

Technologia autonomicznych systemów lotniczych na przykładzie śmigłowca Sikorsky S-76 MATRIX™

Kacper Sachs, Mateusz Kowalczyk

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie

Streszczenie

W artykule omówiono rozwój technologii autonomicznych w lotnictwie, koncentrując się na systemie MATRIX™ opracowanym przez Sikorsky Aircraft Corporation. Przedstawiono ewolucję tej technologii, od eksperymentalnego systemu na śmigłowcu UH-60 Black Hawk aż po gotowe rozwiązanie do zastosowań operacyjnych. W artykule poruszane są zagadnienia związane z zaletami autonomii, takimi jak zwiększenie bezpieczeństwa, precyzji operacji oraz zmniejszenie obciążenia załóg. Jest także mowa o wyzwaniach dotyczących lęku pilotów przed utratą pracy. W artykule rozważono również przyszłość autonomicznych systemów w lotnictwie, w tym ich potencjał w sektorze transportu towarów i pasażerów oraz rolę, jaką piloci będą pełnić w tym nowym krajobrazie lotniczym.

Słowa kluczowe: autonomia w lotnictwie, Sikorsky MATRIX™, SARA

1. Ewolucja technologii MATRIX™: od demonstratora ALIAS do wdrożeń operacyjnych

Technologia MATRIX™, opracowana przez Sikorsky Aircraft Corporation, przeszła długą drogę od swojego początkowego rozwoju w ramach programu DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) aż do gotowości do zastosowań operacyjnych w różnych typach statków powietrznych. Pierwszym krokiem w tym procesie było stworzenie zmodyfikowanego śmigłowca UH-60 Black Hawk (ryc. 1), który wyposażony w technologię ALIAS (Aircrew Labor In-Cockpit Automation System) stał się kluczowym narzędziem w testowaniu i doskonaleniu systemu

autonomicznego sterowania lotem. Dzięki wyposażeniu śmigłowca w zaawansowane komputery, serwomechanizmy elektryczne i liczne czujniki, inżynierowie mogli przeprowadzać realistyczne testy autonomicznych operacji w różnych warunkach.

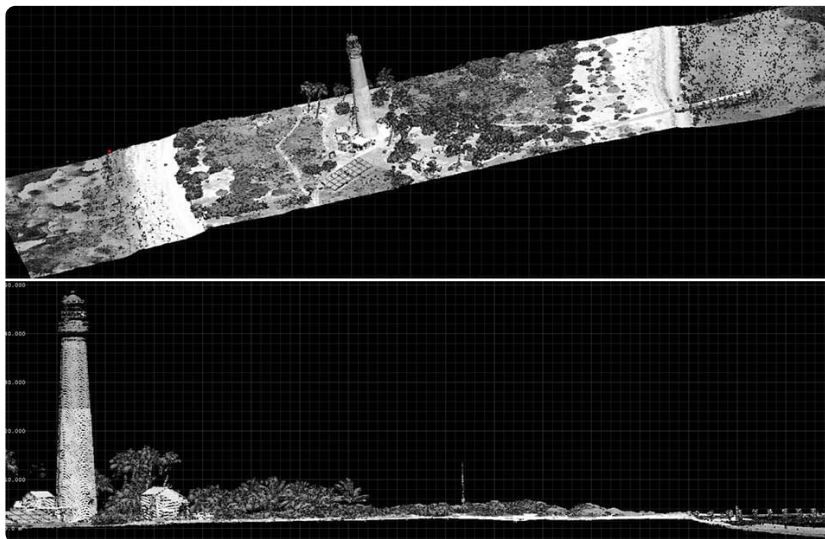
Z biegiem lat system MATRIX™ zyskał na precyzji, niezawodności i wszechstronności, a jego potencjał zaczął wykraczać poza eksperymentalne testy na śmigłowcach Black Hawk. Dzięki doświadczeniu zdobytemu podczas testów technologia zaczęła być integrowana z kolejnymi śmigłowcami takimi jak S-76 SARA (Sikorsky Autonomy Research Aircraft) (ryc. 4) oraz rozpoczęto prace nad jej certyfikacją cywilną. To, co zaczęło się jako eksperymentalny system, ma stać się kluczowym elementem przyszłych operacji lotniczych zarówno w wojsku, jak i w sektorze cywilnym.

W szczególności technologie autonomicznego sterowania MATRIX™ mają ogromny potencjał w zmniejszeniu obciążenia załóg, umożliwiając im skupienie się na bardziej strategicznych zadaniach zamiast na manualnym sterowaniu maszyną. System oferuje elastyczność w obsłudze, umożliwiając zarówno ręczne sterowanie przez pilota, jak i całkowicie autonomiczne loty w zależności od sytuacji i potrzeb misji. Dodatkowo, dzięki integracji z różnymi czujnikami, takimi jak LIDAR, radar i kamery, MATRIX™ pozwala na wykrywanie przeszkód w czasie rzeczywistym, co zwiększa bezpieczeństwo w skomplikowanych warunkach, np. słabe oświetlenie, złe warunki pogodowe czy zatłoczone strefy powietrzne.

