

Mjr dr inż. Małgorzata Orłowska

Akademia Sztuki Wojennej

ORCID: 0000-0002-8446-8764

e-mail: m.orłowska@akademia.mil.pl

Mjr dr inż. Dawid Orłowski

Akademia Sztuki Wojennej

ORCID: 0000-0002-1221-1492

e-mail: d.orłowski@akademia.mil.pl

Wyzwania i możliwości zastosowania dronów w logistyce miejskiej

Challenges and opportunities for using drones in urban logistics

Streszczenie

Zastosowanie dronów w logistyce miejskiej stanowi obecnie obszar intensywnych badań naukowych i rozwoju technologicznego. W artykule skupiono się na analizie możliwości wykorzystania bezzałogowych statków latających w logistyce miejskiej. Artykuł składa się z trzech części. W pierwszej autorzy przedstawili wyniki kwerendy publikacji, raportów oraz danych statystycznych obrazujących stan wiedzy na temat rozwoju i wykorzystania bezzałogowych statków latających w Polsce i na świecie. Prezentowane są przy tym realne przykłady ich wykorzystania. W drugiej części z pomocą analizy i syntezy skupili się na wyzwaniach i możliwościach wynikających z implementacji dronów w aglomeracjach miejskich ze szczególnym uwzględnieniem logistyki, a w tym logistyki ostatniej mili. Jako korzyści autorzy zakwalifikowali skrócenie czasu dostawy, zmniejszenie jej kosztów oraz zminimalizowanie zanieczyszczeń środowiska w zatłoczonych miastach. Do wyzwań zaliczyli kwestie związane z szeroko pojętym bezpieczeństwem miast i ich mieszkańców. W trzeciej części artykułu, wykorzystując takie metody jak abstrahowanie i wnioskowanie, omówiono perspektywę rozwoju miast z wykorzystaniem dronów. Zdaniem autorów miasta przyszłości będą wypełnione bezzałogowymi statkami latającymi, zsynchronizowanymi z technologią 5G, sztuczną inteligencją, Internetem Rzeczy i uczeniem maszynowym. Celem artykułu było zaprezentowanie holistycznej perspektywy wykorzystania dronów w logistyce miejskiej oraz wskazanie kierunków dalszych badań mających na celu optymalne wykorzystanie tej technologii w logistyce miejskiej.

Słowa kluczowe:

drony, bezzałogowe statki latające, logistyka miejska, nowe technologie, rozwój

Abstract

The use of drones in urban logistics is currently an area of intensive scientific research and technological development. The article focuses on the analysis of the possibility of using unmanned aerial vehicles in urban logistics. The article consists of three parts. In the first one, the authors presented the results of a query of publications, reports and statistical data illustrating the state of knowledge on the development and use of unmanned aerial vehicles in Poland and in the world. Real examples of their use are presented. In the second part, with the help of analysis and synthesis, they focused on the challenges and opportunities resulting from the implementation of drones in urban agglomerations, with particular emphasis on logistics, including last mile logistics. The authors identified the benefits of shortening delivery times, reducing delivery costs, and minimizing environmental pollution in congested cities. They included issues related to the broadly understood security of cities and their inhabitants among the challenges. In the third part of the article, using methods such as abstraction and inference, the perspective of urban development using drones is discussed. According to the authors, the cities of the future will be filled with unmanned aerial vehicles, synchronized with 5G technology, artificial intelligence, the Internet of Things and machine learning. The aim of the article was to present a holistic perspective on the use of drones in urban logistics and to indicate the directions of further research aimed at the optimal use of this technology in urban logistics.

Keywords:

drones, unmanned aerial vehicles, urban logistics, new technologies, development

JEL: L10, L19, M10, M19

Wprowadzenie

W krajach Unii Europejskiej w latach 2015–2021 liczba ludności na obszarach wiejskich spadła o 0,4%, podczas gdy liczba ludności w miastach wzrosła o 2% (Maciejewski, 2023). W Polsce według Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) w latach 2011–2021 liczba ta spadła o 3% na obszarach miejskich i wzrosła o 1% na obszarach wiejskich. Analizując dane GUS stwierdzono, że 8-procentowy wzrost ludności w aglomeracjach miejskich odnotowano jedynie w województwie mazowieckim. Zmian nie zauważono w województwie małopolskim, a około 7-procentowy spadek zaobserwowano w województwach: łódzkim, śląskim, świętokrzyskim i kujawsko-pomorskim. W 2021 r. ludność miejska w Polsce stanowiła 59,8%, a wiejska 40,2% (GUS, 2023). Migracja ludności ze wsi do miast spowodowana była głównie czynnikami ekonomicznymi. Przemieszczanie się ludności z obszarów wiejskich do miejskich uważane jest za jeden z warunków rozwoju aglomeracji miejskich, które ściśle wiążą się z logistyką miejską. Jak zauważyła Rześny-Cieplińska (2020), logistykę miejską początkowo utożsamiano wyłącznie z procesami optymalizacji działań transportowych i logistycznych. Miały one na celu wspieranie przedsiębiorców poprzez wdrażanie i wykorzystanie systemów informacyjnych w zakresie: ruchu ulicznego, kongestii drogowej, bezpieczeństwa na drodze oraz oszczędność energii. Nowakowska-Grunt, Chład i Sośniak (2017) logistykę miejską określili już jako proces zarządzania przepływem materiałów, pieniędzy i informacji zgodnie z potrzebami, w celu rozwoju miast z jednoczesnym uwzględnieniem ochrony środowiska. Ponadto podkreślali, że miasto jest organizacją społeczną nastawioną na zaspokajanie potrzeb swoich klientów, czyli poszczególnych mieszkańców miasta. Matusiewicz (2022) logistykę miejską rozpatrywał w obszarze zrównoważonego rozwoju, odwołując się przy tym do przepływu zasobów w obrębie miast, jak również ich poszczególnych podsystemów. Z kolei Taniguchi (2014) zinterpretował ją przy użyciu celów, które powinna realizować, takich jak: polepszenie poziomu życia mieszkańców, usprawnienie przepływu osób i rzeczy na obszarach miast oraz ochrona środowiska naturalnego. Rześny-Cieplińska (2020) logistykę miejską utożsamiła z organizacją transportu pasażerskiego i transportu zaopatrzeniowego z uwzględnieniem procesów magazynowania, zaopatrzenia miast w potrzebne media, problematyką wywozu i utylizacji odpadów komunalnych, oczyszczania ścieków, organizacją sieci telekomunikacyjnej na terenie miasta, kształtowaniem transportowych powiązań aglomeracji z systemem logistycznym makroregionu.

