYBRANYCH OBSZARÓW ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII DRONOWEJ NA LOTNISKACH

- **FOD – drony usprawniają inspekcję na lotniskach**

Foreign Object Debris/Damage – FOD<sup>18</sup>, jest poważnym problemem dla każdego, kto obsługuje samoloty. Drony na wielu lotniskach są wykorzystywane do inspekcji FOD (Foreign

---

<sup>17</sup> ICAO – Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ang. *International Civil Aviation Organization*, ICAO; fr. *Organisation de l'aviation civile internationale* – organizacja wyspecjalizowana ONZ zajmująca się opracowywaniem i wdrażaniem międzynarodowych przepisów regulujących bezpieczeństwo międzynarodowej żeglugi powietrznej oraz wspieraniem rozwoju transportu lotniczego w celu zapewnienia bezpiecznego i uporządkowanego rozwoju. Siedziba organizacji znajduje się w Montrealu. <https://en.wikipedia.org/wiki/Int...>[dostęp 31.08.2022]

<sup>18</sup> FOD (Foreign Object Damage, Foreign Object Debris), W lotnictwie i kosmonautyce uszkodzenie obiektami obcymi (FOD) to każda cząsteczka lub substancja obca statkowi powietrznemu lub systemowi, która może potencjalnie spowodować uszkodzenie. Zewnętrzne zagrożenia FOD obejmują zderzenia ptaków, grad, lód, burze piaskowe, chmury popiołu lub obiekty pozostawione na pasie startowym. Wewnętrzne zagrożenia FOD obejmują

Object Debris). Zanieczyszczenia, uszkodzenia nawierzchni, obce obiekty na elementach infrastruktury lotniskowej, np. pasy startowe, drogi kołowania – to poważny problem dla każdego, kto obsługuje samoloty dla bezpieczeństwa operacji lotniczych. Kawałki nawierzchni pasa startowego, drogi kołowania mogą być zassane do komór silników lotniczych i w rezultacie mogą uszkodzić powierzchnie zewnętrzne czy silniki, co według ICAO każdego roku powoduje szkody o wartości milionów dolarów, a w niektórych sytuacjach FOD może nawet doprowadzić do zagrożenia życia ludzi na pokładzie statku powietrznego.

Marynarka Wojenna USA wynalazła system bazujący na dronach do identyfikacji FOD na pasach startowych. Dron przeznaczony do inspekcji pasa startowego posiada w swojej bazie danych stan pasa startowego i na bieżąco porównuje go z inspekcjonowanym pasem startowym w czasie rzeczywistym i na bieżąco. Komputer identyfikuje wszelkie różnice, które mogą być bardzo drobnymi fragmentami powierzchni, a następnie personel obsługi infrastruktury lotniskowej zostaje wysłany w konkretne miejsce w celu usunięcia zagrożenia. I w ten sposób technologia dronowa na stałe wpisuje się w codzienne funkcjonowanie inspekcji pasów startowych i dróg kołowania lotniska.

- **Ochrona i bezpieczeństwo**

Bezpieczeństwo w lotnictwie jest najważniejszym zadaniem, ale i też poważnym problemem lotnisk. Ochrona personelu, materiałów i sprzętu oraz zapewnienie bezpieczeństwa to najgłówniejsze i bardzo złożone zadanie zarządców lotnisk. Niektóre lotniska są zlokalizowane w trudno dostępnych miejscach, np. bagna znajdują się w ich obwodach czy inne powierzchnie wodne (np. Savanach/Hilton Hed USA), co dodatkowo utrudnia zarządzanie takimi lotniskami i jest dużym wyzwaniem. W takich okolicznościach użycie dronów zapewnia szybkość działania, możliwość monitorowania sytuacji całego obszaru lotniska w krótkim czasie i z dystansu.

- **Zarządzanie wyzwaniami związanymi z dziką przyrodą**

Jak już było wspomniane wcześniej, lotnisko to rozległy obszar przestrzenny i ze zróżnicowaną infrastrukturą terenową, np. bagna, obszary wodne w którą może ingerować dzika przyroda. Zdarza się często, że po pasach startowych i drogach kołowania biegają sarny

---

przedmioty pozostawione w kokpicie, które zakłócają bezpieczeństwo lotu poprzez zaplątanie się w kable sterujące, zakleszczenie ruchomych części lub zwarcie połączeń elektrycznych. Termin FOD jest używany do opisanie zarówno samych ciał obcych, jak i wszelkich przypisywanych im uszkodzeń. [https://en.wikipedia.org/wiki/Foreign\\_object\\_damage](https://en.wikipedia.org/wiki/Foreign_object_damage) [dostęp 02.08.2022]

(patrz rys.1), dziki, zwierzęta są też uwięzione w hangarach i innych obiektach infrastruktury lotniskowej, a ptaki zagrażają operacjom lotniczym (patrz rys. 2). Drony to dobre narzędzie do śledzenia, monitorowania dzikich zwierząt i ostrzegania personel lotnisk o ich obecności, a także do ich odstraszenia.

Rys. 1 Dzika przyroda i lotnictwo załogowe



Źródło: <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2021/march/18/report-offers-insights-on-aircraft-wildlife-collisions>

Rys. 2 Wypraszenie nieproszonych gości z lotniska Tampa Bay „Times” – (TIA Tampa International Airport)



Źródło: <https://www.tampabay.com/gallery/2022/02/01/tia-employs-raptors-to-thwart-bird-strikes-to-passenger-planes/>

Rys. 3 Dron zdalnie sterowany, robotyczny, upodobniony do sokoła wędrownego. System typu flappy drones



Źródło: <https://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/drone-bird-airport-uav-edmonton-international-airport-falcon-1.4168404>

Zarządzający lotniskami często korzystają z usług dronów zaprojektowanych tak, aby wyglądem i zachowaniem przypominały ptaki (patrz rys. 3), flappy drones.<sup>19</sup> Są to małe konstrukcje typu technologii nano, trzepoczące drony (flappy drones) pomagające odpędzić ptaki, które mogą gromadzić się w niebezpiecznych dla bezpieczeństwa operacji lotniczych miejscach na lotniskach, np. obszary startu lub lądowania samolotów. W opinii zarządców lotnisk wykorzystanie dronów na lotniskach do tych celów to innowacyjny pomysł, który

---

<sup>19</sup> Flappy drone - ornitopter lub „trzepoczące skrzydło”, dron wykorzystuje mechanikę lotu ptaków jako źródło zasilania. Drony klapowe latają jak ptaki lub owady, trzepocząc skrzydłami. Aby podnieść drona, skrzydła muszą trzepotać w przód i w tył 12 razy na sekundę. Posiadanie czterech skrzydeł, podobnie jak wałki, poprawia stabilność lotu i wydajność energetyczną. Skrzydła i ich ruch zostały starannie zoptymalizowane, aby zmaksymalizować czas lotu na jednym ładowaniu akumulatora. Ta technologia została wykorzystana przez wojsko do opracowania małego drona „ptaszka” zdolnego do inwigilacji. Dron wykorzystywany w ochronie lotniska ma naśladować drapieżnika. Lata machając skrzydłami i steruje się za pomocą dwóch płetw ogonowych. Może nawet przez pewien czas szybować w powietrzu, tak jak zrobiłby to podchodzący do ataku ptak drapieżny. Jest to połączone z pilotem, który wie, jakich wzorów używają ptaki podczas polowania, aby pomóc odpędzić ptaki. <https://www.newscientist.com> › article. [dostęp 05.08.2022]



w znaczący sposób zapewnia bezpieczeństwo operacji lotniczych na lotniskach nękanym przez naturalnych awiatorów – ptaki.

