

# PROJEKT

ROBOTY MOBILNE 1

---

## Symulacja bezzałogowego statku powietrznego w środowisku Simulink

---

Eryk Możdżeń, 259375

*Prowadzący:*  
dr inż. Michał Błędowski

Katedra Teorii Pola, Układów  
Elektronicznych i Optoelektroniki  
Wydziału Elektroniki, Fotoniki i  
Mikrosystemów  
Politechniki Wrocławskiej

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

15 marca 2023

# 1 Cel projektu

Projekt zakłada stworzenie symulacji lotu aktualnie rozwijanego bezzałogowego obiektu latającego, bazującego na projekcie [4]. Podstawowym celem projektu jest zamodelowanie dynamiki oraz jej implementacja w środowisku Matlab & Simulink, a także zastosowanie zaproponowanej strategii sterowania symulowanym obiektem.

## 2 Założenia projektowe

### Oprogramowanie i interfejs

W projekcie zostanie zastosowany Simulinka w roli środowiska symulacyjnego oraz pomocnicze skrypty Matlaba do generowania odpowiedniej zawartości zmiennych w workspace. Struktura symulacji oparta o [5] powinna składać się z wydzielonych bloków o ściśle zdefiniowanych funkcjach:

- blok modelu obiektu
- blok sensorów
- blok systemu regulacji
- blok wizualizacji

Sterowanie wirtualnym dronem przez użytkownika powinno być możliwe przy użyciu fizycznego kontrolera USB. Podczas trwania symulacji w jednym z okien powinna być widoczna scena z widokiem 3D, wizualizująca obiekt oraz jego stan (pozycja, orientacja, elementy wykonawcze).

### Symulacja obiektu

Model obiektu będzie opierał się na analityczne wyprowadzonych równaniach dynamiki w oparciu o [4] oraz [1]. Z uwagi na planowane zastosowanie pojedynczego wirnika, konieczne będzie uwzględnienie efektu żyroskopowego na bazie równań z [2]. Autor filmu [3] poświęca dużą część nagrania pokazując, jak efekt ten utrudnia zadanie sterowania jednowirnikowcem korelując ze sobą ruchy w poszczególnych osiach.

W celu zapewnienia rzeczywistych trudności jakie należy pokonać przy analizie pomiarów sensorów, symulacja odczytów z czujników powinna uwzględniać szумы i zniekształcenia charakterystyczne dla danego typu czujnika. Dron powinien czerpać dane z czujników takich jak:

- akcelerometr
- żyroskop
- magnetometr
- barometr
- czujnik odległości (wysokości)

### Sterowanie

Estymacja stanu obiektu powinna być wyłącznie przeprowadzana z danych dostępnych z symulowanych czujników. Do realizacji zadania sterowania orientacją drona w zamkniętej pętli sprzężenia zaimplementowany powinien zostać regulator LQR.

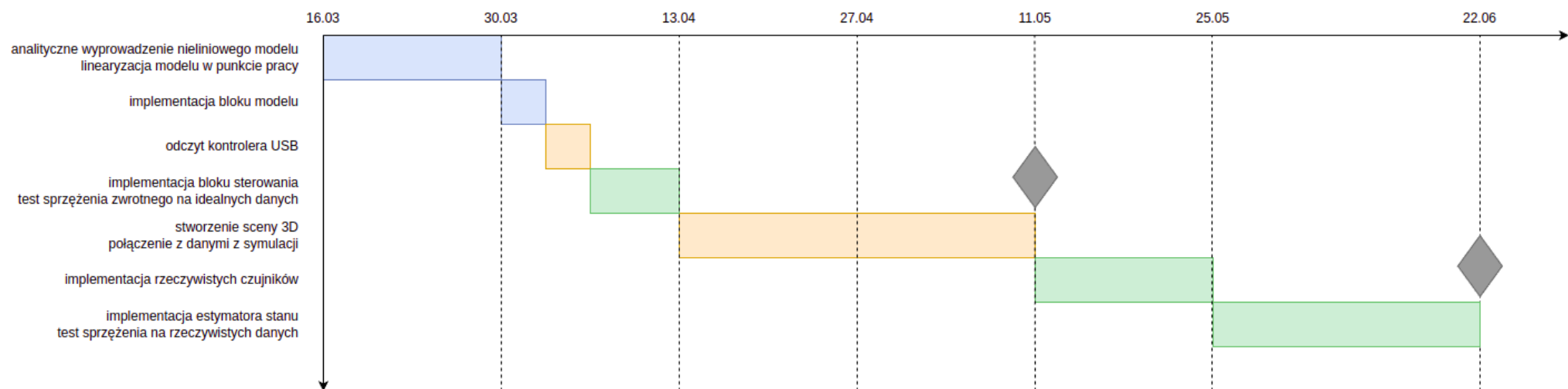
### 3 Podcele i etapy realizacji projektu

Lista podcelów:

- analityczne wyprowadzenie nieliniowego modelu  
linearyzacja modelu w punkcie pracy  
wyznaczenie punktów stabilności
- implementacja bloku modelu
- odczyt kontrolera USB
- implementacja bloku sterowania  
test sprzężenia zwrotnego na idealnych danych
- stworzenie sceny 3D  
połączenie z danymi z symulacji
- implementacja rzeczywistych czujników
- implementacja estymatora stanu  
test sprzężenia zwrotnego na rzeczywistych danych

### 4 Terminarz realizacji poszczególnych podcelów

- 30 marca 2023 – analityczne wyprowadzenie nieliniowego modelu  
linearyzacja modelu w punkcie pracy  
wyznaczenie punktów stabilności
- 13 kwietnia 2023 – implementacja bloku modelu  
odczyt kontrolera USB  
implementacja bloku sterowania  
test sprzężenia zwrotnego na idealnych danych
- 11 maja 2023 – ZŁOŻENIE ETAPU 2  
stworzenie sceny 3D  
połączenie z danymi z symulacji
- 25 maja 2023 – implementacja rzeczywistych czujników
- 22 czerwca 2023 – ZŁOŻENIE ETAPU 3  
implementacja estymatora stanu  
test sprzężenia zwrotnego na rzeczywistych danych



## Bibliografia

- [1] Christoffer Carholt i in. “Design, Modelling and Control of a Single Rotor UAV”. W: czer. 2016. DOI: 10.1109/MED.2016.7536015.
- [2] Victor H. Dominguez i in. “Micro Coaxial Drone: Flight Dynamics, Simulation and Ground Testing”. W: *Aerospace* 9.5 (2022). ISSN: 2226-4310. DOI: 10.3390/aerospace9050245. URL: <https://www.mdpi.com/2226-4310/9/5/245>.
- [3] *Ikarus electric rocket – Thrust-vectorred flying ducted fan*. 2018. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=RMeEh50UaDs>.
- [4] Emil Bjerregaard Jacobsen. *Modelling and Control of Thrust Vectoring Mono-copter*. 2020. URL: [https://projekter.aau.dk/projekter/files/421577367/Master\\_Thesis\\_Emil\\_Jacobsen\\_v5.pdf](https://projekter.aau.dk/projekter/files/421577367/Master_Thesis_Emil_Jacobsen_v5.pdf).
- [5] MATLAB. *Drone Simulation and Control*. 2018. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=hGcGPUqB67Q&list=PLPNM6NzYyzYqMYNc5e4\\_xip-yEu1jiVrr](https://www.youtube.com/watch?v=hGcGPUqB67Q&list=PLPNM6NzYyzYqMYNc5e4_xip-yEu1jiVrr).