

Marta Kaczmarek

I rok NST2 Informatyka i Ekonometria, Aplikacje Informatyczne w Biznesie,
Wydział Zarządzania, Uniwersytet Gdański

Kinga Koy

II rok SS1 Ekonomia, Biznes Elektroniczny,
Wydział Ekonomiczny, Uniwersytet Gdański

POTENCJAŁ WYKORZYSTANIA DRONÓW W TRANSPORCIE BEZPOŚREDNIM

Wstęp

Niniejszy artykuł ma na celu podkreślić możliwości i sposoby wykorzystania dronów w *ostatniej mili*. Wybrany temat porusza zagadnienia związane z ekologią, wskazując na negatywny wpływ transportu samochodowego wykorzystywanego w realizowaniu dostaw bezpośrednio do konsumentów. Celami artykułu są przede wszystkim: podkreślenie możliwości zaangażowania dronów w część realizowanych usług transportowych, przedstawienie korzyści zarówno dla środowiska, jak i przedsiębiorstw wykorzystujących tę technologię oraz uwydatnienie kosztów ponoszonych przez społeczeństwo, powiązanych z przewozem za pomocą taboru samochodowego. Zastosowaną metodą badawczą jest przegląd źródeł wtórnych, głównie literatury przedmiotu i doniesień prasowych, dotyczących sposobów wykorzystania dronów aktualnie wykorzystywanych m. in. w Stanach Zjednoczonych. Przytoczenie statystyk związanych z użytkowaniem i emisyjnością transportu drogowego w Polsce pozwoli na dodatkowe wyeksponowanie szkodliwości obecnych rozwiązań i konieczności poszukiwania nowych. Ważnym elementem artykułu jest przygotowanie propozycji użycia bezzałogowych systemów latających w polskim systemie gospodarczym. Da to możliwość przeanalizowania, czy takie rozwiązanie ma szansę zadziałać, a jeżeli tak, to w jaki sposób można zaimplementować to rozwiązanie w kraju. Wybranie obszaru związanego z transportem bezpośrednim towarów również jest działaniem nieprzypadkowym. To właśnie on, w dobie rosnącego zainteresowania zakupami online i sukcesywnego zwiększania się wolumenu sprzedaży w handlu elektronicznym, zdaje się mieć największy wpływ na poziom generowanych emisji.

1. Drony

Drony, ze względu na swoje zaawansowanie techniczne, mogą wydawać się dość nowatorskim wynalazkiem, który powstał stosunkowo niedawno. Jednakże za okres ich powstania uważa się koniec wieku XIX, gdy Nikola Tesla zaprojektował pierwsze urządzenie zdalnie sterowane¹. Cofając się jeszcze wcześniej, mówi się, że to Arychtas z Tarentu, żyjący na przełomie VI i V wieku p.n.e. zaprojektował niewielkiego robota, który miał poruszać się za pomocą pary wodnej i można uznać to za prototyp dzisiejszych bezzałogowych systemów latających².

Należy zwrócić szczególną uwagę na rozwój dziedziny, którą jest cybernetyka, bez której wykorzystanie dronów byłoby niemożliwe. Cybernetyka, jak podaje Słownik Języka Polskiego, to „nauka o procesach sterowania oraz przekazywania i przekształcania informacji w systemach takich jak np. maszyna, organizm żywy, społeczeństwo”. W XX wieku powstawały maszyny latające, których awionika czerpała rozwiązania z elektroniki analogowej³.

Możliwości ich wykorzystania mylnie ogranicza się tylko do wojskowości, zapominając o wielu innych opcjach, które umożliwiają ich użytkownikom. W związku z dynamicznym rozwojem platform social media, coraz częściej stosuje się je do tworzenia materiałów filmowych, zarówno w celach marketingowych, jak i do własnego użytku. Ich wszechstronność wyraża się również w stwarzaniu możliwości zwiększania bezpieczeństwa. Drony są wykorzystywane do monitorowania sytuacji na drogach. Ponadto wykorzystuje się je również do wspomagania prowadzenia akcji ratowniczych, co znacząco ułatwia poszukiwania osób zaginionych.

Ważnym sposobem wykorzystania dronów, z perspektywy niniejszego artykułu, jest ich zaangażowanie w realizację transportu bezpośredniego. Należy wspomnieć, że w kontekście wojskowości i pomocy humanitarnej, mają za zadanie transport niewielkich przesyłek oraz szczepionek do regionów, do których dostęp, ze względu na napięcia geopolityczne, stanowi wyzwanie.