Można zatem stwierdzić, że transport stanowi strategiczny element projektowania mobilności

miejskiej, jak również zagospodarowania przestrzennego. Międzynarodowa Agencja Energii IEA¹ opublikowała dane o stanie zanieczyszczeń w Europie w 2021 r. Wynika z nich, że prawie 70% CO₂ emitują miasta, a ruch miejski odpowiada za ponad 70% wszystkich zanieczyszczeń i 40% gazów cieplarnianych. Miasta oprócz wygód publicznych (usług) powinny swoim mieszkańcom zapewniać wydajną logistykę wewnątrzmijską, przyczyniającą się tym samym do zmniejszania problemów komunikacyjnych, zanieczyszczeń i hałasu. Powinnością miast jest również dbanie o rozwój mobilności mieszkańców i dystrybucji poszczególnych towarów. Otoczenie bliższe i dalsze miast ulegają ciągłym przeobrażeniom społecznym, gospodarczym i technicznym. Wdrażane są nowe modele biznesowe, technologie i rozwiązania innowacyjne przyczyniające się do zmiany dotychczasowego podejścia do mobilności miejskiej. Miasta stają przed wyzwaniem zrównoważenia rosnących potrzeb mieszkańców i organizacji ze swoimi możliwościami. Stąd też opracowywane są m.in. plany logistyki miejskiej. Jednym ze stosunkowo młodych rozwiązań technologicznych jest wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w logistyce miejskiej.

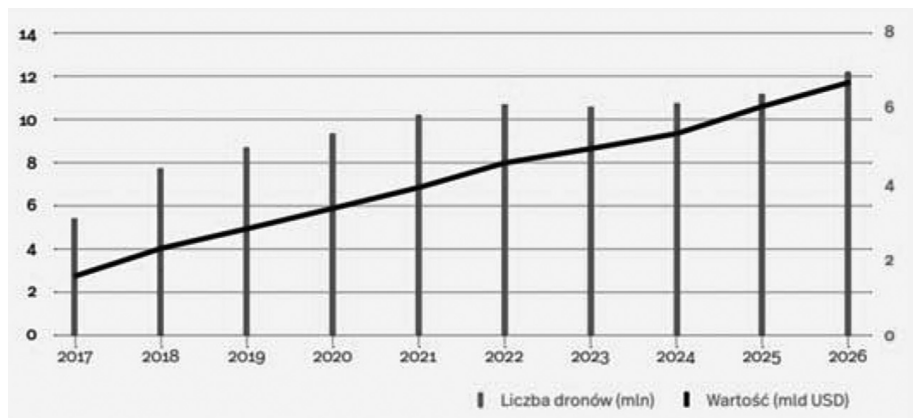
Drony w logistyce miejskiej – stan wiedzy

Bezzałogowe statki powietrzne (*Unmanned Aerial Vehicle* – UAV), nazywane również bezzałogowymi systemami powietrznymi (*Unmanned Aerial Systems* – UAS) (rozporządzenie wykonawcze Komisji UE 2019/947), bezzałogowcami, dronami lub robotami latającymi, przeznaczone są do eksploatacji bez obecności pilota na pokładzie. Działają samodzielnie lub są pilotowane zdalnie (Giones & Brem, 2017). Ich konstrukcja pozwala na transport lotniczych środków bojowych oraz ładunków użytecznych. Do lotu wykorzystują siły aerodynamiczne oraz moment reakcyjny, zapewniające im nośność (Remiszewska & Czubaszek, 2021). Armia amerykańska już w 1922 r. opracowała pierwszy prototyp bezzałogowca z zamiarem użycia go do celów zwiadowczych. Współcześnie siły zbrojne większości państw na świecie używają dronów do misji militarnych i ratunkowych (Rybczyński, 2020).

Drony znalazły również szeroki wachlarz zastosowań w środowisku cywilnym. W Polsce pojawiły się pod koniec lat 80. XX w. Początkowo były wykorzystywane do działań militarnych: rozpoznania i obserwacji. Pierwszy bezzałogowy system latający użyty do transportu lotniczego pojawił się w 2000 r. i zapoczątkował wykorzystanie dronów w środowisku cywilnym. Od roku 2002 Siły Powietrzne RP wykorzystywały drony do obserwacji z powietrza (np.

Rysunek 1

Prognoza rozwoju globalnego rynku dronów cywilnych w latach 2017–2026 na świecie



Źródło: Polski Instytut Ekonomiczny & Ministerstwo Infrastruktury, 2019, s. 38.

podczas szczytu NATO w 2006 r.). W 2022 r. w Polsce zarejestrowano 150 tys. operatorów dronów. W roku 2021 odnotowano zwiększoną aktywność lotów z wykorzystaniem bezzałogowców o prawie 70% w porównaniu z rokiem 2020. W roku 2022 liczba tych lotów zwiększyła się o kolejne 20–30% w stosunku do roku 2021 (Dziarmaga, 2022).

Współcześnie drony wykorzystywane są w różnych gałęziach przemysłu zarówno w Polsce, jak również na świecie. Obszarem szczególnego zainteresowania i rozwoju jest implementacja sztucznej inteligencji w wykorzystaniu dronów. Takie podejście stwarza szersze spektrum możliwości i ukierunkowuje badania na zwiększenie autonomiczności dronów. Na szeroką skalę stosowane są one w rolnictwie, energetyce i budownictwie. Prognozę rozwoju rynku dronów cywilnych w latach 2017–2026 w liczbach wraz z uwzględnieniem ich wartości pieniężnej na świecie przedstawiono na rysunku 1.

Z informacji podanych przez Polski Instytut Ekonomiczny (PIE) wynika, że szacunkowa wartość rynku dronów w Polsce w 2026 r. może osiągnąć 3,26 mld zł. Oznacza to, że dla krajowej gospodarki może być to kwota oscylująca wokół 576 mld zł (Ministerstwo Infrastruktury, 2021). Warto podkreślić, że Polska jest obecnie jednym z krajów stanowiących światową czołówkę państw wspierających rozwój branży usług realizowanych z wykorzystaniem dronów. Portal Europejska Firma podał, że Polska jest oceniana jako najbardziej przyjazny kraj w Europie do prowadzenia tej formy działalności. Polski rząd uruchomił kilka inicjatyw promujących rozwój technologii dronów, np. Drone Challenge, który jest konkursem zachęcającym młodych inżynierów do opracowywania nowej technologii bezzałogowych statków latających. W skali światowej wśród 35 gospodarek Polska zajęła drugie miejsce tuż za Singapurem. Mocną stroną Polski jest duża liczba opera-

torów bezzałogowców oraz uproszczone procedury nabywania uprawnień do kierowania nimi (EuropejskaFirma.pl, 2021).

