

Silesian University of Technology  
Faculty of Mechanical Engineering  
Department of Fundamentals of Machinery Design

Doctoral dissertation

Model-Based Adaptive Path Planning  
Algorithm for Unmanned Aerial Vehicles

MSc, Eng. Mateusz Kosior

Primary Supervisor:  
PhD, DSc, Eng. Piotr Przystałka, Associate Professor

Secondary Supervisor:  
PhD, Eng. Wawrzyniec Panfil, Assistant Professor

Gliwice, 2022

## Streszczenie

Od wojskowego zwiadu, poprzez badania w trudnodostępnych miejscach, aż po usługi kurierskie – rosnąca popularność bezzałogowych statków powietrznych (BSP) zachęca do stosowania ich podczas różnorodnych misji. BSP wykorzystywane są np. do pomiaru zanieczyszczenia powietrza. Jedno z nowych zastosowań polega na zbudowaniu BSP o dużej długotrwałości lotu (HALE), a następnie wykorzystaniu go do prowadzenia pomiarów w szerokim przedziale wysokości – od kilkuset metrów nad powierzchnią ziemi aż po dolną stratosferę.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej były zaprojektowanie i weryfikacja opartego na modelu, adaptacyjnego algorytmu planowania ścieżki do próbkowania zanieczyszczeń za pomocą BSP klasy HALE latającego autonomicznie w środowisku z ograniczeniami. W ramach pracy zaprojektowano adaptacyjny planer (APP), który następnie pozytywnie zweryfikowano za pomocą metody Model-in-the-Loop (MIL) w symulacjach wykorzystujących model BSP.

Owoce pracy autora jest opis formalny dwuetapowego algorytmu APP, który tworzą planer globalny (GPP) oraz planer lokalny (LPP). Ścieżki wygenerowane przez GPP i LPP mogą być zweryfikowane w symulacji typu MIL przed przesłaniem ich do BSP. W ramach pracy autor przedstawił także koncepcję mapy środowiska wykorzystywanej w optymalizacji i składającej się z map terenu, wiatru, przestrzeni powietrznej oraz mapy pomiarowej.

GPP jest algorytmem optymalizacji globalnej, który poszukuje wolnej od przeszkód ścieżki, optymalnej pod kątem minimalnego zużycia energii i podlegającej ograniczeniom kinematycznym BSP. GPP to algorytm planujący misję, uruchamiany w stacji kontroli naziemnej (SKN). Algorytm ma też możliwość adaptacyjnego przeplanowywania ścieżki.

LPP to algorytm lokalnego planowania wykorzystywany do szybkiego generowania wolnych od przeszkód ścieżek zarówno w SKN, jak również za pomocą komputera pokładowego BSP. LPP wykorzystywany jest w sytuacjach awaryjnych, gdy zerwana zostaje komunikacja z SKN, dlatego minimalizacja zużycia energii poświęcona jest na rzecz minimalnego czasu obliczeń. Ścieżka lokalna wykorzystywana jest np. podczas powrotu do punktu startu (RTH) oraz doprowadzenia BSP do punktu lądowania awaryjnego.

Przeprowadzono badania porównawcze algorytmów jednokryterialnej optymalizacji globalnej, z których korzysta GPP (I-GWO,  $ACO_{\mathbb{R}}$ , PSO i GA) oraz algorytmów planujących wykorzystywanych przez LPP (RRT, RRT\* i BiRRT). Następnie dostrojono kluczowe parametry wybranych algorytmów. Algorytm APP został zweryfikowany metodą MIL przez symulację wybranych przypadków użycia inspirowanych misjami badawczymi prowadzonymi w Polsce i w Arktyce. Analiza porównawcza ścieżek wygenerowanych przez algorytm względem zaprojektowanych przez eksperta potwierdziła możliwości APP. Dalsze badania udowodniły zdolność algorytmu APP do adaptacyjnego przeplanowywania ścieżki przelotu BSP.