- **Kontrola ptaków, praktyczne wykorzystanie dronów**

Do najczęstszych zderzeń z ptakami według ICAO, dochodzi w 90% podczas procedur startu i lądowania. Pierwszym lotniskiem na którym zastosowano specjalnie skonstruowany system na bazie dronów do kontroli ptaków na lotniskach było DKF (Dallas/Fort Worth International Airport, Teksas – od 2017r.) był to system o nazwie RoBird. System ten był zintegrowany z pełnym spektrum usług bezałogowych systemów powietrznych i z codziennymi operacjami lotniczymi na lotnisku. Jednym z głównych punktów było położenie nacisku na udoskonalenie Planu Zarządzania Dziką Przyrodą przy wsparciu dronów. Plan ten zakładał udział dronów w procesie zniechęcania do gniazdowania w pobliżu operacji lotniczych i ścieżek schodzenia do lądowania statków powietrznych.

RoBird (patrz rys. 4 ) to zdalnie sterowany, robotyczny, upodobniony do sokoła wędrownego system, który ma przerażać ptaki swoją obecnością i wydawanym dźwiękiem, posiada też zdolność odciągania stad ptaków z przestrzeni nadlotniskowej, z dala od ruchu lotniczego.

Rys. 4 Skrzydlaty robot może pomóc tam, gdzie zderzają się ptaki i samoloty



Źródło: <https://www.nytimes.com/2017/11/28/opinion/birds-planes-robird.html>

- **Zarządzanie obiektami infrastruktury lotniskowej**

Duże międzynarodowe lotniska, to w zasadzie takie mini-miasta, a niektóre posiadają nawet własne kody pocztowe. Takie mega-struktury wymagają prężnego zarządzania jej infrastrukturą i nowoczesnymi mediami jak w nowoczesnej metropolii („Smart City”). Zarządzanie i monitorowanie oraz utrzymanie tak dużej ilości budynków, pasów startowych, dróg kołowania, dostarczanie energii elektrycznej, wody, kanalizacji i innych mediów czy usług to ogromne wyzwanie i ogromna praca. W sukurs w takiej sytuacji przychodzi technologia dronowa ułatwiając wykonywanie tego ogromnego zadania.

Drony w tym obszarze są wykorzystywane do inspekcji budynków pod kątem zużycia, przeprowadzane są inspekcje termiczne dachów, w bezpieczny sposób sprawdzane są wieże komunikacyjne, a to wszystko jest wykonywane w bezpieczny i szybki sposób bez narażania czynnika ludzkiego na niebezpieczeństwo związane z pracą na wysokościach. Drony w tym obszarze wykorzystuje się również do tworzenia cyfrowych bliźniaków obiektów lotniskowych, a także w przypadku tworzenia historycznych zapisów stanu każdego budynku na terenie infrastruktury lotniskowej do przyszłych celów.

- **Dostawy dronem**

Na globalnym rynku następuje boom związany z transportem ładunków lotniczych. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami przez McKinsey aż 25% konsumentów jest gotowych do większej zapłaty za szybką dostawę i kwoty te będą systematycznie rosły. McKinsey szacuje, że w przyszłości „pojazdy autonomiczne”, w tym drony, będą dostarczać blisko 100% X2C (biznes do konsumenta) i 80% wszystkich przedmiotów”.

Światowe agencje regulacyjne integrują drony ze swoimi krajowymi przestrzeniami powietrznymi, a wraz z tym zjawiskiem potencjał dostaw oparty na dronach wciąż rośnie. Zgodnie z prognozą znawców tematu, lotniska są idealnym kandydatem do korzystania z tej aplikacji dla bezzałogowych systemów powietrznych (BSP). Konieczność przemieszczania zapasów, napraw i dostarczania części zapasowych, bagażu i innych rzeczy, a tym samym lotniska każdego dnia stają przed bardzo dużym wyzwaniem dostarczania tych przedmiotów tam, gdzie one muszą być. Technologia dronowa w takich przypadkach przychodzi z pomocą ze swoimi możliwościami logistycznymi na lotniskach. Dla prowadzenia operacji lotniczych, w przypadku samolotu – czas to pieniądz. Takim rasowym przykładem jest przewiezienie części zapasowych do hangaru, które przy wykorzystaniu tradycyjnego transportu naziemnego zajmuje dużo czasu przez i tak zatłoczone linie komunikacyjne i tunele serwisowe na nowoczesnym lotnisku – idealnym rozwiązaniem jest usługa dronowa.

Lotnisko EIA (Edmonton International Airport) to piąte najbardziej ruchliwe lotnisko w Kanadzie. To też światowy lider w operacjach dronów na lotnisku. To lotnisko również jako pierwsze na świecie uruchomiło operacje dostarczania ładunków dronami z lotniska i przeprowadziło radykalną modernizację rozwiązań w zakresie logistyki ładunków i łańcucha dostaw. System logistyczny Drone Delivery Canada jest bardzo efektywny w przypadku dostaw do odległych obszarów oraz dla przemysłu farmaceutycznego i opieki zdrowotnej. System ten można zainstalować na dowolnym płatowcu co pozwala na szybką realizację dostaw i zmniejsza tym samym zapotrzebowanie na drogowe pojazdy dostawcze.

- **Reagowanie kryzysowe z udziałem dronów**

Drony zintegrowane z różnymi służbami lotniskowymi mogą sprawnie i efektywnie współpracować z nimi, np. w ramach reagowania kryzysowego. Drony funkcjonujące na lotniskach mogą także być eksploatowane przez Lotniskowe Służby Ratowniczo-Gaśnicze, z zadaniem monitorowania i rejestrowania miejsc wypadków. Utrzymanie lotniska przez służby do tego powołane, działy eksploatacji czy działy operacyjne mogą korzystać z usług technologii dronowej w celu prowadzenia monitoringu, prowadzenia inspekcji zabudowy lotnisk, urządzeń, stanu nawierzchni, instalacji. Do grupy wykorzystującej w swej działalności dołącza też służba operacyjna, służba dyżurna w celu zwiększenia wydajności, uzyskania szybszego i lepszego zobrazowania sytuacji operacyjnej portów i całej infrastruktury lotniskowej w codziennych operacjach.

