

# Robotyka kosmiczna będzie miała zastosowanie nie tylko w kosmosie,

## czyli podsumowanie studenckiego projektu łazika planetarnego Silesian Phoenix

**MICHAŁ FRONĆ,  
PIOTR PRZYSTAŁKA,  
WAWRZYNIEC PANFIL**

Raport Studenckiego  
Koła Naukowego „AI-METH”  
przy Wydziale Mechanicznym  
Technologicznym Politechniki Śląskiej  
w Gliwicach

*Słowa kluczowe:*  
roboty mobilne, łazik planetarny,  
roboty dezynfekcyjne

*Keywords:*  
mobile robots, planetary rover,  
disinfection robots

### Streszczenie

*Ciekawość motywuje do odkrywania, poznawania i badania. Głównie w celu realizacji tych wyzwań buduje się roboty mobilne. Pozwalają one bowiem odkrywać miejsca niedostępne i nieprzyjazne człowiekowi ze względu na potencjalnie niebezpieczne środowisko. Przy rosnącym zainteresowaniu eksploracją kosmosu oczywistym stała się implementacja tego typu robotów do zadań interplanetarnych.*

*Artykuł omawia przegląd prac przeprowadzonych w ramach projektu prototypu łazika planetarnego „Silesian Phoenix” [1], budowanego przez studentów Politechniki Śląskiej. Publikacja porusza problematykę związaną z realizacją złożonego i długofalowego projektu prowadzącego do osiągnięcia rozwiązania innowacyjnego w swojej skali. W artykule opisano kolejne wersje prototypów robotów oraz ich podukłady, takie jak: podwozie, manipulator, urządzenie próbkujące glebę czy układ komunikacji i wizji. Co więcej, zaproponowane przykład implementacji technologii wypracowanych w czasie realizacji projektu w postaci demonstracyjnego robota mobilnego przeznaczonego do zadań dezynfekcyjnych.*

**Abstract**

*Curiosity motivates us to discover, learn and research. Mobile robots are mainly built to meet these challenges. They allow you to discover places that are inaccessible and hostile to humans due to the potentially dangerous environment. With the growing interest in space exploration, it has become obvious to implement this type of robots for interplanetary tasks.*

*The article presents an overview of the work carried out as part of the project of the prototype of the planetary rover "Silesian Phoenix" [1], built by students of the Silesian University of Technology. The publication deals with related issues with the implementation of a complex and long-term project leading to an innovative solution*

*in its scale. The article describes successive versions of robot prototypes and their subsystems, such as: chassis, manipulator, soil sampling device or communication and vision system. Moreover, the proposed example of the implementation of technologies developed during the project implementation in the form of a demonstration mobile robot intended for disinfection tasks.*

**WPROWADZENIE**

Popularyzacja robotyki w świecie spowodowana jest w dużej mierze dzięki rozpoczęciu wykorzystywania tych urządzeń w przemyśle. Ale obecnie ogromny potencjał robotów wykorzystuje się również w innych dziedzinach życia. Choć pierwsze maszyny, które pojawiały się w zakładach pracy pozwalały na tworzenie stacjonarnych linii produkcyjnych, dziś coraz większą popularnością cieszą rozwiązania mobilne, które mogą w jeszcze większym stopniu uniezależnić roboty od człowieka. Przystosowanie robotów, na przykład, do zadań eksploracyjnych pozwala na prowadzenie badań oraz wszelkiej działalności poznawczej również w środowiskach niebezpiecznych lub nieosiągalnych dotąd dla człowieka. Jednym z najniebezpieczniejszych obszarów do eksploracji jest niewątpliwie przestrzeń kosmiczna. Ludzka ciekawość, która kiedyś poddawała wątpliwości tezę, że Ziemia jest w centrum wszechświata, dziś motywuje naukowców do odnalezienia życia na innych planetach. Z drugiej strony, w czasach pandemii wirusa SARS-CoV-2, środowiskiem niebezpiecznym dla człowieka nazwiemy również pomieszczenia użyteczności publicznej i szpitale, ponieważ naraża osoby przebywające w nich na zakażenie. Co istotne, również w takie miejsca można wysłać roboty w celu unieszkodliwienia niebezpiecznego czynnika.