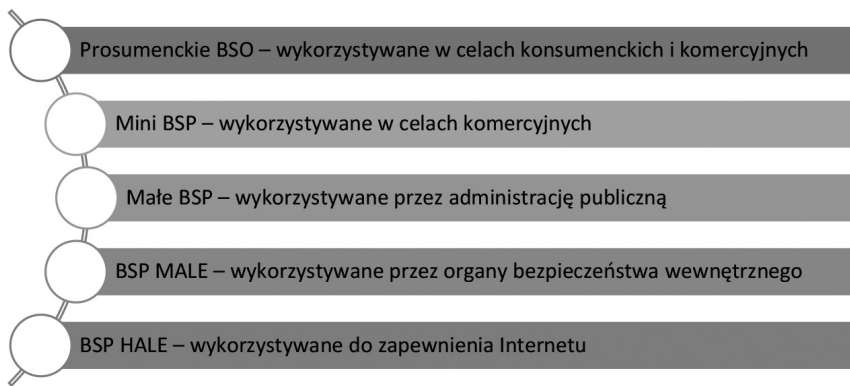
Najprostszym podziałem dronów jest rozbieżność ich na kategorie według kryterium wykonywanych operacji – wyróżnia się kategorię otwartą, szczególną i certyfikowaną (rozporządzenie wykonawcze Komisji UE 2019/947). Pierwsza obejmuje drony lekkie (tzw. otwarte) o wadze nie większej niż 25 kg i o zasięgu do 120 m w linii prostej. Uprawnienia do pilotowania tego rodzaju statków bezzałogowych zdobywa się poprzez uczestnictwo w kursie online na stronie Urzędu Lotnictwa Cywilnego (ULC), kończącego się egzaminem. Tego rodzaju drony nie wymagają zgody na start i rejestracji w bazie ULC. Pilot tego rodzaju bezzałogowego statku powietrznego powinien dbać o utrzymanie bezpiecznej odległości od ludzi oraz zaplanowanie trasy lotu tak, aby nie przebiegała ona nad zgromadzeniami osób. Bezzałogowiec przez cały czas lotu powinien znajdować się w zasięgu widoczności wzrokowej pilota. Wyjątek mogą stanowić loty wykonywane w trybie podążania za stacją bazową lub gdy zapewniony jest obserwator bezzałogowego statku powietrznego oraz gdy bezzałogowy statek powietrzny nie przewozi materiałów niebezpiecznych ani nie zrzuca żadnych materiałów.

Drugą grupę stanowią drony szczególne, którymi można latać po wcześniejszym poinformowaniu ULC lub uzyskaniu zgody na lot (np. w trakcie trudnych warunków pogodowych). Do pilotowania tych dronów wymagane są uprawnienia wydawane przez Urząd Lotnictwa Cywilnego po odbyciu szkolenia podstawowego i zdaniu egzaminu państwowego.

Ostatnią grupę stanowią drony certyfikowane, czyli wysokiego ryzyka. Są one bardzo zaawansowane technologicznie, ich zasięg przekracza nawet kilka kilometrów. Do pilotowania tego rodzaju bezza-

Rysunek 2

Klasyfikacja dronów według możliwości ich wykorzystania



Źródło: opracowano na podstawie: Remiszewska & Czubaszek, 2021, s. 142.

logowych statków powietrznych konieczne jest odbycie specjalistycznego kursu, otrzymanie zgody na start i określenie zarówno charakterystyki lotu, jak również lądowania (E100, 2023). Operacje wykonywane za pomocą tego rodzaju dronów dotyczą lotów nad zgromadzeniami osób lub są związane z przewozem np. materiałów niebezpiecznych. W razie wypadku konsekwencje tego lotu mogą stanowić wysokie ryzyko wystąpienia niebezpieczeństwa dla osób trzecich niezwiązanych z lotem bezzałogowca. Inną klasyfikację z uwzględnieniem celów wykorzystania robotów latających przedstawiono na rysunku 2.

Współcześnie obserwuje się intensywny wzrost wykorzystania dronów w środowisku cywilnym. Izdebska (2022) wyróżniła osiem obszarów możliwości ich wykorzystania. Zaliczyła do nich infrastrukturę techniczną, w obszarze której drony mogą pełnić funkcję kontrolerów mostów, wiaduktów, infrastruktury energetycznej, dróg i tuneli. Mogą również ewidencjonować dachy i obiekty trudno dostępne, monitorować prace budowlane oraz sprawdzać dokładność i poprawność ich wykonywania. W obszarze ładu przestrzennego bezzałogowce umożliwiają prowadzenie analiz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, aktualizacji, tworzenie map i modeli 3D terenu. Służby ochrony środowiska i zdrowia publicznego przy użyciu bezzałogowych systemów powietrznych mają możliwość monitorowania obszarów zagrożonych, np. lawiną lub osuwiskiem, analizowania ryzyka powodziowego, kontrolowania jakości powietrza, obserwacji przyrody (np. zachowań zwierząt), monitoringu upraw, pomiaru stopnia oddziaływania na środowisko poprzez działalność antropogeniczną, transportu środków medycznych (krwi, leków, narządów do przeszczepu itp.). W marketingu i promocji drony pozwalają prowadzić kampanie marketingowe „z lotu ptaka”. W obszarze zarządzania kryzysowego

z ich wykorzystaniem istnieje możliwość poszukiwania zaginionych i rannych osób, wykrywania zagrożeń o charakterze fizycznym i chemicznym (katastrofy przemysłowe, skażenie powietrza), wykrywania zagrożenia pożarowego oraz służenia pomocą w akcjach ratowniczych. W bezpieczeństwie publicznym bezzałogowe statki latające mogą być wykorzystywane m.in. do monitoringu granic państwowych, śledzenia osób i pojazdów, wykrywania miejsc sprzyjających popełnianiu przestępstw, monitoringu ruchu drogowego, ochrony miejsc publicznych. W obszarze sportu i rekreacji ich wykorzystanie może polegać na obsłudze poszczególnych wydarzeń sportowych i kulturalnych. Ostatnim wymienionym przez autorkę obszarem, w którym mogą być i są wykorzystywane drony, jest logistyka, stanowiąca przedmiot zainteresowania autorów artykułu. Polski Instytut Ekonomiczny przedstawił wykorzystanie dronów w Polsce przez administrację publiczną za pomocą ilustracji (rysunek 3). Dokonał podziału zadań wykonywanych przez bezzałogowe statki powietrzne oraz wskazał rejon ich działalności. Głównie są to zadania z obejmujące: monitoring, transport, ratownictwo, rolnictwo, energetykę, geodezję oraz zarządzanie kryzysowe.