Samo pojęcie w literaturze posiada wiele definicji. W zależności od perspektywy, przyjmuje ono pojęcie węższe lub szersze. W słowniku Merriam – Webster definiuje się je jako “bezzałogowy statek powietrzny sterowany zdalnie lub za pomocą komputerów pokładowych”⁴. Ze względu na swoje

1 dronenews.pl, <https://dronenews.pl/drony/> (dostęp: 17.04.2024).

2 twojahistoria.pl, <https://twojahistoria.pl/2022/03/28/historia-dronow-od-starozytosci-do-projektow-tesli/> (dostęp: 17.04.2024).

3 J. Honczarenko, *Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2010, s.13.

4 T. Kilby, B. Kilby, *Make: Getting Started with Drones*, Elevated Elements, 2016, s. 2.

indywidualne specyfikacje, można podzielić je według: wagi, wytrzymałości i zakresu, maksymalnej wysokości czy obciążenia skrzydła (rys. 1).



Rysunek 1. Podział dronów według wybranych kryteriów

Źródło: Opracowanie własne w programie Aris Express na podstawie <https://web.archive.org/web/20121021021237/http://personal.mecheng.adelaide.edu.au/maziar.arjomanandi/aeronautical%20engineering%20projects/2006/group9.pdf> (dostęp 21.04.2024).

Jak widać na rysunku 1, w zależności od przyjętych kryteriów, drony można dzielić w różny sposób, uwzględniając ich wybrane, indywidualne specyfikacje. Przy wyborze odpowiednich jednostek do realizacji poszczególnych zadań, należy zwrócić uwagę na to, co jest najistotniejsze ze względu na specyfikę powierzonych obowiązków. Mniejsze drony, wyposażone w kamerę, mogą doskonale sprawdzić się w prowadzeniu monitoringu dróg lub akcji

ratowniczych, a te z większą masą własną czy możliwym obciążeniem skrzydeł do realizowania transportu przesyłek. Ważnym aspektem determinującym zakup poszczególnych modeli staje się również ich cena.

2. Logistyka i transport w *ostatniej mili*

Logistyka *ostatniej mili* odnosi się do ostatniego etapu dostarczania towarów, gdzie przesyłka jest transportowana od ostatniego centrum dystrybucyjnego lub magazynu bezpośrednio do domu klienta. Odnosi się to także do pojęcia, którym jest transport bezpośredni. W transporcie bezpośrednim wykorzystywany jest zwykle pojedynczy środek transportu, a przewóz towarów odbywa się "od drzwi do drzwi", czyli bez konieczności przeładunków w trakcie całego procesu transportowego od nadawcy do odbiorcy⁵. Taki sposób przemieszczania towarów ma wiele zalet, m. in. brak przeładunków ogranicza ryzyko uszkodzenia towarów, nie ma też konieczności oczekiwania na przeładunek.

Efektywność przemieszczania ładunków za pomocą dronów, można zmierzyć za pomocą wskaźnika KPI (ang: *Key Performance Index*). Natomiast KPI, *Key Performance Indicators*, to narzędzia stosowane w zarządzaniu wynikami przedsiębiorstwa, które są częścią szerszej koncepcji zarządzania efektywnością działania przedsiębiorstwa, znanej jako *Business Performance Management*. Te narzędzia zostały intensywnie rozwijane w ciągu ostatnich dwudziestu lat i mają na celu poprawę efektywności działania podmiotu gospodarczego poprzez użycie wskaźników, procesów oraz systemów monitorowania i zarządzania wynikami organizacji. KPI są także znaczącym elementem najlepszych praktyk produkcyjnych na świecie, znanych jako *World Class Manufacturing (WCM)*⁶. W odniesieniu do realizacji dostaw *ostatniej mili* z wykorzystaniem środka transportu lotniczego tj. za pomocą dronów, należy wyróżnić istotne miary:

- odsetek paczek dostarczonych na czas;
- ilość wykorzystanego paliwa względem pokonanej drogi;
- wykorzystanie dostępnych dronów;
- porównanie planowanych i faktycznie pokonanych kilometrów dostawy;
- koszty dostawy w stosunku do zamówienia i pokonanych kilometrów;
- reklamacje od klientów;
- odsetek towarów uszkodzonych w transporcie⁷.

5 A. Koźlak, *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010, s. 14.

6 A. Grycuk, *Kluczowe wskaźniki efektywności (KPI) jako narzędzie doskonalenia efektywności operacyjnej firm produkcyjnych zorientowanych na lean*, Przegląd Organizacji, 2/2010, 2010, s. 28-31.

7 <https://www.mecalux.pl/blog/centrum-dystrybucyjne> (dostęp 11.05.2024).