Z perspektywy przyszłości technologia MATRIX™ odgrywa istotną rolę w rozwoju autonomicznych operacji lotniczych, także w obszarze transportu towarów i osób.



Ryc. 1. Śmigłowiec UH-60 Black Hawk wyposażony w technologię ALIAS. Źródło: [1]



Ryc. 2. Dane lidarowe zebrane przy użyciu samolotów badawczych NOAA ukazują widok z góry oraz z boku latarni morskiej Loggerhead Key w Dry Tortugas na Florydzie. Źródło: [5]

Możliwość wdrożenia jej w różnych platformach – od śmigłowców wojskowych po maszyny cywilne – pozwala na szerokie zastosowanie tej technologii w różnych dziedzinach lotnictwa, a także stanowi fundament dla rozwoju bezzałogowych samolotów pasażerskich [1][3].

2. Śmigłowiec Sikorsky S-76

Sikorsky S-76 to średni dwusilnikowy śmigłowiec wielozadaniowy zaprojektowany przez Sikorsky Aircraft (Lockheed Martin). Wykorzystywany jest przez podmioty cywilne, korporacje oraz służby ratownicze. Jego konstrukcja opiera się na czterołopatowym wirniku głównym oraz dwułopatowym wirniku ogonowym, zapewniając stabilność i wydajność lotu. Kadłub wykonano głównie z aluminium. W różnych wersjach S-76 montowano silniki turbinowe Rolls-Royce (pierwotnie Allison) 250-C30S lub Pratt & Whitney Canada PT6B-36A. Zapewniają one moc w zakresie około 650–1 000 kW, w zależności od modelu. Śmigłowiec osiąga prędkość maksymalną około 287 km/h, a jego zasięg wynosi około 760 km. Może operować na wysokości do 4 500 m, przy maksymalnej masie startowej około 5306 kg. W nowszych wariantach S-76 zastosowano zaawansowane systemy awioniki, w tym system Sikorsky MATRIX™, który umożliwia autonomiczny lot i zwiększa świadomość sytuacyjną pilota. Dzięki temu model ten stał się jednym z pionierów w dziedzinie automatyzacji lotów w segmencie śmigłowców cywilnych [4].

3. Technologia LIDAR

LIDAR (*Light Detection and Ranging*) to technologia, która wykorzystuje impulsy laserowe do pomiaru odległości i umożliwia tworzenie precyzyjnych map i modeli 3D powierzchni Ziemi (ryc. 2) oraz dna morskiego. System składa

się z lasera, skanera i odbiornika GPS. Najczęściej montowany jest na samolotach lub helikopterach w celu badania rozległych obszarów. Emitowane impulsy światła odbijają się od powierzchni, a czas ich powrotu pozwala na obliczenie odległości. Wyróżnia się LIADAR topograficzny, używający podczerwieni do mapowania lądu, oraz batymetryczny, który dzięki światłu zielonemu penetruje wodę w celu pomiaru głębokości. Technologia ta znajduje zastosowanie w tworzeniu modeli terenu, mapowaniu linii brzegowych, ocenie zagrożeń środowiskowych, analizie ryzyka powodziowego oraz we wsparciu akcji ratunkowych [5].

4. Autonomia w lotnictwie: przełom czy zagrożenie dla pilotów?

Technologia autonomicznych systemów lotniczych, taka jak Sikorsky MATRIX™, uważana jest za jeden z najważniejszych tematów współczesnego lotnictwa. Jej rozwój ma potencjał, aby całkowicie zrewolucjonizować sposób, w jaki wykonywane są misje lotnicze. Z jednej strony może to stanowić ogromny postęp, przynosząc korzyści w postaci redukcji liczby osób na pokładzie, większej precyzji w wykonaniu zadań oraz redukcji ryzyka błędów ludzkich. Z drugiej strony pojawia się pytanie: czy takie innowacje stanowią zagrożenie dla tradycyjnych załóg i stanowisk pilotażowych? To zagadnienie budzi kontrowersje wśród pilotów, ekspertów lotniczych i decydentów.

