

KATEDRA MECHANIKI I INŻYNIERII OBLICZENIOWEJ Wydział mechaniczny technologiczny politechnika śląska

Studencka Konferencja Naukowa

METODY Komputerowe 2020





Gliwice 2020

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechnika Śląska

Studencka Konferencja Naukowa

"METODY KOMPUTEROWE – 2020"

Gliwice, wrzesień 2020 r.

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechnika Śląska ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice tel.: 32 237 12 04, fax: 32 237 12 82

Komitet Naukowy:

Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak Prof. dr hab. inż. Antoni John Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński Dr hab. inż. Witold Beluch, Prof. PŚ Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Dziatkiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ Dr hab. inż. Wacław Kuś, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jerzy Mendakiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Marek Paruch, Prof. PŚ Dr hab. inż. Alicja Piasecka-Belkhayat, Prof. PŚ Dr hab. inż. Arkadiusz Poteralski, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ Dr hab. inż. Mirosław Szczepanik, Prof. PŚ

Komitet Organizacyjny:

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Dziatkiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ Dr inż. Waldemar Mucha Dr inż. Witold Ogierman Mgr inż. Mateusz Holek Mgr inż. Natalia Molęda Mgr inż. Olaf Popczyk Mgr inż. Tomasz Schlieter Mgr inż. Anna Skorupa Mgr inż. Mikołaj Stryczyński Inż. Barbara Ciszyńska Jakub Podgórski Inż. Mateusz Kita

Komitet Redakcyjny:

Dr hab. inż. Grzegorz Dziatkiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Wydanie zeszytów naukowych zostało sfinansowane przez MESco Sp. z o. o. w Bytomiu. Rysunek na okładce wykonała inż. Barbara Ciszyńska, Autorka artykułu na stronie 13. ISBN 978-83-951185-1-7 Artykuły opublikowano na podstawie oryginałów dostarczonych przez Autorów. Druk i oprawę wykonano w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej. Nakład 100 egz. Druk ukończono we wrześniu 2020 r.

Wstęp

Zeszyt naukowy zawiera 42 artykuły prezentowane na czternastej Studenckiej Konferencji Naukowej "Metody Komputerowe", odbywającej się 24 września 2020 roku na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Konferencję zorganizowali studenci i pracownicy Katedry Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej Politechniki Śląskiej. Publikacje dotyczą zastosowania metod komputerowych w różnych dziedzinach techniki, takich jak:

- wspomaganie komputerowe prac inżynierskich,
- wytrzymałość materiałów,
- biomechanika,
- hydromechanika,
- termodynamika,
- robotyka,
- informatyka,
- optymalizacja,
- badania doświadczalne.

Dziękuję studentom za przygotowanie artykułów i prezentacji na konferencję, Komitetowi Naukowemu za troskę o poziom naukowy prac, Komitetowi Redakcyjnemu za przygotowanie zeszytu naukowego do druku i wersji elektronicznej materiałów konferencyjnych, a Komitetowi Organizacyjnemu za przygotowanie obrad konferencji.

Szczególne podziękowania za wsparcie finansowe organizacji konferencji składam przedstawicielom firmy MESco Sp. z o. o.

Duża liczba zgłoszonych artykułów świadczy o znacznej aktywności naukowej studentów i potrzebie organizacji tego rodzaju konferencji. Życzę studentom owocnych dyskusji w czasie konferencji. Mam nadzieję, że udział w niej będzie inspiracją do dalszych badań naukowych.

Opiekun Naukowy Studenckiego Koła Naukowego "Metod Komputerowych"

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Gliwice, wrzesień 2020 r.

DYNAMIC ANALYSIS OF THE EXPLORATION ROBOT CHASSIS IN COPPELIASIM SOFTWARE

MARCIN JURECZKO, BSc. Eng.

Automatics and Robotics, semester I, master's programme Supervisors: Prof. Piotr Przystałka, PhD, DSc, Eng. Wawrzyniec Panfil, PhD, Eng.