Przykłady zastosowań w logistyce

W dalszej części artykułu skoncentrowano się na podaniu realnych przykładów wykorzystania bezzałogowych systemów powietrznych w logistyce, ze szczególnym uwzględnieniem logistyki miejskiej.

Firma Seat we współpracy z katońskim ośrodkiem R&D Eurecat w 2021 r. poinformowała o praktycznym wykorzystaniu dronów do autonomicznego transportu części elektronicznych na liniach produkcyjnych w halach w Martorell. Bezza-

Rysunek 3

Zastosowania bezzałogowców w administracji publicznej w Polsce



Źródło: Polski Instytut Ekonomiczny & Ministerstwo Infrastruktury, 2019, s. 62.

logowce poruszały się bezkolizyjnie dzięki zainstalowanym czujnikom, wyznaczającym trasy ich przelotów i wskazującym drogi do miejsc lądowania i postoju (AutomatykaPrzemyslowa.pl, 2021). W 2022 r. firma Maersk North America w celu usprawnienia zarządzania zapasami w magazynach wykorzystwała drony do przeprowadzenia inwentaryzacji w przedsiębiorstwie Verity. Bezzałogowce przemieszczały się od palety do palety w celu zebrania danych o stanie zapasów, skanując kody kreskowe przy użyciu wbudowanych kamer. Maszyny, robiąc zdjęcia jednostkom magazynowym na paletach, jednocześnie prowadziły ich analizę w celu identyfikacji możliwości wystąpienia błędów w inwentaryzacji (Kaźmierczak, 2023). W Niemczech w fabryce Audi bezzałogowe statki powietrzne wykorzystano do określania pozycji samochodów oczekujących na dostarczenie do klientów.

W 2023 r. przedsiębiorstwo Tauron użyło dronów do modernizacji sieci energetycznej. Sześcioramienny bezzałogowy statek latający przewoził przewody pomiędzy zastępczymi słupami wysokiego napięcia oraz wykonywał loty nad siecią ciepłowniczą, aby sprawdzić i zidentyfikować ortofotomapy odzwierciedlające położenie sieci ciepłowniczej (Zimnoch, 2023). Polska Grupa Energetyczna wykorzystwała bezzałogowce do inspekcji turbin wiatrowych, polegającej na weryfikacji rys na łopatach siłowni, braków w laminacie i szkód spowodowanych np. piorunami. Przytoczone przykłady wskazują na liczne możliwości wykorzystania bezzałogowców

podczas realizacji specjalistycznych prac w miejscach trudno dostępnych, w warunkach zagrożających bezpieczeństwu człowieka lub też w pracach wymagających dużej mobilności. Właśnie to specjalistyczne wykorzystanie w danym sektorze działalności generuje potrzebę opracowywania nowych dronów, przystosowanych do wykonywania sprecyzowanych zadań.

Szymczak (2017) słusznie zauważył, że drony uznawane są za środek transportu wpisujący się we współczesne trendy: transport przyjazny środowisku, transport niezależny od podaży ropy naftowej (*oil free transportation*) oraz transport e-mobilny. Szczególnie widoczne jest to w podsystemie dystrybucji, w transporcie dostawczym w ramach tzw. ostatniej mili (*last mile*), który w dużym stopniu realizowany jest w logistyce miejskiej. Przedsiębiorstwo DHL od 2013 r. próbuje swoich sił w wykorzystaniu bezzałogowych statków powietrznych do transportu niewielkich paczek. W roku 2019 w Chinach odbył się premierowy lot otwierający stałą już trasę dostaw dronami (trasa o długości ok. 8 km, obejmująca w całości obszar zurbanizowany). Czas dostarczenia paczek na tym odcinku skrócił się o 32 min w porównaniu z tradycyjnym transportem drogowym, a koszt dostawy zredukowano o prawie 80%. Po wielu testach w 2019 r. również firma Amazon otrzymała zgodę amerykańskiej Federalnej Administracji Lotnictwa na komercyjne dostawy przesyłek autonomicznymi bezzałogowcami na terenie Stanów Zjednoczonych (EuropejskaFirma.pl, 2021).

Jedną z pierwszych firm, która zaczęła dostarczać jedzenie z restauracji przy wykorzystaniu bezzałogowych statków latających, była pizzeria Domino's w Guildford pod Londynem. Miało to miejsce w 2013 r. i dotyczyło klientów mieszkających w pobliżu lokalu. Rok później tę samą usługę zaoferowała Pizzeria DoDo w mieście Syktywkar w północno-wschodniej części Rosji (Szymczak, 2017). Z kolei mieszkańcom San Diego w Stanach Zjednoczonych drony dostarczały jedzenie zamówione z sieci restauracji McDonald's (Uber, 2019). W Szanghaju rozwiązania z użyciem dronów dostarczających jedzenie stosowane są już powszechnie. Zatwierdzone trasy, na których bezzałogowce dostarczają jedzenie z restauracji do klienta w mieście Jinshan, mają łącznie długość ok. 58 km. Udźwig dronów, które są do tego wykorzystywane, nie przekracza 5 kg, a maksymalna wysokość ich lotu plasuje się na 70 m (Fly&Watch, 2018).

Drony cieszą się dużym powodzeniem wśród start-upów, których głównym celem jest odkrywanie nowych rynków i rozwój produktu przy jednoczesnym osiągnięciu szybkiego sukcesu finansowego. Dwa australijskie start-upy, Zookal i Flirtey, aktualnie prowadzą testy wdrożeniowe dronów, mające dostarczać klientom końcowym wypożyczone lub sprzedane podręczniki. Książki są opuszczane za pomocą liny, a proces ten może być uruchomiony wyłącznie przez adresata (po wcześniejszej autoryzacji). Testy zakładają, że czas realizacji dostawy tych książek nie będzie dłuższy niż 2–3 minuty, a koszt dostawy powinien zmniejszyć się 10-krotnie w stosunku do tradycyjnych metod (Operon, 2018). W 2021 r. również w Lublinie wylądował pierwszy dron sieci sklepów Decathlon, który chwilę wcześniej dostarczył zamówienie klientowi indywidualnemu do jego domu. Maszyna Hermes V8M na pokładzie miała kilka paczek, jedną dostarczyła klientowi, a inne trafiły do sklepu, gdzie zostały odebrane przez pracowników. Była to premiera realizacji złożonego wcześniej zamówienia internetowego w ten sposób (Portal Spożywczy, 2023).

