



**WYDZIAŁ  
ELEKTROTECHNIKI  
I INFORMATYKI**  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

**Michał Bazan**

Badanie algorytmów nawigacyjnych

**PRACA MAGISTERSKA**

Opiekun pracy:  
dr inż. Dariusz Rzońca

Rzeszów, 2024



# Spis treści

<b>1. Wstęp . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>2. Inżynierska część projektu . . . . .</b>	<b>7</b>
2.1. Budowa robota . . . . .	7
2.2. System operacyjny robota . . . . .	7
2.3. Sterowanie robotem . . . . .	7
<b>3. Badane algorytmy . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>4. Badania . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>5. Podsumowanie i wnioski końcowe . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>12</b>



## Wykaz symboli, oznaczeń i skrótów

# 1. Wstęp

W dzisiejszych czasach, wraz z dynamicznym rozwojem technologii mobilnych, algorytmy nawigacyjne i uczenia maszynowego [3] odgrywają kluczową rolę w różnorodnych aplikacjach, począwszy od systemów nawigacji w samochodach po autonomiczne roboty poruszające się w różnych środowiskach. Biorąc pod uwagę aktualność tych zagadnień i rosnące zapotrzebowanie, zdecydowano o przeprowadzeniu badań dotyczących systemów nawigacyjnych.

Celem tej pracy jest zbadanie heurystycznych metod [5] optymalizacji regulatorów PID oraz porównanie wybranych algorytmów pod kątem kryteriów takich jak dokładność wyznaczania trasy oraz wydajność obliczeniowa w różnych warunkach terenowych.

Zakres pracy obejmuje dwie części:

- a) część inżynierska - wykonanie robota mobilnego, implementacja systemu wbudowanego oraz implementacja stacji operatorskiej opartej na systemie ROS2 [2]
- b) część badawcza - badanie algorytmów uczenia maszynowego do optymalizacji nastaw regulatorów PID oraz porównanie wybranych algorytmów nawigacyjnych.

Zastosowanie standardu ASPICE [6] zapewnia wysoką jakość procesu budowy robota oraz implementacji oprogramowania co pozwoli na przeprowadzenie rzetelnych badań i wyciągnięcie wiarygodnych wniosków.

## **2. Inżynierska część projektu**

W tym rozdziale przedstawiono kompleksowy opis prac związanych z implementacją oraz funkcjonowaniem robota. Niniejszy rozdział stanowi szczegółowe omówienie trzech kluczowych elementów projektu, które skupiały się na budowie fizycznej robota zgodnie z procedurami SPICE, implementacji oprogramowania w języku C++ z uwzględnieniem unit testów oraz wykorzystaniu środowiska ROS2 i technologii Docker do sterowania robotem. Dzięki zastosowaniu tych trzech elementów możliwe było zapewnienie nie tylko skutecznej implementacji samego robota, ale również jego oprogramowania oraz efektywnego zarządzania nim w czasie rzeczywistym.

W dalszej części pracy szczegółowo omówione zostaną poszczególne etapy realizacji każdego z tych komponentów, prezentując zarówno teoretyczne założenia, jak i praktyczne wyniki osiągnięte w ramach projektu.

### **2.1. Budowa robota**

Pierwszym aspektem, który zostanie przedstawiony, jest proces budowy robota. Opisane zostaną tutaj szczegóły dotyczące wyboru komponentów, proces montażu oraz ewentualne modyfikacje wprowadzone w celu zapewnienia optymalnego działania.

### **2.2. System operacyjny robota**

Ta sekcja skupia się na implementacji oprogramowania w języku C++, obejmującej zarówno projektowanie jak i programowanie robotycznych funkcji.

### **2.3. Sterowanie robotem**

Kolejnym istotnym zagadnieniem będzie omówienie wykorzystania ROS2 oraz technologii Docker w kontekście sterowania robotem. Przedstawione zostaną tutaj zarówno zalety jak i wyzwania związane z integracją tych narzędzi.

### **3. Badane algorytmy**

Niniejszy rozdział skupia się na opisie wybranych algorytmów nawigacyjnych, które zostały zastosowane w projekcie robota. Głównym celem tego rozdziału jest zaprezentowanie różnorodności podejść algorytmicznych wykorzystywanych w obszarze nawigacji robotów oraz ich efektywności w kontekście konkretnego projektu. W trakcie analizy omówione zostaną zarówno klasyczne, dobrze znane algorytmy, jak i te bardziej zaawansowane, specjalnie dostosowane do specyfiki projektu.



## 4. Badania

Niniejszy rozdział skupia się na analizie oraz porównaniu wybranych algorytmów nawigacyjnych pod względem ich dokładności nawigacji oraz wydajności obliczeniowej. Zostanie również zbadane, w jaki sposób rodzaj wybranego algorytmu odometrii może wpływać na ogólną dokładność nawigacji robota.