3. Aspekt ekologiczny w transporcie bezpośrednim

Rosnące obawy dotyczące wpływu transportu na środowisko, w tym zanieczyszczenia powietrza, emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii, skłaniają do zainteresowania się dostawami *ostatniej mili* przy użyciu dronów w celu łagodzenia tych skutków przy jednoczesnej poprawie wydajności i dostępności⁸. Operacje dostaw *ostatniej mili* przeważnie opierają się na użyciu samochodów ciężarowych, które stanowią najczęściej wykorzystywany środek transportu w logistyce miejskiej⁹. Niemniej jednak, korzystanie z samochodów ciężarowych w dostawach *ostatniej mili* wiąże się z ograniczeniami, takimi jak brak możliwości dostarczenia przesyłek do niektórych trudno dostępnych obszarów, czy ze zużyciem paliwa kopalnego prowadzącym do zanieczyszczenia powietrza, a także z brakiem możliwości zapewnienia terminowych dostaw z powodu korków drogowych. Wykorzystanie dronów w logistyce *ostatniej mili* staje się więc coraz bardziej atrakcyjną alternatywą, pozwalającą na szybsze i bardziej ekologiczne dostawy. Drony mogą skrócić czas transportu, ominąć korki drogowe, a także dotrzeć do obszarów ze słabo rozwiniętą infrastrukturą liniową i punktową. W tym kontekście, badanie możliwości implementacji dronów w logistyce *ostatniej mili* staje się istotnym krokiem w kierunku bardziej zrównoważonych i efektywnych rozwiązań transportowych. W szerokim ujęciu negatywnego wpływu transportu na środowisko naturalne, największy udział odgrywa właśnie transport samochodowy, co przedstawia tablica numer 1. Koszty transportu drogowego prawie sześciokrotnie przewyższają koszty zewnętrzne generowane przez transport lotniczy.

Tabela 1. Procentowy udział gałęzi transportu w kosztach zewnętrznych

Rodzaj szkody	Transport drogowy		Transport kolejowy		Transport lotniczy		Żegluga śródlądowa
	pasażerów	ładunków	pasażerów	ładunków	pasażerów	ładunków	ładunków
Wypadki	87,1	12,3	0,2	0	0,4	0	0
Hałas	47,2	41,3	3,0	1,7	6,4	0,4	0
Zanieczyszczenie powietrza	31,7	62,3	1,3	1,2	2,2	0,2	0,9
Zmiany klimatyczne	37,3	26,8	1,3	0,6	31,3	2,3	0,4
Terenochłonność	55,5	36,3	1,0	0,3	6,0	0,4	0,5
Zmiany środowiska							
Razem	49,4	34,3	1,2	0,7	13,0	1,0	0,4
	83,7		1,9		14		

Źródło: A. Koźlak, *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010, s. 57.

8 V. Garg, S. Niranjana, V. Prybutok, T. Pohlen, D. Gligor, *Drones in last-mile delivery: A systematic review on Efficiency, Accessibility, and Sustainability*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, tom 123, 2023, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920923002286> (dostęp: 21.04.2024).

9 Ibidem.

Jak wynika z zaprezentowanego schematu, koszty zewnętrzne w transporcie odnoszą się do sytuacji, w której powstaje koszt związany z generowaniem: wypadków, hałasu, zanieczyszczenia powietrza, zmian klimatycznych i terenochłonności. Nie jest on ponoszony przez przedsiębiorstwa i społeczeństwo w sposób bezpośredni. Należy rozgraniczyć owo pojęcie od wpływu transportu na środowisko. Nie są one tożsame, gdyż koszt odnosi się do aspektów ekonomicznych z uwzględnieniem ekologii, a wpływ ogranicza się do aspektów ekologicznych.

Drony ze względu na wymienione punkty, wykazują potencjał na włączenie ich do użytkowania w takich ekologicznych obszarach jak: rolnictwo, zapobieganie i redukcja skutków klęsk żywiołowych, monitorowanie zwierząt, pomoc w rekultywacji terenów.

4. Propozycje wykorzystania dronów

Wobec aktualnie narastających problemów ze stanem środowiska naturalnego oraz proekologiczną polityką Unii Europejskiej, która kładzie nacisk na zrównoważony rozwój, szczególnie ważne staje się znalezienie takiego środka transportu, który umożliwi realizację tych samych zadań w mniej kosztochłonny sposób. Duży potencjał widoczny jest w zastosowaniu dronów w *ostatniej mili*. Dostawy ładunków z użyciem transportu bezpośredniego zastosowanie znalazły już w wielu przedsiębiorstwach: Amazon, DHL Express, Walmart, Wendy's, Dominos, *etc*, jak widać na schemacie (tablica 2).

