

dr hab. inż. Mariusz Giergiel, prof. AGH  
Akademia Górniczo - Hutnicza  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki  
Katedra Robotyki i Mechatroniki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 06.05.2022

## **Recenzja**

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Wiesława Szaja

pt. „Mechatroniczny system prowadzenia pojazdu dla osób z niepełnosprawnością”

**dyscyplina naukowa:** inżynieria mechaniczna

### **1. Podstawa opracowania**

Podstawą opracowania recenzji była Uchwała RD IMech nr 07/02/2022 Rady Dyscypliny Inżynieria Mechatroniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 23 lutego 2022, o czym poinformował przewodniczący Rady Dyscypliny dr hab. inż. Andrzej Burghardt, prof. PRz w piśmie RM-530-12-03/19/2022 z dnia 23 lutego 2023. Do pisma dołączono wydrukowany egzemplarz rozprawy mgr inż. Wiesława Szaja pt. „Mechatroniczny system prowadzenia pojazdu dla osób z niepełnosprawnością”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Sławomir Miechowicz, prof. PRz, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Jacek Pieniążek, prof. PRz.

### **2. Wybór tematu, cel i zakres pracy**

Zapewnienie mobilności osób z niepełnosprawnością ruchową wymaga stosowania rozwiązań technicznych ułatwiających przemieszczanie się. Różnorodne ograniczenia wynikające ze schorzeń powodujących niepełnosprawność niejednokrotnie ograniczają możliwość korzystania przez takie osoby z wózków elektrycznych, jako że ich obsługa wymaga koncentracji, orientacji przestrzennej oraz umiejętności przewidywania. Bardzo

istotnym aspektem jest bezpieczeństwo użytkownika oraz otoczenia, ponieważ kolizje z udziałem elektrycznych wózków inwalidzkich mogą być groźne w skutkach. Stan taki dla części osób z niepełnosprawnością ruchową istotnie ogranicza ich mobilność i niezależność, a te są istotnymi czynnikami określającymi jakość życia. Ponadto konieczność pokonywania barier architektonicznych i komunikacyjnych i związana z tym potrzeba kierowania wózkiem w ciągach komunikacyjnych o ograniczonej przestrzeni może być dla niektórych osób czynnością bardzo trudną. Dlatego opracowanie rozwiązań technicznych wspomagających kierowanie wózkiem elektrycznym może znacząco wpływać na poprawienie jakości życia osób z niepełnosprawnością jak i ich opiekunów. Praktycznie brak jest aktualnie komercyjnie dostępnych rozwiązań tych problemów, a zatem problem jest istotny i wysoce aktualny, a podjęcie tej tematyki przez doktoranta jest uzasadnione i na czasie.

Jako **cel pracy** postawiono opracowanie mechatronicznego systemu ułatwiającego osobom z niepełnosprawnością poruszanie się na wózku elektrycznym. Cel ten sformułowano bardzo ogólnie i dlatego zapewne dodano jako uzupełnienie, że dla jego realizacji konieczne było opracowanie metodyki odwzorowania otoczenia za pomocą systemu sensorycznego wózka oraz opracowanie układu wspomaga sterowania w stanach zagrożenia. Nie sformułowano tezy pracy.

Recenzowana praca doktorska liczy 145 stron. Składa się z dziesięciu ponumerowanych rozdziałów oraz obejmującego 17 nieponumerowanych stron spisu literatury.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym zaprezentowano zasadnicze zagadnienia stanowiące tło dla późniejszych rozważań. W rozdziale drugim przedstawiono cel i zakres pracy. Rozdział trzeci zawiera przegląd literaturowy, analizę stanu wiedzy oraz przegląd technologii i znanych zbliżonych rozwiązań, a także uwarunkowań społecznych związanych z podjętą problematyką. W rozdziale czwartym przedstawione zostały założenia koncepcji mechatronicznego systemu prowadzenia pojazdu dla osób z niepełnosprawnością, będącego przedmiotem rozprawy. Rozdział piąty zawiera opis opracowanego systemu sensorycznego wraz z wynikami badań. W rozdziale szóstym zaprezentowano opracowaną metodę detekcji ryzyka kolizji z obiektami otoczenia wózka oraz system ostrzegania użytkownika i zatrzymania awaryjnego. Rozdział siódmy zawiera opis systemów do prowadzenia badań symulacyjnych i eksperymentalnych dla opracowanych rozwiązań. W rozdziale ósmym