W XXI wieku, gdy eksploracja kosmosu definitywnie przestała być domena politycznego wyścigu kosmicznego dwóch mocarstw, sektor kosmiczny staje się coraz bardziej powszechny. Eksploracja obcych planet wiąże się z rozwiązaniem szeregu problemów, które dzisiaj podejmuje coraz więcej naukowców i ośrodków badawczych z całego świata. Jednym z takich wyzwań jest rozwijanie specjalistycznych pojazdów, które sterowane zdalnie bądź w pełni autonomicznie, będą badać obszar planety oraz zbierać niezbędne informacje bez konieczności narażania ludzkiego życia. Budowa łazików, bo tak nazywane są te roboty mobilne, jest zadaniem niezwykle trudnym, wymagającym wysoce wykwalifikowanego i doświadczonego zespołu inżynierów. W celu edukacji oraz przybliżenia studentom uczelni wyższych tematyki kosmicznej powstały międzynarodowe zawody prototypów łazików marsjańskich. Od 2007 roku corocznie organizowanych jest kilka tego typu wydarzeń na świecie, podczas których roboty zbudowane przez zespoły przyszłych inżynierów mają za zadanie wykonać szereg czynności wzorowanych na rzeczywistej misji łazika planetarnego. Jeden z takich zespołów powstał w ramach Studenckiego Koła Naukowego „AI-METH” na Politechnice Śląskiej w Gliwicach przy Wydziale Mechanicznym Technologicznym. Powstała grupa badawcza nosi

nazwę Silesian Phoenix [1] i od 2018 roku prowadzi badania oraz prace projektowe nad robotami eksploracyjnymi w kontekście udziału w międzynarodowych zawodach European Rover Challenge (ERC) [2].

European Rover Challenge to największe zawody robotyczno-kosmiczne w Europie, organizowane od 2014 roku przez European Space Foundation [3]. Głównym założeniem konkursu jest opracowanie i zbudowanie przez grupy studenckie robota zdolnego do wykonania szeregu zadań określonych w regulaminie, imitujące misję kosmiczną. Wśród zadań wyróżnia się między innymi: autonomiczne pokonywanie wymagającego terenu, pobranie różnego rodzaju próbek powierzchniowych, wykonanie odwiertu w celu pobrania próbki głębokościowej, obsługę panelu elektrycznego wyposażonego w przyciski i przełączniki. Idea zawodów, choć niezwykle ciekawa, nie dąży do wystania takiego robota na Marsa, dlatego istotne jest znalezienie praktycznego zastosowania dla takiego prototypu – na Ziemi.

#### ■ PIERWSZY PROTOTYP

**Phoenix I** to prototyp łazika marsjańskiego, który powstał z myślą udziału w zawodach European Rover Challenge w roku 2018. Podczas budowy Phoenix I użyto podwozia, które pierwotnie było projektowane jako niezależny, wielozadaniowy robot gąsienicowy. Układ zawieszenia był inspirowany bezzałogowym szybkobieżnym czołgiem Ripsaw, firmy Howe and Howe Technologies [4] oraz prototypem robota z zawieszeniem niezależnym, opartym na konstrukcji I-Robot, opracowanym przez amerykańską agencję rządową "DARPA" [5]. Za napęd MTR odpowiadają dwie przekładnie łańcuchowe (po jed-



Rysunek 1. Wizualizacja prototypu Phoenix I

nej i po drugiej stronie robota) przenoszące moment z dwóch silników DC o mocy 450W każdy, na gąsienice. Maksymalnie rozwijana prędkość sięga 8 km/h, co wraz z niezależnym zawieszeniem oraz prześwitem wynoszącym 90mm pozwala pokonywać trudne i wymagające przeszkody terenowe. Rozbudowa konstrukcji o dodatkowe podukładki skutkowało dodatkowym obciążeniem, co wymagało przystosowania podwozia do nowej dynamiki całej platformy. Modyfikacji poddany został układ napędowy, w którym wał przekładni musiał poradzić sobie z większym zmęczeniem materiału oraz zawieszenie, które wymagało większej sztywności.