Tabela 2. Przedsiębiorstwa wykorzystujące drony do przewozu określonych ładunków

	Model	Launch (Year)	Package Weight (kg)	Flight Range (km)	Air Delivery Package Type
Amazon.com, Inc.	Prime Air	2018	< 2.3	< 16	Package
DHL Express	PaketKopter	2017	< 3	< 12	Emergency medicine
UPS, Inc.	-	2019	-	-	Package
FedEx Corporation	-	2020	-	-	Package
Domino's Pizza Inc.	DomiCopter	-	-	-	Pizza
S.F. Express[17]	-	-	< 10	< 20	Package

Źródło: S. Jung, H. Kim, *Journal of Knowledge Information Technology and Systems (JKITS)*, tom 12, nr 2, 2017.

W powyższej tabeli zaprezentowano rok wprowadzenia dronów na przykładzie wybranych przedsiębiorstw. Wobec tego należy stwierdzić, iż dostawy dronami są możliwe, a nawet wykorzystywane przede wszystkim do realizacji dostaw żywności. Kolejnym, istotnym elementem, na który należy zwrócić uwagę, jest waga przewożonego ładunku. Ze względu na specyfikację bezzałogowych systemów latających, obecnie nie są one w stanie przewozić większych

ładunków. Również biorąc pod uwagę zasięg dronów, ich potencjał ogranicza się do wykorzystania na krótkie dystanse, a więc na realizację zamówień w transporcie bezpośrednim, w szczególności w *ostatniej mili*.

Drony zdecydowanie mogą sprawdzić się w dostarczaniu niewielkich przesyłek na krótkie dystanse. Ze względu na swoje niewielkie rozmiary, są w stanie docierać do miejsc niedostępnych dla pojazdów samochodowych, bez konieczności przeładowywania czy zmiany środka transportu. Pozwala to na oszczędność czasu i sprawniejsze finalizowanie procesu dostarczania towarów do ostatecznych odbiorców. Mogą doskonale sprawdzić się w branży gastronomicznej, przewożąc gotowe posiłki z lokalów do miejsca docelowego. Mają możliwości również do przenoszenia niewielkich artykułów, np. spożywczych, kosmetycznych, leków bez recepty czy małych przesyłek kurierskich.

Należy zwrócić również uwagę na aspekty prawne związane z dronami. Urząd Lotnictwa Cywilnego (ULC) w Polsce w 2024 roku wprowadził istotne zmiany, mogące komplikować wdrożenie tej innowacji. Przede wszystkim drony o masie powyżej 250 gramów muszą być zarejestrowane. Osoby, które nimi operują, muszą posiadać do tego świadectwo kwalifikacji. Ponadto urządzenia przekraczające 0,25 kg muszą również posiadać obowiązkowe ubezpieczenia. To może wprowadzać dodatkowe komplikacje przy próbie zaangażowania tego rozwiązania w działalność przedsiębiorstw, a także koszty, które należy ponieść¹⁰.

Podsumowanie

Drony mają ogromny potencjał do wykorzystywania ich w transporcie bezpośrednim, realizowanym w tzw. *ostatniej mili*. Ich liczne zalety zdecydowanie przewyższają wady. Koszty zewnętrzne generowane przez transport samochodowy mogą zostać skutecznie zminimalizowane, poprzez włączenie w realizację dostaw bezzałogowych systemów latających. Przyczynią się do zredukowania zanieczyszczeń oraz hałasu, a więc do poprawy kondycji środowiska naturalnego. To w dłuższej perspektywie przynosi korzyści nie tylko dla otoczenia, ale i samego przedsiębiorstwa stosującego te innowacje. Pozwoli to bowiem na oszczędność kosztów związanych z prowadzeniem działalności gospodarczej. Gdy zostanie skrócony czas dostawy, to pozytywnie wpłynie na poziom satysfakcji klienta i potencjalny, ponowny zakup w przyszłości. A to przyczynia się bezpośrednio do generowania większych przychodów.

Bezzałogowe systemy powietrze mogą przyczyniać się również do optymalizacji kosztów, skutecznie zmniejszając potrzebę angażowania w dostawy naziemnych pojazdów. Dodatkowo, ze względu na swój uniwersalizm, istnieją

10 <https://dronsfera.pl> (dostęp 18.05.2024).

możliwości zaangażowania ich również w inne działy przedsiębiorstwa, np. do monitorowania stanu zapasów magazynowych.