Korzyści autonomii dla lotnictwa

Przełom, który niesie ze sobą autonomia ma ogromny potencjał w kontekście bezpieczeństwa i efektywności operacji lotniczych. Zmniejszenie liczby członków załogi oznacza mniejsze ryzyko błędów, które mogą wynikać ze zmęczenia, stresu czy braku koncentracji. Autonomiczne systemy lotnicze mogą monitorować wszystkie aspekty lotu, a ich



Ryc. 3. Symulator SARA pozwalający na monitorowanie oraz zdalne sterowanie śmigłowcem. Źródło: [2]

algorytmy są w stanie błyskawicznie analizować ogromne ilości danych, co pozwala na szybsze podejmowanie decyzji w sytuacjach kryzysowych, np. w przypadku awarii systemu lub zmieniających się warunków atmosferycznych.

Wprowadzenie autonomii oznacza także większą elastyczność operacyjną. Zamiast obecności minimum dwóch członków załogi pojazdy mogą być obsługiwane przez jednego pilota lub nawet bez pilota na pokładzie. To otwiera drzwi do nowych modeli operacyjnych takich jak maszyny transportowe działające w rejonach, gdzie trudno dotrzeć tradycyjnymi metodami. Pojazdy autonomiczne mogą wykonywać zadania w niebezpiecznych warunkach, np. transportować towary do obszarów objętych katastrofą bez ryzyka dla życia ludzkiego.

Obawy i wątpliwości ze strony pilotów

Z drugiej strony rozwój technologii autonomicznych budzi obawy wśród wielu profesjonalnych pilotów, którzy boją się, że automatyzacja doprowadzi do marginalizacji ich roli w lotnictwie. Wiele osób postrzega wprowadzenie autonomii jako zagrożenie dla stanowisk pracy, zwłaszcza w kontekście większego nacisku na obniżenie kosztów operacyjnych. Współczesne lotnictwo staje w obliczu rosnącego zapotrzebowania na bardziej opłacalne rozwiązania, w tym zmniejszenie liczby załogi na pokładzie. Choć technologia MATRIX™ może pomóc w zwiększeniu efektywności lotów, wiele osób wciąż nie jest przekonanych, że systemy autonomiczne są w stanie w pełni zastąpić ludzki instynkt,

umiejętności oraz zdolność reagowania w sytuacjach kryzysowych, które mogą wystąpić w trakcie lotu.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa, chociaż technologia autonomiczna jest w stanie wykonać większość czynności pilotażowych, takich jak kontrolowanie trajektorii lotu, unikanie przeszkód i zarządzanie parametrami lotu, nie można zapominać o tzw. *human touch* – zdolności pilota do szybkiej oceny sytuacji w przypadkach nieprzewidzianych. Nawet najnowsze systemy autonomiczne jak MATRIX™ muszą opierać się na algorytmach, które mogą mieć ograniczenia w niestandardowych lub bardzo dynamicznych sytuacjach. W takich momentach obecność wykwalifikowanego pilota może być nieoceniona.

Współlistnienie autonomii i załóg

Choć autonomiczne systemy z pewnością przejmą część odpowiedzialności za rutynowe zadania, nie oznacza to, że piloci zostaną całkowicie zastąpieni. Technologia ta ma raczej na celu wspomaganie ich pracy, co pozwala na zwiększenie efektywności i bezpieczeństwa operacji lotniczych. W przyszłości piloci mogą skoncentrować się na bardziej złożonych zadaniach, takich jak strategiczne podejmowanie decyzji, komunikacja z kontrolą ruchu lotniczego czy zarządzanie kryzysowe, podczas gdy systemy autonomiczne przejmą część zadań operacyjnych.

Kiedy technologia autonomiczna stanie się powszechna, rolą pilota będzie bardziej nadzorowanie systemu i interweniowanie w przypadku, gdy pojawią się trudności, których system nie będzie w stanie rozwiązać samodzielnie.



Ryc. 4. Śmigłowiec S-76B wyposażony w technologię SARA. Źródło: [2]

W takim scenariuszu piloci nie znikną z kokpitów – ich rola się po prostu zmieni, stając się bardziej nadzorczą, a nie operacyjną. Systemy autonomiczne takie jak MATRIX™ nie będą więc zastępować pilotów, ale raczej wspomagać ich w codziennych zadaniach, umożliwiając im skoncentrowanie się na bardziej skomplikowanych aspektach lotu [2].

5. Bezpieczeństwo i niezawodność w trudnych warunkach

Bezpieczeństwo jest jednym z kluczowych elementów w rozwoju technologii autonomicznych, zwłaszcza w lotnictwie, gdzie warunki atmosferyczne i terenowe mogą być niezwykle trudne. Zaawansowane systemy autonomiczne opracowane przez Sikorsky zapewniają niezawodność dzięki zastosowaniu technologii, takich jak LIDAR, radar, kamery oraz inne sensory. Dzięki nim możliwe jest precyzyjne nawigowanie w ograniczonej widoczności, jak w przypadku mgły, opadów atmosferycznych czy silnych wiatrów. System analizuje dane w czasie rzeczywistym i dostosowuje trajektorię lotu, aby unikać przeszkód.