Abstract. The aim of this paper is to present a research on a dynamic analysis of the robot chassis. The analysis provided information about the torque needed to drive the rover on different kinds of terrain, and the torque needed for steering the robot. There were also conducted tests of the chassis behavior under certain conditions.



ANALIZA DYNAMICZNA PODWOZIA ROBOTA EKSPLORACYJNEGO W OPROGRAMOWANIU COPPELIASIM

Streszczenie. Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie analizy dynamicznej podwozia robota eksploracyjnego. Analiza dostarczyła informacji dotyczących momentów napędowych potrzebnych do napędzenia kół jak i osi skrętnych. Przeprowadzone zostały testy zachowania się podwozia w różnych warunkach terenowych.

1. Introduction

Silesian Phoenix is a team created within Application of Methods of Artificial Intelligence Student Scientific Group. The team has designed and built a mars rover that is able to participate in various competitions e.g. ERC (European Rover Challenge [1]). Following the ERC 2019 competition the team decided to further develop the robot. Part of the development process included conducting a dynamic analysis of the robot chassis. For that reason a simplified CAD model was designed. The model includes previously agreed upon mechanical changes. The analysis provided information about the torque needed to drive the rover on different kinds of terrain, and the torque needed for steering the robot. There were also conducted tests of the chassis behavior under certain conditions.

Rover Phoenix II CAD model (Fig. 1) consists of three main components:

- Chassis based on Rocker-bogie design with the bogie component left out. It has four wheel drive and four wheel steering. A differential-drive mechanism was used to keep the chassis stable.
- Manipulator 5 DoF (Degrees of freedom) robotic arm with a specifically designed gripper for performing competition tasks.
- Soil sampling system The system's purpose is to extract and analyze a sample of the soil and seal it off.



Rys. 1. Model CAD robota Fig. 1. CAD model of the robot

2. Analysis

Assumptions stated before analyses were as follows:

- General assumptions:
 - Changing the six wheel design to a four wheel design;
 - Robot will be remotely controlled via gamepad;
 - The robot should be wider and its construction should be more modular;
 - Decreasing the rover mass;
 - Increasing the wheels diameter and width;
 - Increasing robots clearance.
- Geometrical assumptions:
 - Max. width 75 [cm];
 - Max. length 115 [cm];
 - Min. clearance 30 [cm];
 - Wheelbase 85 [cm];
 - Wheel diameter 30 [cm];
 - Wheel width 10 [cm].
- Simulation assumptions:
 - The software used for simulation is CoppeliaSim;
 - ODE (Open Dynamics Engine[2]) physics engine applied;
 - Real time simulation with 50 [ms] time step;
 - Robot max velocity 2 [m/s];
 - Constant friction coefficient for all simulations;
 - Restricting max. driving torque to 15 [Nm].

CoppeliaSim software accepts .stl and .obj files only. Therefore the CAD model needs to be converted to either of those formats before importing. It is important to align the coordinate systems of CAD software and CoppeliaSim. The robot model is imported as one solid block. CoppeliaSim provides the tools to divide the block into appropriate parts as the model was previously in the CAD software. Another option could be to import all the parts separately.

When the model is correctly divided it is essential to check if the model is not to "heavy" i.e. the models mesh does not contain to many triangles that would slow down the simulation. If the model is to heavy there are tools to reduce the number of triangles but it deforms the original part. Appropriate moments of inertia of each part have to be manually entered. After that the joints have to be applied. The joints connect the parts together and describe their relations with each other. In the simulation the robot is controlled via a gamepad. To move the robot forwards or backwards the angular velocity of the appropriate joints is changed. To make the robot turn (Fig. 2) the position of each steering joint is changed. For steering the built-in PID module was used. Movement of the robotic arm is controlled by a built-in Inverse Kinematic module. All used algorithms were written in Lua[3] language.



Rys. 2. Skręt w lewo Fig. 2. Left turn

3. Testing

Conducted tests were as follows:

- Stability test;
- Driving moments test;
- Terrain traverse test.