### **Zautomatyzowane inspekcje dronem lotniczym**

Inspekcje statków powietrznych prowadzone w tradycyjny sposób są procesem bardzo czasochłonnym, narażające przeprowadzający personel na możliwość uszkodzeń ciała. Przykładowo, inspekcja szerokokadłubowego samolotu może trwać nawet do 12 godzin i angażuje do tego proceduru przeciętnie od dwóch do trzech inżynierów lotniczych, angażując to tego również ciężki sprzęt lotniskowy.

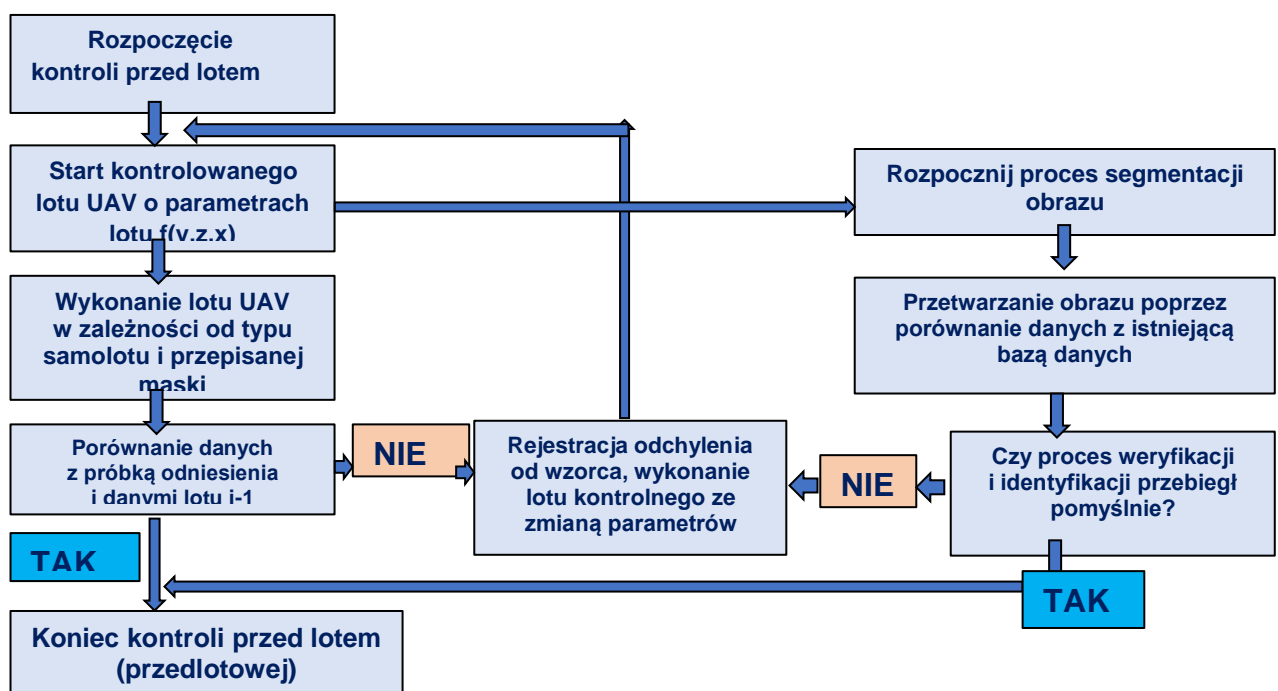
Drony z odpowiednim oprogramowaniem do prowadzenia inspekcji samolotów mogą to zmienić na lepsze. Ten sposób przeprowadzania inspekcji pomaga inżynierom lotniczym w bardziej wydajnym i szybszym wykonywaniu ich pracy i kolekcjonowaniu spójnych, wiarygodnych danych z inspekcji. Stosowane do inspekcji samolotów przez drony programy zawierają między innymi funkcje rejestracji wgnieceń i rejestrację uszkodzeń oraz monitorowanie wszelkich zmian strukturalnych na zewnątrz samolotu. Wynik przeprowadzonej inspekcji przez drony dostarcza ocenę uszkodzeń i wskazuje dokładną lokalizację anomalii

i znalezionych uszkodzeń. W wyniku tak przeprowadzonej inspekcji inżynierowie mogą się skoncentrować na swojej praktycznej wiedzy fachowej, tj. analizie defektów i podejmowaniu szybkich, precyzyjnych i świadomych decyzji związanych z zadaniami konserwacyjnymi do wykonania.

## DLACZEGO TECHNICY ZAJMUJĄCY SIĘ KONSERWACJĄ SAMOLOTÓW CHĘTNIE KORZYSTAJĄ Z DRONÓW?

Inspekcja całego samolotu; kadłuba, silników i elektroniki wiąże się z całkowitym wyłączeniem samolotu pasażerskiego z wykonywania operacji lotniczych na kilka dni. Zdarzają się przypadki, że aby stwierdzić ostatecznie o przydatności do lotu statku powietrznego należy odłączyć silnik od skrzydła i zdemontować go. Wraz z długością kontroli statku powietrznego rosną straty dla linii lotniczej, rosną jej koszty, ale zastosowanie dronów powoduje skrócenie diametralnie czasu przeprowadzenia inspekcji.

Rys. 5 Automatyzacja skanowania samolotów w celu inspekcji lub tworzenia modeli 3D za pomocą UAV i optymalnej ścieżki planowania. Schemat blokowy inspekcji statku powietrznego przy użyciu drona z klasyfikacją i oceną obrazu



Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych materiałów tematycznych

Uwaga: Wizualne inspekcje zewnętrznych powierzchni statku powietrznego są obligatoryjnie wymagane w procedurach prowadzenia inspekcji, konserwacji statku

powietrznego w celu zidentyfikowania możliwych wad, takich jak wgniecenia, pęknięcia, przecieki, złamane lub brakujące części itp. Proces ten jest czasochłonny i jest również podatny na błędy, jeśli jest wykonywany ręcznie. Wykorzystanie w tej procedurze technologii dronowej i robotów mobilnych wyposażonych w czujniki wizualne do wykonywania zautomatyzowanych kontroli zdecydowanie przyspiesza i uwiarygodnia ten proces (patrz rys. 5).