W Polsce w 2011 r. firma Spartaqs podjęła próbę transportu krwi dronem „Hermes” nad Warszawą na dystansie ok. 8 km, próba ta jednak zakończyła się niepowodzeniem (Piątek & Zarzycki, 2012). Firmie DHL w Bonn za pomocą bezzałogowych statków latających udało się dostarczyć leki do siedziby firmy po drugiej stronie rzeki Ren. Pokonanie tej trasy (około 1 km) zajęło im dwie minuty (Sowiński, 2019). Zrealizowali oni również dostawę leków na wyspę Juist na Morzu Północnym. Z kolei firma UPS w 2019 r. wprowadziła drony do transportu próbek medycznych na terenie szpitala Wake-Med w Karolinie Północnej w Stanach Zjednoczonych. W Polsce testowe loty transportowe środków medycznych poza zasięgiem wzroku pilota odbyły się ponownie w 2020 r. na trasie między Państwowym

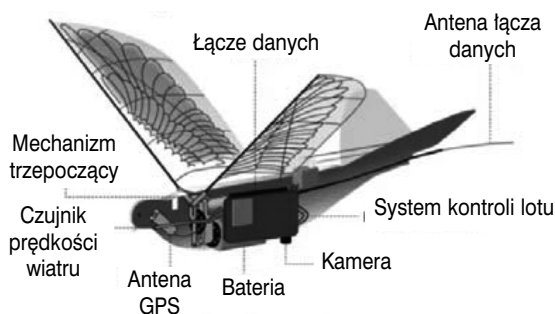
Instytutem Medycznym Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji (MSWiA) w Warszawie a szpitalem przy ul. Banacha w Warszawie. Transportowanym towarem były próbki z materiałem do badań na obecność wirusa SARS-CoV-2. Lot zakończył się powodzeniem, w związku z tym kolejne loty odbywały się pomiędzy Szpitalem Narodowym i szpitalem MSWiA. W roku 2022 spółka LabAir jako pierwsza w Polsce uzyskała zgodę Urzędu Lotnictwa Cywilnego na regularne komercyjne transporty próbek medycznych przy użyciu bezzałogowych systemów latających. Pierwszą ustanowioną trasą była trasa łącząca laboratorium firmy ALAB przy ul. Stępińskiej w Warszawie ze szpitalem w Sochaczewie (Dominiak, 2022).

Bezzałogowe statki powietrzne biorą udział w różnego rodzaju akcjach kryzysowych na terenach miast i w ich otoczeniu. W 2010 r. w Polsce po raz pierwszy użyto drona do działań poszukiwawczych zaginionej 10-letniej dziewczynki z Rzepisk. Był to bezzałogowiec polskiej produkcji, wyprodukowany przez firmę WB Electronics FlyEye (Borucka & Jednas, 2016). W roku 2019 Straż Miejska w Warszawie zakupiła drony, które wykorzystuje m.in. do patrolowania ulic (Straż Miejska Warszawa, 2023). W Gdańsku Straż Miejska używa ich np. do walki z nielegalnym handlem (Kurski, 2023). W Dubaju drony zintegrowano z działalnością policyjną i wykorzystuje się je do monitoringu w celu zapewnienia bezpieczeństwa mieszkańcom miast. Bezzałogowce wyposażono w technologię rozpoznawania twarzy, co umożliwia identyfikację osób i ich śledzenie. W Xinjiangu wdrożono program szpiegowski z wykorzystaniem dronów. Zakłada on stworzenie dronów w niedalekiej przyszłości, które wyglądem mają przypominać pospolite gołębie (rysunek 4) (Fly&Watch, 2018).

W 2014 r. w New Delhi zaprezentowano koncepcyjny model samochodu SUV o nazwie Kwid, wyposażonego w drona – kwadrokoptera, chowanego w tylnej części dachu pojazdu. Dron na życzenie kierowcy startował w kierunku jazdy. Jego zadaniem było rozpoznanie aktualnej sytuacji na drodze, zebranie informacji o możliwych zagrożeniach bądź też ich braku i przesłanie tych danych do nawigacji samochodowej. Dzięki temu nawigacja samochodowa, zsynchronizowana z bezzałogowcem, miała możliwość natychmiastowej zmiany trasy na najszystsza i najmniej zatłoczoną (Szymczak, 2017).

W Polsce od 2022 r. konsorcjum złożone z Zespołu Doradców Gospodarczych TOR, firmy Sky-Snap oraz Politechniki Krakowskiej realizuje projekt wdrożeniowy, którego celem jest stworzenie systemu wsparcia zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego w mieście PROBRD-PRO. System ten ma za zadanie wspierać zarządzanie Bezpieczeństwem Ruchu Drogowego dzięki danym pozyskiwanym przez bezzałogowe statki latające. System

Rysunek 4
Koncept drona wyglądem przypominającego
gołębia opracowany w Xinjiangu (eye in the sky)



Źródło: Fly&Watch, 2018.

ma wychwytywać niebezpieczne zdarzenia na drogach i na podstawie tych danych przewidywać miejsca, w których najczęściej dochodzi do niebezpiecznych zdarzeń drogowych, wypadków lub stłuczek. Zbierane dane i opracowywane na ich podstawie raporty będą dostarczać rekomendacji do zmian infrastrukturalnych lub korekt organizacji ruchu w danym miejscu, tak aby poprawić bezpieczeństwo uczestników ruchu (Dominiak, 2022).

W 2015 r. podczas potężnej eksplozji magazynów w mieście Tianjin Chińska Ludowa Kompania Ubezpieczeniowa przy użyciu dronów przeanalizowała i oszacowała wielkość wszystkich zniszczeń.

W 2020 r. w miastach na terytorium państw: Cypr i Izrael właściciele zwierząt domowych przebywający wówczas na kwarantannie wyprowadzali zwierzęta domowe za pomocą quadrokopterów i specjalnych uprzęży dla zwierząt (WorldOfRcDrones, 2021).