zaprezentowano metodykę badań eksperymentalnych wraz z omówieniem ich wyników. Rozdział dziewiąty zawiera podsumowanie. W rozdziale dziesiątym przedstawiono wnioski końcowe, możliwości wykorzystania uzyskanych wyników oraz wskazano kierunki dalszych badań.

Spis literatury liczy 140 pozycji, warto zaznaczyć, że obejmuje głównie pozycje nowe, opublikowane w ostatnich latach. Na liczbę tę składa się 129 wydawnictw klasycznych oraz 11 odwołań do stron internetowych.

Praca napisana jest kompetentnie i rzeczowo, problem jest najpierw sformułowany, następnie poddany dyskusji i wreszcie podsumowany wraz z prezentacją jasno podanych wniosków tam, gdzie to niezbędne. Nie budzi przy tym wątpliwości kolejność prezentacji poszczególnych zagadnień, zarówno tytuł jak i podział na rozdziały dobrane zostały właściwie. Tekst jest poprawny pod względem językowym, materiał ilustracyjny adekwatny, stosowana w pracy terminologia jest prawidłowa. Warto zaznaczyć wysoki potencjał aplikacyjny wynikający z uzyskanych efektów rozprawy.

**Nowatorstwa i oryginalności** pracy można upatrywać w:

- Opracowaniu i wykonaniu autorskiego rozwiązania mechanizmu obrotowego skanera 2D umożliwiające pomiary w zakresie poziomym i pionowym.
- Opracowanej metodzie detekcji kolizji pozwalającej na poszerzenie zakresu detekcji zagrożeń o przestrzeń aktualnie znajdującą się poza zasięgiem dekoderek, jeżeli była ona wcześniej skanowana.
- Opracowaniu metody lokalizacji opartej o rozszerzony filtr Kalmana, odometrię i metodę dopasowania skanów.
- Opracowaniu systemu interakcji człowiek – urządzenie bazującego na wykorzystaniu bodźców czuciowych.

Warty podkreślenia jest fakt, że rozwiązania konstrukcyjne opracowane w ramach niniejszej prac są przedmiotem dwóch zgłoszeń patentowych.

### 3. Poprawność metodyki badań i analiza wyników

W pracy przedstawiono wyniki zarówno badań analitycznych, symulacyjnych jak i eksperymentalnych. Udowodniono słuszność zaproponowanego podejścia oraz co ważne jego praktyczną użyteczność. Zastosowana metodyka badań jest prawidłowa, analiza wyników badań przeprowadzona została w sposób właściwy co świadczy o wysokim zasobie wiedzy, inwencji, pracowitości i rzetelności naukowej autora.

Należy szczególnie podkreślić widoczny duży nakład pracy autora przy wykonywaniu rozprawy i dobre ujęcie problematyki zawierającej badania teoretyczne, symulacyjne oraz badania doświadczalne. Takie kompleksowe rozwiązanie jest niewątpliwie dużym osiągnięciem i zasługuje na uznanie.

### 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Uwagi jakie nasuwają się po lekturze pracy są dwojakiego rodzaju. Po pierwsze są to **uwagi ogólne i redakcyjne**:

- Pomimo, że rozprawa jest dość starannie przygotowana to zawiera jednak nieco usterek redakcyjnych i edytorskich, których wymienienie w tym miejscu nie wydaje się celowe, zwłaszcza że na ogół nie utrudniają one lektury i nie umniejszają merytorycznej wartości pracy.
- Szkoda, że w rozprawie nie umieszczono spisu ważniejszych i skrótów. Taki kompletny spis, aczkolwiek nie jest konieczny, niewątpliwie ułatwiłby studiowanie pracy.