Z badań firmy przewozowej EasyJet wynika, że przeciętny samolot pasażerski w czasie wykonywania operacji lotniczej zostaje uderzony piorunem około osiem do dziewięć razy w roku. Zgodnie z procedurami bezpieczeństwa za każdym razem w przypadku incydentu z udziałem pioruna, samolotu obligatoryjnie jest „uziemiony” i poddany dokładnej kontroli bezpieczeństwa przez Techników Obsługi Lotniczej. Taka procedura wymaga czasu i zaangażowania stosunkowo dużej liczby inżynierów. W poszukiwaniu oszczędności czasu i zmniejszenia zaangażowania czynnika ludzkiego wiele firm obecnie praktycznie stosuje drony i roboty, aby pomóc w tego typu zadaniach przewoźnikom i współpracującym firmom. (patrz rys. 6) Nano drony i roboty, które zmieszczą się w dłoni, są coraz częściej angażowane do skracania i poprawiania czasu przeprowadzenia inspekcji statków powietrznych.

Rys. 6 System kontroli uszkodzeń statków powietrznych na bazie dronów - „Rapid”

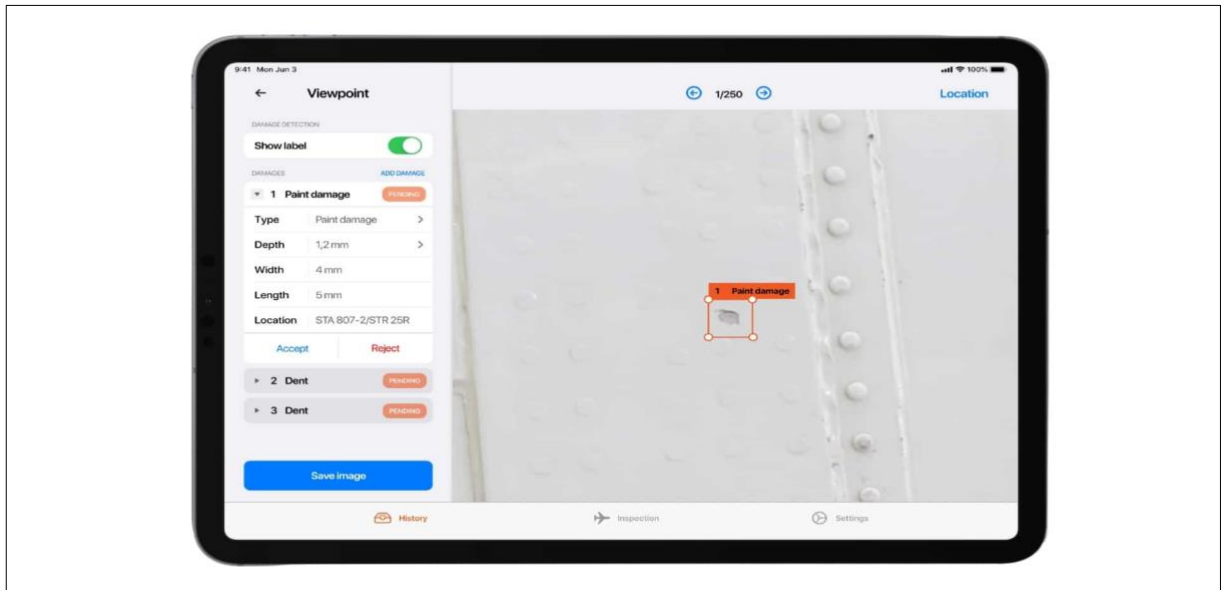


Źródło: <http://www.mrodrone.net/>

System do przeprowadzania inspekcji na samolocie bazuje na technologii dronowej, wyposażony jest w system obrazowania o wysokiej rozdzielności identyfikującej obiekty

o wielkości zaledwie 1mm<sup>2</sup>, wykorzystuje technologię pozycjonowania o wysokiej dokładności, nie wymaga wcześniejszych kwalifikacji ani doświadczenia w operowaniu dronami, zapewnia pełną ochronę samolotu w ułamku czasu potrzebnego przy obecnych metodach inspekcji. System ten uruchamia rozwiązania typu „Smart Hangar” już od 2018 roku.

Rys. 7 Przykładowy obraz dostarczany w czasie rzeczywistym przez drona podczas wykonywania inspekcji statku powietrznego. Inspekcja dronem samolotów – szybko, łatwo, bezpiecznie systemem Mainblades



Źródło: <https://mainblades.com/>

Rys. 8 Analiza wyników inspekcji wykonywanej przez drona w czasie rzeczywistym



Źródło: <https://mainblades.com/>

Dron plus oprogramowanie dedykowane do przeprowadzania inspekcji samolotów za pomocą iPada wraz z portalem internetowym Mainblades (patrz rys. 7) są zsynchronizowane

i dają efekt powszechnej dostępności, wglądu (np. pełne mapowanie samolotu, pokazanie rodzaju, rozmiaru i dokładnej lokalizacji, łatwej dostępności) – patrz rys. 8) i podejmowania decyzji z odległej lokalizacji dla zespołu serwisowego. Zebrane informacje z inspekcji w postaci obrazów zostają przesłane do oprogramowania do uczenia maszynowego i do rozpoznania uszkodzeń, a kolejnym krokiem jest generowanie szczegółowego raportu klasyfikującego uszkodzenia statku powietrznego, rozmiar oraz ich lokalizację.

Firmy lotnicze zajmujące się przewozem stosują MRO<sup>20</sup> w codziennej działalności; są to inspekcje wizualne, oprócz konserwacji czy napraw i remontów, kreują ogromne przestoje, tzw. „uziemianie” floty przewozowej, a to jest bardzo kosztowne. Operacje typu MRO mogą być również niebezpieczne dla wykonujących je techników, którzy wykonują tę istotną operację dla zapewnienia bezpieczeństwa operacji lotniczych w branży dla pasażerów i załóg.

Proces obsługi technicznej statków powietrznych jest zazwyczaj cyklicznie zaplanowanym procederem, czasami są to nieplanowane oględziny samolotów. Jak już było to wcześniej wspomniane jest to czasochłonny i kosztowny aspekt konserwacyjnych czynności, ale niezbędny z punktu dbania o bezpieczeństwo operacji lotniczych. Zaangażowanie do tej operacji dronów powoduje utrzymanie ruchu lotniczego, cyklu przeglądów i napraw floty lotniczej. Nie jest istotne czy flota przewozowa składa się z mniejszych odrzutowców, np. Embraer 190, czy samolotów wąskokadłubowych, takich jak Airbus A320, czy szerokokadłubowych, takich jak Boeing 787 – dron z odpowiednim oprogramowaniem jest w stanie przeprowadzić inspekcję każdego rodzaju samolotu. Jest to bardzo duża oszczędność czasu dla techników utrzymania ruchu.