In the stability test the maximal ramp inclination was determined at which the robot can keep a stable position as shown (Fig. 3). Maximal inclination with the robotic arm in safe position is 41° and with the arm extended is 37° . The inclination at which the robot can freely move in any direction at maximal speed is 7° .



Rys. 3. Test stabilności Fig. 3. Stability test

Some results of the conducted driving moments test are shown in tables below. In Tab.1 average torques driving the wheels while driving on flat terrain are shown.

Time [s]	Wheel 1	Wheel 2	Wheel 3	Wheel 4	Action
2,05-3,5	4,26	4,11	5,02	3,59	Acceleration
3,55-8	0,31	0,36	0,37	0,38	Drive forward
8,05-11,3	13,16	5,08	8,21	9,72	Turn right
11,35-13,9	0,76	0,74	0,72	0,62	Drive forward
13,95-17,3	8,10	10,24	13,19	4,86	Turn left
17,35-21,55	0,33	0,35	0,39	0,26	Drive forward
21,55-22,9	4,67	4,64	3,65	4,57	Deceleration

Tabela 1. Wartości średnie momentów napędowych kół w [Nm] – podłoże płaskie Table 1. Average torque driving the wheels in [Nm] – flat terrain

In Tab.2 average torques driving the steering axes while driving on flat terrain are shown.

Tabela 2. Wartości średnie momentów napędowych osi skrętnych w [Nm] – podłoże płaskie Table 2. Average torque driving the steering axes in [Nm] – flat terrain

Time [s]	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Action
2,05-3,5	0,32	0,88	0,41	0,70	Acceleration
3,55-8	0,19	0,20	0,30	0,16	Drive forward
8,05-11,3	1,40	0,90	2,21	3,12	Turn right
11,35-13,9	0,14	0,20	0,29	0,18	Drive forward
13,95-17,3	2,49	3,49	2,05	0,96	Turn left
17,35-21,55	0,08	0,12	0,22	0,18	Drive forward
21,55-22,9	0,70	0,37	0,55	0,36	Deceleration

In Tab.3 average torques driving the wheels while driving in a straight line on tilted terrain are shown.

Time [s]	Wheel 1	Wheel 2	Wheel 3	Wheel 4	Action
0,3-0,5	19,59	17,48	19,43	16,47	Acceleration
0,55-3,1	6,25	4,38	3,66	2,81	10° Tilt
3,15-5,1	11,74	7,27	8,54	5,91	20° Tilt
5,15-7,6	12,97	8,77	13,72	7,91	30° Tilt
7,65-7,8	18,85	19,55	17,81	17,35	Deceleration
7,85-10	12,29	11,32	13,75	10,21	Braking

Tabela 3. Wartości średnie momentów napędowych kół w [Nm] – podłoże nachylone Table 3. Average torques driving the wheels in [Nm] – tilted terrain

Terrain traverse test concluded that the newly introduced modifications will definitely improve the capability to overcome difficult terrain given our experience with the actual robot. The new chassis should be able to overcome obstacles up to 25 [cm] of height.

4. Summary

The CoppeliaSim software proved to be a very capable tool in the process of designing a mobile robot. It provides a lot of data and helps to catch design faults early. It allows to analyze the behavior of the chassis under dynamic circumstances giving an early idea if the changes to the robot can be considered as improvements. Besides that, the model and scenes from simulations could be used as a platform for developing or improving existing software because CoppeliaSim supports ROS (Robot Operating System[4]).

References

- 1. ERC Team: About ERC. Available online: http://roverchallenge.eu/about-erc/ (accessed on 23 February 2020)
- 2. Russ Smith: Open Dynamics Engine. Available online: http://www.ode.org/ (accessed on 23 February 2020)
- 3. PUC-Rio: Lua. Available online: https://www.lua.org/home.html (accessed on 23 February 2020)
- 4. Willow Garage and Stanford Artificial Intelligence Laboratory: ROS. Available online: https://www.ros.org/ (accessed on 23 February 2020)