Przykłady te potwierdzają wszechstronność dronów przy odpowiednim dostosowaniu ich do konkretnych zadań lub w zestawieniu z innymi specjalistycznymi przyrządami. Zauważalne jest również wzmożone zainteresowanie ich adaptacją do zastosowań w poszczególnych obszarach działalności, gdzie firmy konkurują w realizacji pionierskich koncepcji, a wykorzystanie dronów ma świadczyć o postępie i osiągnięciu konkurencyjności. Warto również zaobserwować podział wykorzystania bezzałogowych systemów na trzy sektory realizujące tego typu projekty: komercyjny, publiczny i prywatny.

Wyzwania wynikające z zastosowania dronów w logistyce miejskiej

Zastosowanie dronów w logistyce miejskiej to niewątpliwie duże wyzwanie zarówno dla firm wpro-

wadzających bezzałogowe statki powietrzne do codziennej eksploatacji, jak również dla władz miasta i jego mieszkańców. Kardasz, Doskocz i Osiński (2015) zauważyli, że jednym z większych wyzwań, na które nikt nie ma wpływu, są występujące często złe warunki atmosferyczne: deszcze, burze, silne wiatry, mgły, mogące nie tylko zagrozić terminowości dostawy, ale również być przyczyną uszkodzenia bezzałogowego statku latającego oraz przewożonego przez niego ładunku. Dodatkowo łączy się z tym kontrola i odpowiedzialność operatora lub osoby kierującej lotem, w której kompetencjach leży dokonanie oceny warunków lotu. Kolejnym wskazaniem przez nich wyzwaniem jest duże prawdopodobieństwo uderzenia bezzałogowca w przeszkodę (drzewo, budynki lub linie wysokiego napięcia) i zniszczenie go podczas lotu. Zwrócili oni również uwagę na możliwość przejęcia kontroli nad bezzałogowym statkiem powietrznym przez grupy terrorystyczne lub hackerskie.

Duvall i in. (2019) swoją uwagę skoncentrowali na wyzwaniach technicznych. Pierwszym jest limit wagowy dronów, nie są one bowiem w stanie transportować wszystkich typów przesyłek. Drugim są baterie, w które wyposażono bezzałogowce – ich niewielka pojemność determinuje zasięg i czas lotu bezzałogowego systemu latającego. Zwrócili oni również uwagę na brak lub bardzo niski stopień rozbudowy infrastruktury dronowej w miastach na świecie. Brakuje wertykalnych lądowisk wyposażonych w stacje ładujące baterie, centrów serwisowych, stacji nadawczo-odbiorczych oraz specjalistycznego oznakowania budynków i infrastruktury miejskiej, które pozwoliłoby na bezwypadkowe poruszanie się bezzałogowych statków latających w mieście. Wykorzystanie dronów w całej aglomeracji miejskiej byłoby możliwe po odpowiednim przystosowaniu jej – wyposażeniu w infrastrukturę dronową. Wiązałoby się to również z powstaniem kosztów, które podmiot publiczny lub prywatny powinien ponieść. Kolejnym wyzwaniem w tym zakresie są różnice występujące w budowie i eksploatacji dronów specjalistycznych. Utrudniają one stworzenie znormalizowanej i uniwersalnej infrastruktury dla różnych obiektów latających, tak aby zwiększyć szanse opłacalności tej inwestycji.

Innym wyzwaniem hamującym wdrażanie dronów w logistyce miejskiej są wolno postępujące prace nad regulacjami prawnymi, umożliwiającymi bezzałogowym statkom latającym funkcjonowanie obok innych statków w przestrzeni powietrznej. Opóźnienia w tym obszarze mogą być spowodowane uprzedzeniami lub obawami mieszkańców i rządzących nie tylko w skali miasta, ale również całego kraju. Niepokoje te są w głównej mierze związane z możliwością wykorzystywania dronów do celów przestępczych, również w przypadku infrastruktury krytycznej, znajdującej się w miastach. Mowa tu

o systemach zaopatrujących miasto w energię, żywność, wodę i paliwo oraz różnego rodzaju obiektach transportowych, np. lotnisku (Mecalux.pl, 2021). Obecnie w wielu krajach zauważalny jest trend tworzenia nowych lub zwiększania już istniejących obszarów objętych zakazem lotów dronami. Wiąże się on zarówno ze względami bezpieczeństwa, jak i z innymi indywidualnymi czynnikami.

Wyzwaniem i jednocześnie ograniczeniem jest również nieformalny konflikt pomiędzy władzami miasta a jego mieszkańcami. Nie każdy mieszkaniec chciałby, żeby nad jego prywatną posesją latały bezzałogowe statki latające (Camacho i in., 2015).

Jednak w dużych miastach, gdzie ruch uliczny często jest wzmógłony, co wiąże się z dużą liczbą samochodów, wypadkami lub innymi zdarzeniami drogowymi, tradycyjne metody dostaw nie zawsze są skuteczne i wydajne. Dlatego też zastosowanie dronów jest – jak się wydaje – rozwiązaniem bardzo korzystnym w zatłoczonych miastach, szczególnie w czasie intensywnego ruchu drogowego. Zastosowanie bezzałogowców w mieście pozwoliłoby na ominięcie zatłoczonych tras i skrócenie czasu dostawy, ponieważ nie korzystają one z infrastruktury drogowej. Amerykańska Federalna Administracja Lotnictwa (FAA – Federal Aviation Administration), odpowiedzialna za regulację i nadzór lotnictwa cywilnego w Stanach Zjednoczonych, wyznaczyła dopuszczalną maksymalną prędkość lotu bezzałogowców na terenie Stanów Zjednoczonych na poziomie 160 km/h (Mecalux.pl, 2021). Takie firmy jak Amazon i Google po przeprowadzeniu testów poinformowały, że dostarczanie małych paczek w miastach jest nie tylko możliwe, ale i efektywne. Duvall i in. (2019) podkreślają, że przy użyciu bezzałogowych statków latających możliwe jest dostarczenie małego produktu w mieście nie tylko w krótszym czasie, ale również po znacznie niższych kosztach, co stanowi istotny argument, ponieważ jak podkreśla Cichosz (2020), koszty logistyki ostatniej mili często przekraczają 50% wszystkich kosztów logistycznych. Obniżenie tych kosztów związane jest z zakupem tańszego środka transportu – cena bezzałogowca jest co najmniej kilkadziesiąt razy niższa od ceny np. samochodu ciężarowego. Drony to zazwyczaj maszyny o niewielkich rozmiarach i stosunkowo niskich kosztach budowy i obsługi. Większość bezzałogowców skonstruowanych jest w sposób modułowy, co umożliwia sprawny serwis i wykorzystanie ich do różnych celów w zależności od zainstalowanych urządzeń i wprowadzonego oprogramowania (Piątek & Zarzycki, 2012).