Nowoczesna technologia pozwala także na precyzyjne lądowanie w trudnych warunkach, np. na platformach wiertniczych czy statkach. Dzięki zastosowanym czujnikom system jest w stanie kalkulować optymalną trajektorię lądowania nawet w pełnej ciemności, co sprawia, że autonomiczne lądowanie staje się możliwe w miejscach, gdzie ludzki pilot miałby trudności. Z kolei radar i LIDAR pomagają w poruszaniu się po górzystym terenie, gdzie tradycyjne systemy nawigacyjne mogą mieć problemy z wykrywaniem przeszkód.

System autonomiczny radzi sobie również w sytuacjach kryzysowych takich jak utrata mocy silników, wykonuje wówczas manewry awaryjne, w tym autorotacje. Dzięki temu zapewnia załodze bezpieczeństwo w najtrudniejszych momentach. W razie potrzeby pilot może w każdej chwili przejąć kontrolę nad maszyną, co pozwala na szybszą reakcję w sytuacjach kryzysowych, kiedy technologia musi ustąpić miejsca ludzkiej intuicji [2].

Dodatkowo technologia ta umożliwia zdalne sterowanie śmigłowcem (ryc. 3), co oznacza, że pilot może operować maszyną z bezpiecznej odległości. W sytuacji zagrożenia katastrofą możliwość kontroli na odległość znacząco zwiększa szanse na uniknięcie ofiar wśród załogi, ponieważ pilot nie musi znajdować się na pokładzie podczas wykonywania niebezpiecznych misji lub awaryjnych manewrów.

6. Przyszłość roli pilota w lotnictwie autonomicznym

W miarę jak technologie autonomiczne zyskują na znaczeniu w lotnictwie, stają się kluczowym elementem zarówno w operacjach wojskowych, jak i cywilnych. Systemy takie jak te opracowane przez Sikorsky Aircraft Corporation, w tym technologia autonomiczna MATRIX™, oferują znaczące korzyści w zakresie zmniejszenia obciążenia załogi i poprawy efektywności. W przypadku autonomicznych helikopterów takich jak SARA systemy te pozwalają na pełną kontrolę lotu, a jednocześnie umożliwiają łatwą interwencję pilota, co stanowi duży krok w kierunku zminimalizowania ryzyka ludzkiego błędu, a także ułatwienia przeprowadzania skomplikowanych misji.

Z perspektywy bezpieczeństwa i niezawodności autonomiczne systemy wykazują się imponującą odpornością na trudne warunki, np. lądowanie w niestandardowych miejscach czy złą pogodę. Dzięki zaawansowanym algorytmom i czujnikom systemy autonomiczne potrafią nie tylko unikać przeszkód, ale również przeprowadzać skomplikowane manewry jak autorotacje czy lądowania na platformach morskich w trudnych warunkach. Wszystko to znacząco podnosi bezpieczeństwo i niezawodność lotów w krytycznych sytuacjach.

W kontekście przyszłości lotnictwa w technologiach autonomicznych widać potencjał rewolucyjny. Dotyczy to zwłaszcza sektora cargo, gdzie dzięki ich zastosowaniu można zredukować liczbę pilotów i obniżyć koszty operacyjne. Choć pełna automatyzacja w lotach pasażerskich

wyduje się wciąż odległa, rozwój technologii autonomicznych z pewnością wpłynie na zmiany w roli pilota, który przejdzie na stanowisko nadzorcy systemów autonomicznych, monitorując i interweniując w razie potrzeby, co otworzy nowe możliwości operacyjne w lotnictwie cywilnym i wojskowym [2].

Bibliografia:

- [1] *Safe, Reliable, and Uninhabited: First Autonomous BLACK HAWK® Helicopter Flight* (2022, 08 February). Lockheed Martin. <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2022/safe-reliable-and-uninhabited-first-autonomous-black-hawk-flight.html> (dostęp: 20.05.2025 r.).
- [2] Adams, E. (2019, 30 April). *What is it like to fly a helicopter with a tablet?* <https://verticalmag.com/features/remote-control-the-sikorsky-autonomy-research-aircraft/> (dostęp: 20.05.2025 r.).
- [3] Jeffrey, C. (2016, 03 June). *Autonomous 30-mile flight for Sikorsky S-76 commercial helicopter* <https://newatlas.com/sikorsky-s-76-helicopter-autonomous-flight/43650/> (dostęp: 20.05. 2025 r.).
- [4] Kłosiński, P. (1993). Śmigłowiec wielozadaniowy S-76 Spirit/H-76 Eagle. *Nowa Technika Wojskowa*, nr 5.
- [5] *What is LIDAR?* (2024, 06 June) NOAA <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> (dostęp: 20.05.2025 r.).