Wydajność obliczeniowa jest kluczowym czynnikiem, który należy uwzględnić przy ocenie algorytmów nawigacyjnych. W kontekście systemów wbudowanych, szybkość działania algorytmów ma kluczowe znaczenie dla płynności i efektywności pracy robota. Badania wydajności obliczeniowej pozwalają ocenić, jakie są różnice w zużyciu zasobów systemowych dla poszczególnych algorytmów oraz jakie są potencjalne ograniczenia związane z ich implementacją.

Dokładność nawigacji stanowi istotny wskaźnik efektywności systemów robotycznych, szczególnie w kontekście ich zdolności do precyzyjnego poruszania się w różnorodnych środowiskach. Analiza dokładności nawigacji pozwala na lepsze zrozumienie, jak poszczególne algorytmy radzą sobie z interpretacją danych sensorycznych oraz wyznaczaniem optymalnych trajektorii w czasie rzeczywistym.

Dodatkowo, analizie poddany zostanie wpływ rodzaju wybranego algorytmu odometrii na dokładność nawigacji. Odometria, jako technika wykorzystująca dane z czujników wbudowanych w układ jezdny robota, pełni kluczową rolę w określaniu jego położenia i orientacji w przestrzeni. Analiza tego wpływu pozwoli na zrozumienie wpływu precyzyjności danych odometrii na skuteczność działania algorytmów nawigacyjnych.

Przeprowadzone badania oraz uzyskane wyniki pozwolą wyciągnąć wnioski dotyczące skuteczności i efektywności badanych algorytmów nawigacyjnych, co stanowi istotny krok w doskonaleniu systemów nawigacyjnych robotów.

## 5. Podsumowanie i wnioski końcowe

## Załączniki

## Literatura

- [1] [https://github.com/DevxMike/master\\_degree](https://github.com/DevxMike/master_degree)
- [2] <https://docs.ros.org/en/foxy/index.html>
- [3] Francois Chollet: Deep Learning. Praca z językiem Python i biblioteką Keras. Helion 2019
- [4] Paweł Cichosz: Systemy uczące się. WNT 2007
- [5] Riccardo Poli, William B. Langdon, Nicholas F. McPhee, John R. Koza: A Field Guide to Genetic Programming. Lulu Enterprises Uk Ltd 2008
- [6] [https://mfiles.pl/pl/index.php/Automotive\\_SPICE](https://mfiles.pl/pl/index.php/Automotive_SPICE)

## **STRESZCZENIE PRACY DYPLOMOWEJ MAGISTERSKIEJ**

### **BADANIE ALGORYTMÓW NAWIGACYJNYCH**

Autor: Michał Bazan, nr albumu: EF-163881

Opiekun: dr inż. Dariusz Rzońca

Słowa kluczowe: (Algorytmy nawigacyjne, Robot mobilny, Inżynieria, ASPICE, Machine Learning)

Praca koncentruje się na badaniu wybranych algorytmów nawigacyjnych oraz metod optymalizacji nastaw regulatorów PID z wykorzystaniem zbudowanego robota mobilnego, który został skonstruowany zgodnie z procedurami ASPICE. Celem jest ocena dokładności, szybkości wyznaczania trasy oraz ogólnej wydajności tych algorytmów. Badania obejmują również wpływ rodzaju algorytmu odometrii na dokładność nawigacji. Analiza wyników pozwoli wyciągnąć wnioski dotyczące skuteczności i efektywności badanych algorytmów nawigacyjnych. Dzięki zastosowaniu standardów ASPICE zapewniona została wysoka jakość procesu budowy robota, co umożliwia rzetelne i wiarygodne badania nad jego funkcjonalnością i algorytmami nawigacyjnymi.

RZESZOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
Faculty of Electrical and Computer Engineering

Rzeszow, 2024

## **MSC THESIS ABSTRACT**

### **TEMAT PRACY PO ANGIELSKU**

Author: Michał Bazan, album number: EF-163881

Supervisor: Dariusz Rzońca, dr. engineer

Key words: (Navigation algorithms, Mobile robot, Engineering, ASPICE, Machine Learning)

The work focuses on the study of selected navigation algorithms and methods for optimising PID controller settings using a built mobile robot that has been constructed according to ASPICE procedures. The aim is to evaluate the accuracy, routing speed and overall performance of these algorithms. The research also includes the influence of the type of odometry algorithm on navigation accuracy. Analysis of the results will allow conclusions to be drawn regarding the effectiveness and efficiency of the navigation algorithms studied. Through the use of ASPICE standards, the high quality of the robot construction process is ensured, enabling reliable and credible research into its functionality and navigation algorithms.