Rysunek 2. Prototyp Phoenix I

W projekcie manipulatora każdy element układu mechanicznego został dobrany z wykorzystaniem analizy MES [6], przy użyciu programu Inventor firmy Autodesk [7]. Do wytworzenia manipulatora w większości zostały wykorzystane elementy gotowe, jednak do części jednostkowych skorzystano z obróbki skrawaniem oraz druku 3D. Manipulator o pięciu stopniach swobody został zaprojektowany tak, aby z pomocą chwytaka była możliwość manipulowania przedmiotami i obsługa panelu zawierającego przełączniki dźwigniowe i obrotowe. Przestrzeń robocza manipulatora daje możliwość ruchów rotacyjnych oraz translacyjnych na wysokość do 1.5m nad ziemią. Maksymalny udźwig robota manipulacyjnego wynosi 2kg. Za połączenia obrotowe robota manipulacyjnego odpowiadały produkty z serii Iglus Iglider® [8] w postaci wieńców obrotowych (pierwsza i piąta oś) oraz łożyska ślizgowe (trzecia i czwarta oś). Natomiast za napęd służyły silniki DC wraz z przekładniami, motorreduktor (w przypadku osi drugiej) oraz elektryczny siłownik liniowy napędzający oś trzecią. Sterowanie odbywa się z wykorzystaniem kinematyki prostej.

Układ zasilania całej platformy został oparty o 22,2V akumulator Litowo-Polimerowy, o pojemności 26000mAh. Dodatkowo w łaziku została zastosowana przetwornica dużej mocy, umożliwiająca zasilanie silników. Ze strony łazika do układu manipulatora prowadzone były wiązki o wartości: 12V oraz 22V, które po odpowiednim obniżeniu napięcia za sprawą przetwornic było wykorzystywane do zasilania silników i elektroniki.

Na łaziku zamontowano również próbnik rdzeniu-jący glebę dla pobrania próbki z głębokości 15-35cm spod powierzchni. Urządzenie jest osobnym modułem, dlatego, gdy nie jest potrzebne, bez problemu istnieje możliwość demontażu. Sposób pobierania próbek został oparty o świder do gleby. Dzięki zastosowaniu specjalnego pojemnika, który okala wiertło, pobierana próbka pozostaje w nienaruszonym stanie, co pozwala na wstępną analizę poszczególnych warstw gleby. Za napęd wiertła odpowiada zmodyfikowany silnik wkrętarki wraz z uchwytem trójszczekowym.

Oprogramowanie komputera pokładowego Phoenix I zostało oparte o komputer jednopłytkowy Raspberry Pi [9], a do sterowania elementami wykonawczymi oraz zbierania danych z czujników użyte zostaną płytki developerskie Nucleo oparte o mikrokontroler z rodziny STM32 [10] oraz Arduino, z mikrokontrolerem Atmel AVR [11]. Do opracowania systemu sterowania zastosowano środowisko ROS [12], co pozwoliło na wykorzystanie wielu gotowych pakietów i skoncentrowanie uwagi zespołu na prototypowaniu nowych bibliotek, które początkowo nie były dostępne w tym środowisku. Wszystkie programy zostały napisane w języku Python [13] oraz C++ [14]. Komunikacja operatora z łazikiem odbywa się na drodze radiowej z wykorzystaniem pasm amatorskich, których parametry sygnału komunikacji nie naruszają polskiego prawa. Operator posiada widok z kamer umieszczonych w strategicznych miejscach robota, aby umożliwić niezawodną obserwację pracy wszystkich podukładów platformy. Kamery IP zamontowano na maszcie anteny oraz kiści chwytaka.