Oto główne powody dla których eksploatacja dronów w procesie inspekcji i utrzymania technicznego floty statków powietrznych jest atutem:

- **Oszczędza czas**

Wykorzystanie drona do wizualnej kontroli zmienia proceder z ręcznego w zautomatyzowany proceder. Tradycyjny proces jest trudny, a przeprowadzenie wizualnej inspekcji może zająć nawet kilka dni. W trakcie tego procesu występuje presja czasu, zwłaszcza gdy nowy najemca ma już zaplanowany odbiór samolotu. Praca personelu technicznego

---

<sup>20</sup> MRO (ang. Maintenance Repair and Operations), termin MRO oznacza naprawę konserwacyjną i eksploatację (zwaną również naprawą konserwacyjną i przeglądem). MRO obejmuje wszystko, co robi ekipa konserwacyjna, aby utrzymać obiekt (i znajdujący się w nim sprzęt) w dobrym stanie. Innymi słowy, głównym celem MRO jest zapewnienie płynnego działania firmy. <https://limblecmms.com › blog › mr...>[dostęp 25.08.22]



zajmująca się konserwacją statku powietrznego może zająć ponad dwa dni, natomiast dron wykona to w ciągu 2 godzin, a tym samym oszczędzając wszystkim cenny czas i pieniądze.

- **Możliwość prowadzenia inspekcji samolotów - wewnątrz i na zewnątrz**

Wynajem powierzchni dla przeprowadzenia inspekcji jest drogi, a często jest niedostępny dla operatorów lotniczych w przypadkach nieplanowanych konserwacji, np. uderzenie pioruna lub inne zdarzenia. Drony są w stanie przeprowadzać inspekcję nie koniecznie w zamkniętych środowiskach hangarowych, umożliwiając to na miejscu.

- **Zero przygotowań**

Przeprowadzenie pełnego zakresu usług, serwisu i napraw samolotów w hangarze kreuje to miejsce ruchliwym i mogącym stwarzać pewne utrudnienia. Przeprowadzenie inspekcji przy użyciu drona w tym dynamicznym środowisku może wydawać się wyzwaniem. Jednak precyzyjne oprogramowanie nawigacyjne drona do wykonania inspekcji samolotu wraz z funkcjami bezpieczeństwa gwarantuje całkowicie bezpieczną pracę bez żadnych przygotowań dla serwisantów.

- **Dostawa części zamiennych do hangarów**

Coraz więcej światowych przewoźników, a w tych zainteresowane działy utrzymaniem operacji lotniczych rozważają możliwości wykorzystania dronów do dostarczania części zamiennych do hangarów, co pozwoliłoby na skrócenie czasu pracy w hangarze i umożliwić bardziej wydajną naprawę.

- **Poprawia bezpieczeństwo**

Wprowadzenie do przeprowadzenia inspekcji drona czyni ten proces zautomatyzowanym, eliminując proces niebezpiecznej pracy techników na wysokościach przy użyciu drabin, rusztowań czy różnego rodzaju wind. Kolejnym atutem jest fakt nie angażowania licencjonowanego operatora drona, a wystarczy tylko nadzór personelu naziemnego kontrolującego bezpieczną pracę operacji.

- **Usprawnia operacje**

Pozyskane przez pracującego drona obrazy w wysokiej rozdzielności są w czasie rzeczywistym przesyłane na platformę w chmurze, dzięki temu każdy zainteresowany członek zespołu może bardzo szybko uzyskać dostęp do tych danych, co w wymierny sposób pomaga przewidywać karty zadań i zaplanować czynności naprawcze, a także odpowiednio zorganizować zespół i planowanie.



- **Generuje wiarygodne dane**

Drony zapewniają dostarczanie wiarygodnych, spójnych, powtarzalnych i obiektywnych danych, a tym samym zmniejszają ryzyko powstania kosztownych niespodzianek. Personel techniczny wykonujący konserwację samolotów musi bardzo dokładnie zidentyfikować i zgłaszać wszelkie odchylenia dotyczące konstrukcji samolotu (kadłub). W przypadku gdy stwierdzone uszkodzenia nie zostaną uwzględnione w zgłoszeniu naprawy pojawia się problem czy naprawa może być wykonana prawidłowo i czy zostanie prawidłowo udokumentowana. Drony przyczyniają się do poprawy dokładności identyfikowania i zgłaszania odchyleń na kadłubie samolotu.

- **Pozwala na szybkie reagowanie**

Drona można maksymalnie w ciągu 5 minut wdrożyć do przeprowadzenia inspekcji, co pozwala przewoźnikom i decydom na podejmowanie szybkich działań naprawczych. Posiadanie całej historii, zdjęć, kompletnych raportów samolotu z archiwum danych w zasięgu ręki daje możliwość szybkiej reakcji i oszczędza stres. Uziemienie samolotu powoduje, że on nie zarabia i przynosi straty dla przewoźnika.

- **Unika dyskusji**

Ekspluatując drona do inspekcji statku powietrznego mamy bezstronny dowód statusu samolotu, a kompletne raporty z wizualnej inspekcji są łatwo dostępne. Przy dotychczasowym przeprowadzaniu inspekcji i przy wystąpieniu problemu trzeba było robić zdjęcia, sporządzać dodatkowe raporty, gromadzić i dostarczać fakty i dowody, czy też wiele innych dokumentów, a proces był niekończącą się dyskusją dotyczącą roszczeń gwarancyjnych. Wykorzystanie drona pozwala uniknąć takich rozbieżności w dokumentacji między konkretną linią lotniczą a, np. leasingodawcą.

- **To jest bardzo praktyczne**

Przewoźnicy, a w tym branża z obszaru konserwacji lotniczej ma kłopoty związane z poważnym niedoborem techników zajmujących się utrzymaniem ruchu co zmusza linie lotnicze do szkolenia na dużą skalę zastępczych pracowników. Dodatkową bonifikatą dla zastosowania dronów do inspekcji samolotów jest fakt bycia na czele wyróżniających się linii lotniczych stosujących innowacyjne metody, a tym samym przyciągać nowe talenty.

## **PODSUMOWANIE**

W momencie zdobywania rynku przez technologię dronową, pojawiły się pewnego rodzaju obawy dotyczące bezpieczeństwa samolotów załogowych i możliwości zaistnienia kolizji z

bezzałogowcami w powietrzu. Sen z oczu spędzał w szczególności administratorom lotnisk, gdyż szczególnym miejscem narażonym na powstanie kolizji są elementy operacji lotniczych dotyczące startu i lądowania statków powietrznych.

Takie podejście do tematu bezpiecznego eksploataowania lotniska i przestrzeni nadlotniskowej przez załogowe statki powietrzne spowodowało odseparowanie obszarów eksploatacji przez te rodzaje lotnictwa; załogowego i bezzałogowego na tym samym lotnisku. Takim sztandarowym przykładem potencjalnych problemów jest incydent, który w 2018 roku wystąpił na lotnisku Gatwick, na obrzeżach Londynu.