Rozwiązanie ma również swoje wady. Ważnym zagadnieniem jest ograniczony zasięg i czas lotu, przede wszystkim związany z niską pojemnością wykorzystywanych baterii. Nie są w stanie również realizować transportu w każde warunki atmosferyczne, np. w deszcz, śnieg czy silny wiatr. Posiadają stosunkowo niską ładowność w porównaniu do transportu samochodowego. Samo wprowadzenie takiej innowacji wiąże się z wysokimi kosztami zakupów. Tylko większe przedsiębiorstwa mogą pokryć taką inwestycję.

Należy jednak podkreślić, że potencjał wykorzystania dronów jest duży. Obserwuje się coraz większe zainteresowanie ich możliwościami i sposobami wykorzystania, co udowadniają kolejne korporacje, prowadząc testy i programy pilotażowe. Mogą stanowić dobry, alternatywny sposób dostawy, do małych przesyłek. W szczególności w dobie zmniejszającej się średniej wagi dostarczanych towarów.

Bibliografia

- dronenews.pl, <https://dronenews.pl/drony/>
Dronsfera.pl, <https://dronsfera.pl>
Garg V., Niranjana S., Prybutok V., Pohlen T., Gligor D., Drones in last-mile delivery: A systematic review on Efficiency, Accessibility, and Sustainability, "Transportation Research Part D: Transport and Environment", tom 123, 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920923002286>.
Gryczuk A., Kluczowe wskaźniki efektywności (KPI) jako narzędzie doskonalenia efektywności operacyjnej firm produkcyjnych zorientowanych na lean, *Przegląd Organizacji*, 2/2010, 2010.
Honczarenko J., Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2010.
Jung S., Kim H., *Journal of Knowledge Information Technology and Systems (JKITS)*, tom 12, nr 2, 2017.
Kilby B., Kilby T., *Make: Getting Started with Drones, Elevated Elements* 2016.
Kozłak A., *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010.
Mecalux.pl, <https://www.mecalux.pl/twojahistoria.pl>, <https://twojahistoria.pl/2022/03/28/historia-dronow-od-starozytosci-do-projektow-tesli/>

Streszczenie

Artykuł stanowi zbiór najistotniejszej wiedzy związanej z wykorzystaniem dronów w transporcie bezpośrednim. Przybliży genezę powstania pierwszych tego typu urządzeń oraz aktualne sposoby ich użycia w różnych dziedzinach, nie tylko związanych z wojskowością, ale również z ratownictwem, filmowaniem czy transportem.

Podkreśla aspekt ekologiczny włączenia dronów do realizacji dostaw w *ostatniej mili*, ukazując ich mniejszą emisyjność w porównaniu do innych gałęzi transportu. Bazowanie na dostępnych doniesieniach prasowych ma na celu uświadomienie, że te urządzenia są wykorzystywane szerzej w niektórych regionach świata, niż obecnie w Polsce oraz udowodnienie, że wdrożenie takich rozwiązań staje się już możliwe i opłacalne. Poza wykorzystywaniem źródeł wtórnych, artykuł zawiera propozycje włączenia dronów do realizacji części dostaw w transporcie bezpośrednim. Opracowanie ma za zadanie podkreślić zalety wykorzystania bezzałogowych systemów latających w realizację procesu przemieszczania przesyłek do finalnych odbiorców oraz uwypuklić szkodliwość i negatywny wpływ innych środków wykorzystywanych do przewozów towarów. Drugim zamierzeniem jest ukazanie potencjału dronów w celu usprawnienia dostaw, zmniejszenia ich kosztu jednostkowego dla przedsiębiorstw czy zmniejszenia śladu węglowego.

Słowa kluczowe: drony, transport bezpośredni, dekarbonizacja

THE POTENTIAL OF THE USAGE OF DRONES IN DIRECT TRANSPORT

Summary

This article constitutes a collection of the most important knowledge regarding the usage of drones in direct transport. It presents the genesis of the first machines of this type and the current ways of their use in various fields, not only related to military, but also to rescue, filming and transportation. It highlights the environmental aspect of including drones in last-mile deliveries, showing their lower emissions compared to other modes of transport. Basing on available press reports is aimed at making people aware that these machines are used more widely in some regions of the world than currently in Poland and proving that this implementation of such solutions is already becoming possible and profitable. In addition to the use of secondary sources, the article includes proposals to include drones in the implementation of part of direct transport deliveries. The aim of the study is to highlight the advantages of using unmanned aerial systems in the process of transporting shipments to the final recipients, and to show the harmfulness and negative impact of other means used for the transport of goods. The second intention is to show the potential of drones to improve deliveries, reduce their unit costs for companies and reduce their carbon footprint.

Keywords: drones, direct transport, decarbonisation