## ■ DRUGI PROTOTYP

Projekt drugiego prototypu, o nazwie **Phoenix II**, zakładał wykorzystanie zawieszenia wzorującego się na podwoziu typu rocker-bogie [15] – typowe dla tego rodzaju zadań. Układ jezdny o nieco zwiększonych gabarytach miał lepiej radzić sobie z pokonywaniem przeszkód terenowych, co równocześnie miało wpłynąć pozytywnie na właściwości jezdne. Na robocie zamontowano nowe urządzenie do pobierania próbek głębokościowych. Nowe rozwiązanie bazowało na otwornicy ze specjalnie zaprojektowanymi ostrzami, na które zgłoszony został wniosek w urzędzie patentowym [16].



Rysunek 3. Wizualizacja Phoenix II

Opracowane zostało również zupełnie nowe ramie robotyczne, charakteryzujące się wykorzystaniem autorskich przekładni cykloidalnych wykonanych w technologii druku 3D. Pozwoliło to na ograniczenie masy tego układu przy zachowaniu małych luzów oraz właściwości manipulacyjnych z poprzedniego prototypu. Ponadto, więcej uwagi przyłożono również do samego chwytaka, będącego ostatnim członem manipulatora. W tym przypadku, urządzenie chwytne jest bardziej uniwersalne poprzez możliwość wymiany końcówek chwytanych oraz pozwala na udźwig większych elementów.



Rysunek 4. Prototyp Phoenix II

System sterowania podwoziem oparty został o na przemysłowym sterowniku PLC. Tego typu zabieg miał zagwarantować niezawodność układu jezdnego, niezależnie od reszty układów robota.

### ■ PHOENIX III

Trzecia wersja robota jest w trakcie etapu projektowania. Wśród głównych założeń wymienia się m.in. zmianę zawieszenia na podwozie wyposażone w cztery niezależnie napędzane koła z osiami skrętnymi. Poprawkom ulegnie również korpus samego łoża. Ma to pomóc zredukować masę całego robota oraz zwiększyć manewrowość samego układu jezdnego. Projekt robota zakłada również, że dużo



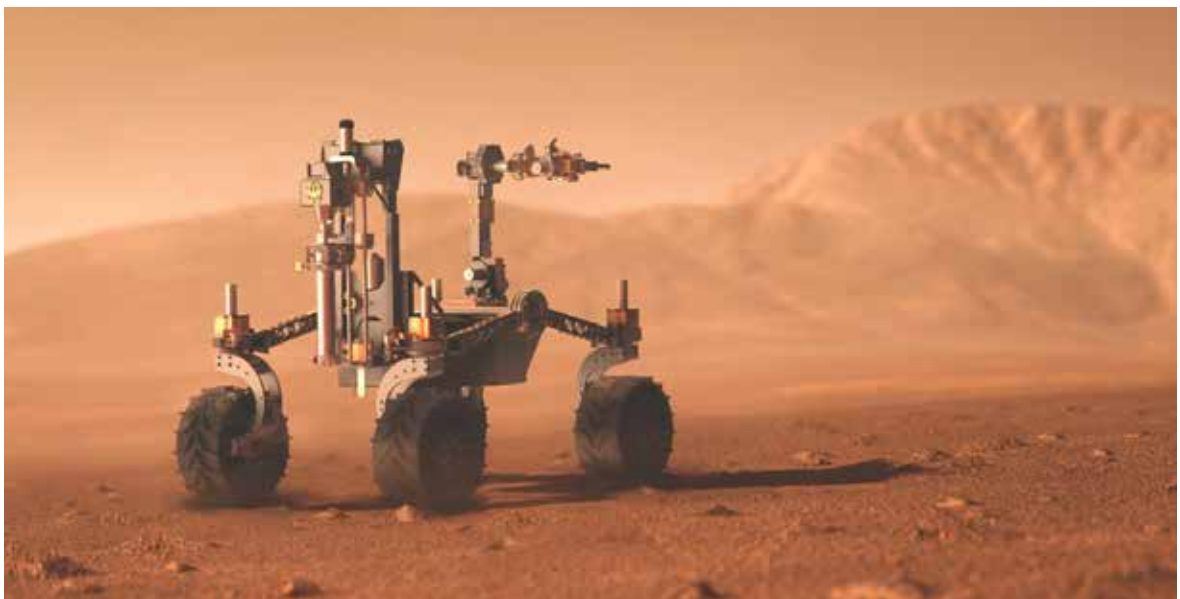
Rysunek 5. Wizualizacja prototypu Phoenix III