Przez dwa dni lotnisko Gatwick i jego okolice poddane było penetrowaniu przez małe, niezidentyfikowane i niechciane drony. Tego rodzaju potencjalne niebezpieczeństwo wymusiło na kierownictwie lotniska zamknięcie pasa startowego i zawieszenie wszystkich operacji lotniczych. Zamknięcie funkcjonowania lotniska spowodowało straty na około 50 milionów funtów dla linii lotniczych. Pomimo prowadzonego intensywnego śledztwa to jednak nigdy nie znaleziono operatorów dronów-intruzów.

Drony mogą być nie tylko bólem głowy oraz przejawem niezadowolenia w przemyśle lotniczym, w lotnictwie załogowym, a wiele z nich powoduje opóźnione lotów i zagrożenia bezpieczeństwa, ale posiadają one również ogromny potencjał w zakresie udzielania pomocy czy też poprawy bezpieczeństwa, w tym dla operacji lotniczych.

Wraz ze światowym rozwojem technologii dronowej rozwijają się też możliwości wykorzystania tej technologii. Odblokowana przestrzeń powietrzna małych wysokości wykreuje duże możliwości wykorzystania przez lotniska dronów i uzyskania bardzo dużych oszczędności, zmniejszenia kosztów, które poniosłyby lotniska. Coraz więcej dużych firm takich jak FedEx, Google, Amazon, Uber i inne inwestując w technologię dronową, uzyskuje duże możliwości operacji dronów wokół lotnisk. Ten nowy rodzaj lotnictwa może zapewnić portom lotniczym i całej infrastrukturze lotniskowej możliwość rozwoju nowych źródeł przychodów, oferując obszary rozwoju i badań systemów bezzałogowych statków powietrznych; szkolenia, obsługę techniczną, wsparcie dla przemysłu komercyjnego, wojska czy też dla indywidualnych pilotów.

Wprowadzenie do eksploatacji dronów na lotniskach to innowacyjne i efektywne działanie obejmujące obszary od bezpieczeństwa operacji lotniczych po ochronę przed atakami nieautoryzowanej ingerencji w nadlotniskową przestrzeń. Z dzisiejszej perspektywy drony to

bardzo potężne narzędzia i w rzeczywistości są one częścią niektórych z największych rewolucji technologicznej ostatnich czasów.

Nieautoryzowany dron na lotnisku może być przyczyną katastrofalnych konsekwencji, np. spowodować kolizje w powietrzu z załogowymi samolotami lub też może służyć jako narzędzie do aktu bezprawnej ingerencji na terenach lotnisk. W celu zapobiegania takim sytuacjom główni producenci dronów zastosowali technologię geofencingu<sup>21</sup> w celu ochrony przed wlatywaniem w obszary o ograniczonym dostępie - lotniska.

### **Korzyści bezpośrednie i pośrednie**

Zastosowanie technologii dronowej w służbie portów lotniczych i w całej infrastrukturze lotniskowej zmieniło na lepsze rutynowe operacje lotniskowe i lotnicze w ogóle. Dzięki dronom jest możliwy dostęp do miejsc, które do tej pory były niedostępne z powodu, np. roślinności, w skutek zaistniałej powodzi, czy też innych aspektów fizycznych, w sąsiedztwie i ogrodzeniu terenu lotnisk. Eksploatacja dronów pozwoliła na fakt, że wrażliwe obszary lotnisk mogą być teraz identyfikowane i monitorowane, a tym samym wspierają działania mające na celu poprawę stanu ogrodzenia i stosowania procedur przyjętych dla rutynowego monitoringu zespołu bezpieczeństwa i wpływu na całkowity stan bezpieczeństwa prowadzenia operacji lotniczych lotnisk.

Dostarczane przez drony informacje przyczyniają się do stworzenia bazy danych z historią informacji i obrazów na podstawie inspekcji infrastruktury, a w wyniku takiej działalności dedykowane zespoły mogą teraz dokładnie przeprowadzić analizę, porównywać i monitorować inspekcje w celu oceny postępu patologii w infrastrukturze lotniskowej, a w szczególności w odniesieniu do nawierzchni. Drony w służbie lotniskowej stają się bardzo ważnym narzędziem przy podejmowaniu decyzji, przy alokacji inwestycji i zasobów utrzymaniowych.

---

<sup>21</sup> Geofencing – Geofence to granica rzeczywistego obszaru geograficznego. Geofence może być generowane dynamicznie (np. w promieniu wokół lokalizacji punktu) lub pasować do wstępnie zdefiniowanego zestawu granic (takich jak strefy szkolne lub granice sąsiedztwa). Korzystanie z geofence nazywa się geofence, a jednym z przykładów użycia jest urządzenie rozpoznające lokalizację użytkownika usługi opartej na lokalizacji (LBS) wchodzącego lub wychodzącego z geofence. Ta aktywność może wywołać alert dla użytkownika urządzenia, a także wysłanie wiadomości do operatora geofence. Te informacje, które mogą zawierać lokalizację urządzenia, mogą zostać wysłane na telefon komórkowy lub konto e-mail. <https://en.wikipedia.org/wiki/Geo-fence> [dostęp 02.08.2022], również- „geo-fencing” - funkcja używana głównie do zapewnienia zdalnego pilota z informacją o pozycji drona jak również w sprawie związanych z nimi wymagań dotyczących przestrzeni powietrznej oraz ograniczenie; dodatkowo funkcja ta może ograniczać dostęp UA do niektórych obszarów. - Skybrary - Geofencing Basics

Zastosowanie dronów do inspekcji pasa startowego diametralnie skraca czas jego zajęcia, a tym samym czasowego wyłączenia go z użytkowania, zwiększając w ten sposób nominalną przepustowość operacji lotniska. Całkowity czas przeprowadzenia pełnej inspekcji dróg startowych i dróg kołowania przy wykorzystaniu dronów zajmuje tylko 12 minut. Tradycyjny sposób prowadzenia tego rodzaju inspekcji przy wykorzystaniu pojazdów trwało co najmniej dwa razy dłużej. Dodatkowo, skrócił się również czas jaki poświęcali marszałkowie statków powietrznych na przeprowadzenie inspekcji, a tym samym mogą oni więcej czasu poświęcić na wykonywanie innych zadań operacyjnych.

W wyniku zaangażowania dronów do przeprowadzania inspekcji można je przeprowadzać częściej gdyż stały się one bardziej opłacane i dające doskonałe rezultaty, w szczególności na polu bezpieczeństwa operacji lotniczych. Zastosowanie dronów spowodowało zastąpienie wykorzystania pojazdów w wielu zadaniach, a tym samym spowodowało zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o około 5,3 tony rocznie.