Badacze zwrócili również uwagę, na inną korzyść wykorzystania bezzałogowców w transporcie miejskim, którą jest elastyczność dostawy. Wynika ona z faktu, że dron każdorazowo dostarcza jedną paczkę i wraca do bazy, dzięki czemu możliwa jest korekta planu dostawy w czasie rzeczywistym lub zaplano-

wanie dostawy zgodnie ze standardowym czasem pracy kurierów (Duvall i in., 2019). Wykorzystanie bezzałogowych systemów latających do dostawy produktów w mieście może spowodować znaczne odciążenie transportu drogowego (np. zmniejszenie liczby pojazdów firm kurierskich), a tym samym zmniejszenie poziomu zanieczyszczenia środowiska (Kalemba, 2017).

Bezzałogowe statki powietrzne w logistyce miejskiej są również wykorzystywane jako element wsparcia służb mundurowych: straży miejskiej, policji, wojska i straży pożarnej. Coraz częściej słyży się o zakupie latających robotów na wyposażenie poszczególnych jednostek mundurowych. Używa się ich w miastach m.in. do monitoringu, kontroli, pościgu, a także do gaszenia pożarów. Współcześnie prawie żadna impreza masowa nie odbywa się bez udziału bezzałogowych systemów latających. Za ich pomocą organizatorzy imprez okolicznościowych i masowych (koncertów, eventów sportowych) nie tylko mają możliwość realizacji działań promocyjnych, ale również zapewnienia bezpieczeństwa osób biorących w nich udział. Organizatorzy przy użyciu dronów mogą prowadzić ciągłą obserwację wydarzenia oraz reagować natychmiast na pojawiające się zagrożenia.

Dodatkową korzyść wykorzystania bezzałogowych systemów latających w mieście stanowi możliwość uniknięcia opóźnień dostaw lub przestoju w produkcji związanych z deficytem pracowników do realizacji zadań. Mogą one korzystnie wpływać na procesy ukierunkowane na klienta, gdzie czas i elastyczność kształtują poziom jego satysfakcji. W mieście Singapur, zmagającym się z brakiem kelnerów w restauracjach, firma Infinium Robotics wprowadziła do użytku drony dostarczające jedzenie do stolików w restauracjach (WP Tech, 2015).

Przyszłość dronów w logistyce miejskiej

Rozwój technologii dronów przyczynia się do rewolucji w dziedzinie logistyki miejskiej. Współczesne społeczeństwo coraz większą wagę przykłada do efektywnych i zrównoważonych rozwiązań. Dlatego też, zdaniem autorów, udział bezzałogowych statków latających w szeroko pojętej logistyce miejskiej będzie tylko rósł. Roboty latające dają nadzieję na zrewolucjonizowanie dostaw w obszarach miejskich poprzez wprowadzenie automatyzacji. Rosnąca zdolność bezzałogowców do szybkiego i efektywnego transportu będzie się przyczyniać nie tylko do skrócenia czasu dostawy, ale również do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych związanych z tradycyjnymi środkami transportu. Jedną z kluczowych perspektyw rozwoju jest możliwość stworzenia zrównoważonego i ekologicznego miejskiego syste-

mu logistycznego. Według naukowców z Uniwersytetu Huddersfield w Wielkiej Brytanii drony w przyszłości będą jeszcze bardziej autonomiczne, zdolne do komunikacji, zbierania i przetwarzania danych bez udziału człowieka oraz do efektywnego działania w dynamicznym, zmiennym otoczeniu (Mizerska, 2023). W niedługim czasie przewiduje się integrację dronów z technologią 5G, dzięki czemu będzie możliwe usprawnienie komunikacji związanej z precyzyjnym sterowaniem dronami, co przełoży się na zwiększenie ich efektywności.

Przyszłość dronów w logistyce miejskiej będzie wiązała się również z ich integracją z inteligentnymi systemami logistycznymi. Wykorzystanie sztucznej inteligencji, analizy danych, technologii big data i uczenia maszynowego (Orłowski, 2022) pozwoli m.in. na optymalizację tras dostaw, prognozowanie zapotrzebowania oraz dostosowywanie się do zmieniających się warunków przestrzeni miejskiej. Zdaniem autorów perspektywy są obiecujące, trzeba jednak pamiętać o ciągłych wyzwaniach związanych z brakiem klarownych regulacji prawnych, bezpieczeństwem i integracją dronów z innymi istniejącymi systemami. Badania społecznego odbioru dronów pokazują, że przewaga czasowa, kosztowa i przyjazność dla środowiska determinują pozytywny stosunek klienta do dostaw za pomocą tych urządzeń i skłaniają go do skorzystania z tego rozwiązania. Wyższą skłonność w tym zakresie przejawiają nabywcy charakteryzujący się dużą otwartością na innowacje. Czynnikiem, który negatywnie wpływa na stosunek klientów do transportu dronami, jest przede wszystkim ryzyko związane z niebezpieczeństwem wystąpienia problemów podczas dostawy, w tym uszkodzeń, czy nawet utraty przesyłki. W społecznym odbiorze nieodosobnione są obawy, iż roboty latające mogą stanowić zagrożenie dla prywatności i bezpieczeństwa mieszkańców miast (Cichosz, 2020). Mówi się, że drony następnej generacji będą mogły wykonywać drobne naprawy w miejscach trudno dostępnych dla ludzi (Mecalux.pl, 2021). Prowadzone są już badania mające na celu stworzenie bezzałogowych statków latających zasilanych paliwem wodorowym, jak również z dużą zdolnością ładunkową. Trwają prace nad poprawą skalowania robotów latających oraz zwiększeniem możliwości ich lotu, co również może mieć wpływ na ich efektywność i koszty. Wraz

z postępowaniem technologicznym pojawia się koncepcja stworzenia miejskiej sztucznej inteligencji, na którą składałyby się autonomiczne samochody, drony i nanoroboty współpracujące wraz z „mózgiem miasta”², którym byłaby platforma urbanistyczna (Blicharz, 2023).