więcej uwagi zostanie przyłożone do niezależności poszczególnych układów tak, aby była możliwość sprawniej i szybkiej zmiany konfiguracji robota. Ta wersja robota ma być rozwinięciem poprzedniej, dlatego w ten sposób poszczególne układy robota (jak manipulator/chwytnak) po drobnych korektach będą kompatybilne w pewnym zakresie z poprzednimi wersjami prototypów.

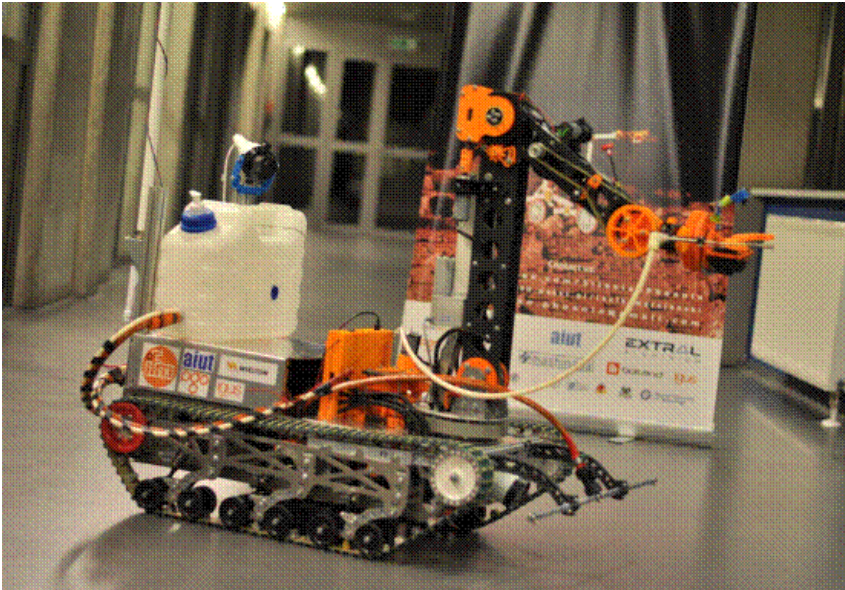
### ■ MOBILNY ROBOT DO DEZYNFEKЦИИ

W 2020 roku, w czasie pandemii koronawirusa SARS-CoV-2 dość dużą uwagę poświęcano pomysłowi wykorzystania nowych technologii w zwalczaniu jej skutków. Przykładem może tu być zastosowanie robotów mobilnych w wyręczeniu ludzi przy dezynfekcji obszarów, gdzie występuje wysokie ryzyko zakażeniem. Istnieją przesłanki ku temu, że epidemie (lub/i pandemii), stanowiąc będą zagrożenie cykliczne.

W ramach działalności zespołu-projektu Silesian Phoenix opracowany został demonstrator robota mobilnego umożliwiającego neutralizację i zwalczanie wirusów lub różnego rodzaju czynników potencjalnie niebezpiecznych dla człowieka. Konstrukcja w dużej mierze oparta na prototypie Phoenix I. Jednakże przeprojektowany został m.in. system komunikacji i sterowania [17] oraz zaprojektowany został układ do dozowania środka dezynfekującego. W wyniku przeprowadzonych prac powstał robot, który pod kontrolą operatora jest w stanie zdezynfekować wybrane miejsce w przestrzeni z wykorzystaniem specjalistycznego środka chemicznego, tak aby zniwelować ryzyko rozpowszechniania się wirusa. Przykładowy scenariusz zakłada, że po uprzednim transporcie (np. z pomocą samochodu dostawczego),