### **Wyzwania dla zarządców lotnisk związane z integracją technologii dronowej**

W niedalekiej przyszłości zarządcy lotnisk, portów lotniczych i przewoźnicy lotniczy będą musieli stworzyć silną platformę, która będzie oferować wszechstronne rozwiązania, które będą wykraczać poza ich granice i która będzie ukierunkowana na przyszłość, a mianowicie będzie w stanie zapewnić połączenie zarządzanie ruchem bezzałogowych systemów UTM (Unmanned Traffic Management<sup>22</sup>) i zarządzanie ruchem lotniczym ATM (Air Traffic Management) w celu harmonii współdziałania.

Myśląc o przyszłej pełnej mobilności powietrznej należy mieć na uwadze, że jest to możliwe do osiągnięcia pod warunkiem zintegrowanej zdolności, które współdziałają z konwencjonalnym ruchem lotniczym i wszelkimi operacjami lotniczymi. Proces integracji niesie za sobą też ryzyko dezintegracji. Integracja jest koniecznym warunkiem błyskawicznego wzrostu przemysłu dronów. Wielka Brytania szacuje, że technologia dronowa zwiększy jej PKB

---

<sup>22</sup> UTM – (ang. Unmanned Traffic Management, zarządzanie ruchem bezzałogowych statków powietrznych) – to ekosystem zarządzania ruchem lotniczym opracowywany dla autonomicznie kontrolowanych operacji bezzałogowych systemów powietrznych (UAS) przez FAA, NASA, inne federalne agencje partnerskie i przemysł. Wspólnie badają koncepcje operacji, wymagania dotyczące wymiany danych i ramy pomocnicze, aby umożliwić wiele operacji UAS poza zasięgiem wzroku na wysokościach poniżej 400 stóp nad poziomem gruntu w przestrzeni powietrznej, w której nie są zapewniane służby ruchu lotniczego. [https://en.wikipedia.org › wiki › Un...](https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_Traffic_Management)[dostęp 14.09.2022]

o 42 miliardy funtów, a tym samym do 2030 roku przyniesie oszczędności netto dla gospodarki w wymiarze 16 miliardów funtów.

W celu osiągnięcia w niedalekiej przyszłości pełniej integralności systemu, pojazdy tzw, Advanced Air Mobility (AAM)<sup>23</sup> muszą również spełniać wyznaczone wymagania. Integralność wymaga zastosowania i przestrzegania jasnych zasad uczestnictwa w systemie ruchu lotniczego, aby wszyscy uczestnicy zatłoczonej przestrzeni powietrznej mogli bezpiecznie funkcjonować. Aktualnie funkcjonujący system zarządzania ruchem lotniczym wymusza obecności wysokiego poziomu bezpośredniego zaangażowania i ręcznego poziomu zarządzania nim.

Drony mające zastosowanie na lotniskach i w całej infrastrukturze lotniskowej mogą zmienić reguły dotychczas panujące. Bezzałogowce mogą pokonywać teren infrastruktury lotniskowej i osiągać wysokość szybciej niż naziemne zespoły ludzkie. Każde lotnisko chcące korzystać z usług technologii dronowej musi w sposób bezpieczny i wydajny doprowadzić do integracji tych przydatnych narzędzi w operacjach lotniczych oraz zbudować skuteczne ramy operacyjne na przyszłość.

Nowy system umożliwi integrację załogowego i bezzałogowego lotnictwa, ręcznego i autonomicznego ruchu lotniczego, a tym samym wzrost użytkowania technologii dronowej i przyszłych operatorów mobilności lotniczej. Przyszłe systemy i ramy zarządzania przestrzenią powietrzną będą w stanie dostosować się do zapotrzebowania i bieżącego wykorzystania w dowolnym momencie. Ten przyszły system musi dostosować się do dynamicznego i elastycznego środowiska i być w stanie ułatwić przewidywanie ruchu zapewniając tym samym bezpieczne, uporządkowane i sprawne operacje lotnicze i podróże.

Konkludując, należy stwierdzić, że przeprowadzona przez autora analiza zastosowań bezzałogowych statków powietrznych obecnych oraz perspektywicznych wykazała że:

- technologia dronowa stanowi bardzo użyteczny element zarządzania infrastrukturą lotniskową, infrastrukturą portu lotniczego, zarządzaniem bezpieczeństwem na lotnisku i jest innowacyjnym narzędziem do monitorowania stanu technicznego samolotów, sprzętu,

---

<sup>23</sup> AAM (Advanced Air Mobility) Zaawansowana mobilność powietrzna to koncepcja systemu transportu lotniczego, która integruje nowe, transformacyjne projekty samolotów i technologie lotu z istniejącymi i zmodyfikowanymi operacjami w przestrzeni powietrznej. [https://www.faa.gov › uas › urban\\_...](https://www.faa.gov › uas › urban_...)[dostęp 14.09.2022]

ogrodzenia, wykrywania nieautoryzowanego wtargnięcia innych bezzałogowych statków powietrznych oraz zapobiegania kolizjom z ptakami,

- bezzałogowy statek powietrzny jest w stanie poprawić bezpieczeństwo startów i lądowań statków powietrznych poprzez wykrywanie aktów potencjalnych zagrożeń,
- stosowane systemy do detekcji dronów bazują na pracy radarów aktywnej i pasywnej do wykrywania sygnałów radiowych emitowanych przez aparaturę, kontrolery,
- w celu efektywnej pracy dronów w ochronie lotniska należy wyznaczyć co najmniej trzy lądowiska (ilość zależna od wielkości lotniska i dedykowanej strefy monitorowania) dla służb lotniskowych,
- ważnymi parametrami dla dronów w służbie lotniskowej są; prędkość lotu, rozdzielczość kamer, krótki czas startu i gotowości do prowadzenia operacji, odporność na warunki atmosferyczne,
- istnieje potrzeba opracowania specjalistycznych programów szkoleniowych dla operatorów służb lotniskowych,
- istnieje potrzeba posiadania możliwości rzeczywistego przesyłu obrazu z lotniskowego drona do jednostek, komórek zarządzania bezpieczeństwem i reagowaniem kryzysowym w porcie lotniczym, np. Straż Ochrony Lotniska, Lotniskowa Służba Ratowniczo-Gaśnicza, służby dyżurne i operacyjne, Służba Celna, policja,
- należy w pełni zintegrować działania operacyjne lotniskowych dronów z pracą sztabu kryzysowego,
- drony mające zastosowanie na lotniskach i w całej infrastrukturze lotniskowej muszą być zintegrowane wraz z lotnictwem załogowym w jeden system oraz posiadać ramy operacyjne.