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy koncepcyjnej autorzy wysunęli następujące wnioski końcowe:

1. W logistyce miejskiej zastosowanie dronów jako narzędzi transportowych wciąż napotyka wiele wyzwań. Należą do nich przede wszystkim kwestie dotyczące organizacji lotów, regulacje prawno-techniczne oraz obawy społeczne związane z poczuciem prywatności i bezpieczeństwem. Aby tego uniknąć, należy opracować i wdrożyć odpowiednie regulacje w tym zakresie.

2. Współcześnie drony w logistyce miejskiej wykorzystywane są głównie do wspierania działalności służb mundurowych i administracji rządowej w zakresie ochrony, kontroli oraz monitoringu.

3. Skuteczne wdrożenie bezzałogowych statków latających w logistyce miejskiej nie jest możliwe bez ich integracji z już istniejącą infrastrukturą miejską, co niewątpliwie jest dużym wyzwaniem organizacyjnym i ekonomicznym.

4. Za wdrożeniem robotów latających do logistyki miejskiej, a w szczególności logistyki ostatniej mili, przemawia możliwość odciążenia transportu miejskiego, zmniejszenie emisji CO₂ do środowiska, skrócenie czasu dostawy, obniżenie kosztów operacyjnych oraz zwiększenie efektywności logistycznej.

5. Zdaniem autorów niezbędne jest kontynuowanie badań i rozwój w tym obszarze, powinien on być jednak ukierunkowany na praktyczne rozwiązania, umożliwiające wdrożenie dronów w logistyce miejskiej.

6. Przewidywanym kierunkiem rozwoju bezzałogowców będzie implementacja technologii Internetu Rzeczy (*Internet of Things* – IoT) oraz rozbudowa o spersonalizowane czujniki, narzędzia i oprogramowania synchronizujące.

Przypisy/Notes

¹ International Energy Agency – Międzynarodowa Agencja Energetyczna – współpracuje z krajami na całym świecie w celu kształtowania polityk i energetycznej na rzecz bezpiecznej i zrównoważonej przyszłości, <https://www.iea.org/>.

² Odpowiednik centrum zarządzania, zintegrowany z infrastrukturą i pojazdami.

Bibliografia/References

AutomatykaPrzemyslowa.pl. (2021, 26 listopada). *Drony w logistyce wewnętrznej producenta samochodów. Platforma Przemysłu Przyszłości*. <https://automatykaprzemyslowa.pl/automatyka-robotyka/automatyka-roboty-przemysl-40-iiot-it/drony-w-logistyce-wewnetrznej-producenta-samochodow/> (pobrano 5 listopada 2023).

Uber. (2019, 21 grudnia). *Uber AIR: Delivering Uber Eats with drones, Uber Elevate*. <https://www.youtube.com/watch?v=0yMv16p8FO8> (pobrano 15 kwietnia 2020).

WorldOfRcDrones. (2021, 21 lipca). *Niekonwencjonalne wykorzystanie dronów. Sprawdź najciekawsze pomysły*. <https://worldofrcdrones.com/niekonwencjonalne-wykorzystanie-dronow-sprawdz-najciekawsze-pomysly>

WP Tech. (2015, 9 lutego). *Nowy pomysł prosto z Singapuru – dron zamiast kelnera*. <https://tech.wp.pl/nowy-pomysl-prosto-z-singapuru-dron-zamiast-kelnera,6034835395994753a> (pobrano 14 listopada 2023).

Zimnoch, Ł. (2023, 5 lipca). *Drony monitorują sieci Taurona*. <https://media.tauron.pl/pr/815233/drony-monitoruja-sieci-taurona>

Mjr dr inż. Małgorzata Orłowska

Absolwentka Wojskowej Akademii Technicznej, a także Akademii Sztuki Wojennej. Jest pracownikiem dydaktycznym w Akademii Sztuki Wojennej na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia w Instytucie Logistyki. Na szczeblu wydziału pełni również funkcję prodziekana do spraw studenckich. Swoje zainteresowania naukowe realizuje w dyscyplinach nauk o zarządzaniu i jakości, a także w naukach o bezpieczeństwie. Specjalizuje się w rozwoju lokalnym, logistyce cywilnej i wojskowej oraz systemach informatycznych, wspomagających procesy logistyczne.

Mjr dr inż. Dawid Orłowski

Oficer służący w Akademii Sztuki Wojennej na stanowisku asystenta. W 2012 r. ukończył Wojskową Akademię Techniczną, a w 2021 r. uzyskał stopień doktora w Akademii Sztuki Wojennej. Pełni funkcję kierownika Katedry w Instytucie Zarządzania na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia. Swoje zainteresowania naukowe realizuje w dyscyplinach nauk o zarządzaniu i jakości, jak również w naukach o bezpieczeństwie. Szczególny obszar jego zainteresowania stanowi implementacja nowych technologii w zakresie wspierania zarządzania procesami w organizacjach, zarządzaniu zasobami ludzkimi, jak również badania operacyjne w różnych obszarach funkcjonowania organizacji.

Mjr dr inż. Małgorzata Orłowska

Graduate of the Military University of Technology, and the War Studies University. She is a member of the teaching staff at the War Studies University at the Faculty of Management and Command at the Institute of Logistics. At the faculty level, she also holds the position of Vice-Dean for Student Affairs. She pursues her research interests in the disciplines of management and quality sciences, as well as security sciences. Her research and academic interests focus on local development, civilian and military logistics, and information systems that support logistics processes.

Mjr dr inż. Dawid Orłowski

Officer serving at the War Studies University as an assistant. He was graduated from the Military University of Technology in 2012 and received his Ph.D. from the War Studies University in 2021. Currently, he serves as Head of the Quantitative Methods and Information Technology Applications Department at the Institute of Management in the Faculty of Management and Command. His academic interests are pursued in the disciplines of management and quality sciences, as well as in security sciences. A very special research area of his interest is the implementation of new technologies in supporting process management in organizations, human resource management, as well as operational research in the various areas of organizational functioning.



ZAPOWIEDŹ

Szymon Krzyszczuk

ROZMÓWKI NOTARIALNE POLSKO-ANGIELSKO-ROSYJSKO-UKRAIŃSKIE

Książka zawiera pogrupowane tematycznie zdania wykorzystywane na co dzień w kancelariach notarialnych przez ich pracowników i stałych bywałców w języku polskim oraz trzech językach obcych: angielskim, rosyjskim i ukraińskim. Równoległe z książką tradycyjną ukazuje się audiobook, w którym osoby, dla których są to języki ojczyste, wypowiadają każde z zawartych w książce zdań.

Więcej informacji na stronie www.pwe.com.pl