Rysunek 6. Wizualizacja prototypu Phoenix III wraz z powierzchnią Marsa



Rysunek 7. Robot dezynfekujący

robot zjedzie po rampie i uda się w kierunku miejsca skażenia, aby dokonać jego dezynfekcji. Podczas całej operacji operator znajduje się w centrum dowodzenia (np. kabina samochodu), gdzie zdalnie steruje robotem bez narażenia się na zakażenie. Czynności dezynfekujące mogą być przeprowadzane na dwa sposoby. Pierwszy z nich zakłada wykorzystanie czterech dysz umieszczonych na przedniej części korpusu łoża, pozwalających za pomocą mgiełki na odkażenie pasma powierzchni płaskiej o szerokości ok. 1 metra podczas jazdy robota. Natomiast drugi wykorzystuje oddzielną dyszę kierunkową, umieszczoną na ramieniu robotycznym. Takie rozwiązanie pozwala na odkażenie pojedynczych obiektów, takich jak klamki czy innego rodzaju małe powierzchniowych przedmiotów.

## ■ PODSUMOWANIE

Ważnym elementem projektu jest ciągły rozwój skonstruowanych platform mobilnych, a także kontynuacja badań poświęconych robotyce mobilnej, ponieważ robotyka coraz częściej rozwiązuje problemy natury nie tylko technicznej. Przytoczony przykład wykorzystania prototypu łoża planetarnego jako robota dezynfekującego pokazuje potencjał tego typu konstrukcji nie tylko w kontekście zadań eksploracyjnych. Szybka adaptacja robota do nowego środowiska pracy pozwoliła odpowiedzieć na realną potrzebę, co tylko umacnia w przekonaniu, że realizacja takich projektów ma sens, ponieważ obecny postęp techniki pozwala mówić już nie tylko o futurystycznych wizjach, ale o celach, których realizację należy po prostu dobrze zaplanować.

## ■ BIBLIOGRAFIA

Załączniki (dostęp z dn. 30.03.2022):

- [1] Strona internetowa projektu Silesian Phoenix: <https://sknaimeth.polsl.pl/silesian-phoenix/>
- [2] Strona internetowa konkursu: <https://roverchallenge.eu>
- [3] Strona internetowa Fundacji: <https://spacefdn.com>
- [4] G. S. Hove, M. D. Hove, „Fast tracked ground vehicle”. USA Patent US20100236844 A1, 2010.
- [5] „darpa.mil,” Defense Advanced Research Projects Agency, 2012. Strona internetowa agencji: <https://www.darpa.mil/program/maximum-mobility-and-manipulation>.
- [6] Rakowski G., Kacprzyk Z.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
- [7] Strona internetowa oprogramowania Autodesk Inventor: <https://www.autodesk.pl/products/inventor/overview>
- [8] Strona internetowa i katalog produktów Iigus Iglider®: <https://www.igus.pl/iglider/>
- [9] Strona internetowa producenta Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.com>
- [10] Strona internetowa firmy ST: <https://www.st.com>
- [11] Strona internetowa projektu Arduino: <https://www.arduino.cc>
- [12] Strona internetowa Robotic Operating System: <https://www.ros.org>
- [13] Strona internetowa z dokumentacją języka Python <https://pl.python.org/docs/>
- [14] Strona internetowa z dokumentacją języka C++ <https://isocpp.org>
- [15] Rocker-bogie: D. Bickler, US Patent Number 4,840,394—Articulated Suspension Systems, US Patent Office, Washington, D.C., 1989.
- [16] K. Sterna, T. Waleczek, D. Wachła, W. Panfil, P. Przystałka: "Układ pobierania i magazynowania powierzchniowych próbek gruntu z zachowaniem warstwowości, zwłaszcza do robota eksploracyjnego oraz sposób jego realizacji"- nr zgłoszenia w UPRP P.431157, dn. 16.09.2019.
- [17] P. Olszówka, P. Przystałka: „Układ komunikacji i system wizyjny mobilnego robota dezynfekującego”, Metody komputerowe - 2021 : Studencka konferencja naukowa, Gliwice, wrzesień 2021, 2021, Politechnika Śląska, 148 p., ISBN 978-83-951185-2-4