Autor prezentuje nowe spojrzenie na to jak technologia dronowa, czyli bezzałogowe statki powietrzne mogą nieść pomoc, a nie przeszkadzać czy stwarzać niebezpieczeństwo w portach lotniczych czy w całej infrastrukturze lotniskowej. Ta nowa narracja zmienia narrację strachu ponieważ obniża ona koszty i poprawia wydajność wszędzie tam, gdzie jest stosowana, a tym samym trudno jest lekceważyć zalety dronów. Jednymi z wielu zalet dronów jest wzrost presji na oszczędność czasu, pieniędzy i zwiększanie bezpieczeństwa operacji lotniczych i dlatego lotniska szybko wprowadzają do swojej działalności drony.

## BIBLIOGRAFIA

## REFERENCES LIST

### PIŚMIENICTWO

### LITERATURE

- Bugaj, M., Novak, A., Stelmach, A., Lusiak, T., *Bezzałogowe statki powietrzne i ich wykorzystanie do kontroli statków powietrznych*. In Proceedings of the 2020 New Trends in Civil Aviation (NTCA), Praga, Czechy, 23-24 listopada 2020, s. 45-50.
- Fellner A., B. Mańka, A. Mańka, *Analiza aktualnych metod detekcji bezzałogowych statków powietrznych (dronów)*, "TTS Technika Transportu Szynowego", 2015 R. 22 nr 12, s. 484-489.
- Leśnikowski W. *Bezzałogowe platformy w cyberprzestrzeni* / Toruń, Polska : Wydawnictwo Adam Marszałek, 2017 - 313 s.
- Leśnikowski W., Kupaj S., *Bezzałogowe platformy powietrzne wobec nowych wyzwań sytuacyjno-socjalnych / Wybrane obszary bezpieczeństwa* / red. Radomyski Adam, Dariusz Górczewski, Dariusz Bogusz - Dęblin, Polska : Lotnicza Akademia Wojskowa, 2021 - s. 140-160
- Leśnikowski W. *Drony : bezzałogowe aparaty latające od starożytności do współczesności* / Toruń, Polska : Wydawnictwo Adam Marszałek, 2016 - 175 s.
- Leśnikowski W., *Drony w służbie ochrony infrastruktury krytycznej : drony na wojnie z COVID-19* / Toruń, Polska : Wydawnictwo Adam Marszałek, 2021 - 281s.
- Lykou G., Moustakas D., Gritzalis D., „*Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies*”, *Sensors* - Athens University of Economics. & Business
- Mańka A., Łach A., Fellner R., *UAV elementem zarządzania bezpieczeństwem portu lotniczego*, „Wyzwania inżynierii ruchu lotniczego”, Warszawa 2016, s. 85-96.
- Merkisz, J. Nykaza, A., *Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w kryminalistyce rozpoznawczej i wykrywczej*, "Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe", r. 17, nr 6, s. 297-301.
- Patterson, T., McClean, S., Morrow, P., Parr, G., Luo, C. (2014). *Timely autonomous identification of UAV safe landing zones*, *Image and Vision Computing*, 32 (9), 568-578.
- Savvaris, A., Melega, M., Tsourdos, A. (2015). *Advanced Surface Movement and Obstacle Detection Using Thermal Camera for UAVs*, *IFAC-PapersOnLine*, 48 (issue 9), 43-48.
- Terwilliger, B., Vincenzi, D., Ison, D., Witcher, K., Thirtyacre, D., Khalid, A. (2015). *In-fluencing factors for use of unmanned aerial systems in support of aviation accident and emergency response*, *Journal of Automation and Control Engineering*, 3 (3), 246.
- Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze, Dz.U. 2002 nr 130 poz. 1112 z późn. zm., art. 68.
- Zhu, L., Cheng, X., Yuan, F. G. (2016). *A 3D collision avoidance strategy for UAV with physical constraints*, *Measurement*, 77, 40-49
- „*Mystery of the Gatwick drone*”, *The Guardian*, 1.12.2020.

## ŹRÓDŁA

## SOURCES

Airport Security, IFSEC Global., <https://www.ifsecglobal.com/airport-security/M>

Urban Air Mobility and Advanced Air Mobility – FAA, [https://www.faa.gov › uas › urban\\_](https://www.faa.gov › uas › urban_)

Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) – FAA, [https://www.faa.gov › uas › traffic\\_...](https://www.faa.gov › uas › traffic_...)

Automated aircraft drone inspections, <https://mainblades.com/>

Are drones the future of MRO?, [https://www.aerotime.aero/upload/files/airbus\\_advanced\\_inspection\\_drone.jpg](https://www.aerotime.aero/upload/files/airbus_advanced_inspection_drone.jpg)

Why drones provide reliable, more accurate aircraft inspections?, <https://consortiq.com › uas-resources › why-drones-provi...>

The Drone Bird Company | Unmanned aircraft systems and ..., <https://www.thedronebird.com>

Automated Wildlife Detection Network and RoBird®(Drone, <https://acceleratingcleanenergy.com › ...>

Dallas - Fort Worth, TX (DFW) - American Airlines, <https://www.aa.com › dfw-airport>

Drones: Allies in airport operations - International Airport Review, <https://www.internationalairportreview.com ›>

Integrating drone operations at airports, <https://www.internationalairportreview.com › ...>

The Future of Advanced Air Mobility and Counter Drones in .<https://blog.aci.aero › the-future-of-...>

Navy invention uses UAVs to ensure safe, FOD-free runways, <https://techlinkcenter.org › news › n...>

Runway pavement inspections using airsight drone, <https://www.airsight.de › item › run...>

Drones for flight inspections of navigation aids, <https://cursir.com>

CANARD DRONES - Airport Technology, <https://www.airport-technology.com › ...>

Outdoor Aircraft Drone Inspections – Mainblades, <https://mainblades.com › News>

[www.fly4free.pl/na-lotniskach-system-do-niszczenia-dronow](http://www.fly4free.pl/na-lotniskach-system-do-niszczenia-dronow)

Light Detection and Ranging LIDAR <https://oceanservice.noaa.gov › facts>

Zdalna wieża ATTM - <https://www.remote-tower.eu › ..>

Transportation Security Administration - <https://www.dictionary.com › tsa>

Fixed Base Operator - <https://skybrary.aero › articles › fixed-base-operator-fbo>

Flappy drone, <https://www.newscientist.com › article>.

Maintenance Repair and Operations, MRO, <https://limblecmms.com › blog › mr>.

Geofencing, <https://en.wikipedia.org/wiki/Geo-fence>

Unmanned Traffic Management, UTM, <https://en.wikipedia.org › wiki › Un>

Advanced Air Mobility (AAM), [https://www.faa.gov › uas › urban\\_](https://www.faa.gov › uas › urban_)

Airport Benefits of Drone Technology | Aviation Pros, <https://www.aviationpros.com › article>



Copyright (c) 2023 Władysław LEŚNIKOWSKI



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.  
4.0 International License.