W sensie merytorycznym natomiast pojawiają się raczej **uwagi dyskusyjne** niż krytyczne:

- Czy wobec coraz powszechniej dostępnych i coraz tańszych skanerów LiDAR 3D właściwy jest wybór skanera LiDAR 2D i budowanie dla niego mechanizmu obrotowego?
- Jakie były argumenty przemawiające za wyborem skanera laserowego RPLidar a nie innego konkurencyjnego rozwiązania spośród dostępnych skanerów LiDAR 2D. Podane w pracy uzasadnienie wyboru w istocie jest jedynie zestawieniem jego parametrów.

- Bez przytoczenia merytorycznego uzasadnienia trudno zgodzić się ze stwierdzeniem, że częstotliwość próbkowania skanera LiDAR wynosząca 4 kHz jest optymalna. Nawet jeżeli nie chodziło tutaj o optymalność w sensie matematycznym to nadal brak jest uzasadnienia dlaczego jest to wybór najlepszy z możliwych, czyli że decyzja jest zarówno dopuszczalna jak i najlepsza w świetle przyjętych kryteriów oceny.
- Dla jakiej grupy pacjentów jest dedykowane stworzone rozwiązanie oraz czy i kiedy jest niewskazane?
- Czy można mówić o osiągnięciu dla użytkownika subiektywnego odczucia komfortu oraz czy zaproponowane rozwiązanie sterowania wózkiem przez użytkownika oraz sam kontroler wózka spełniają wymagania ergonomiczne?

## **5. Ocena dorobku publikacyjnego**

Dorobek publikacyjny Doktoranta obejmuje siedem pozycji wskazywanych na portalu ResearchGate. Pan Wiesław brał czynny udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych, a jego dorobek obejmuje także artykuły w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych przez JCR i reprezentatywnych dla dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, a ponadto dwa zgłoszenia patentowe. Stwierdzam, że dorobek Doktoranta spełnia wymagania ustawy wymagane przy składaniu rozprawy doktorskiej.

## **6. Podsumowanie**

Omawiana rozprawa zawiera wartościowe wyniki badań i świadczy ona o tym, że Autor potrafi postawić zagadnienie i rozwiązać je na drodze teoretycznej oraz zweryfikować doświadczalnie, a wyniki badań przeanalizować i wyciągnąć poprawne wnioski. Jego wywody są jasne a wyniki rozprawy mogą być użyteczne zarówno z praktycznego, jak i naukowego, technicznego punktu widzenia.

Opiniowana rozprawa doktorska jest udaną próbą połączenia badań analitycznych oraz symulacyjnych i eksperymentalnych, cel pracy został osiągnięty czego dowodem są wyniki przeprowadzonych badań opracowanych prototypowych systemów.

Przedstawione w pracy wyniki doboru technologii, wyniki symulacji numerycznych oraz ich weryfikacja metodami badań eksperymentalnych wykonanych na obiekcie rzeczywistym

dowodzą, że postawione zadanie zostało w pełni zrealizowane. W trakcie realizacji pracy Doktorant wykazał się umiejętnością rozwiązywania problemów naukowych, planowania eksperymentu i jego przeprowadzenia a także, co jest bardzo istotne, zdolnością wnikliwej analizy otrzymanych wyników

Reasumując, Pan mgr inż. Wiesław Szaj zrealizował sformułowany cel rozprawy. Wykazał się wiedzą i umiejętnością samodzielnego rozwiązywania nowych, trudnych problemów technicznych wnosząc tym samym istotny wkład w rozwój nauki i reprezentowanej dyscypliny inżynieria mechaniczna. Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska pt. „Mechatroniczny system prowadzenia pojazdu dla osób z niepełnosprawnością” spełnia wymagania ustawowe, określone w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, (Dz. U. 30.08.2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) oraz wnioskuję o jej przyjęcie, a także dopuszczenie do publicznej obrony.

