

Dr hab. inż. Stanisław Zawislak, Prof. UBB

Bielsko-Biała, 05.11.2024r.

Katedra Informatyki i Automatyki

Wydział Budowy Maszyn i Informatyki

Uniwersytet Bielsko-Bialski

ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała

szawislak@ubb.edu.pl

Tel.: 33 82 79 264 (Sekretariat)

OPINIA

o rozprawie doktorskiej

Autor: mgr inż. Mateusz Fiedeń

**Tytuł: Metoda syntezy mobilnego robota do zadań inspekcyjnych
z uwzględnieniem systemów wizyjnych**

A. Uwagi ogólne o rozprawie i zakresie prac

Omawiana rozprawa doktorska została wydane w postaci publikacji Politechniki Wrocławskiej o objętości 154 stron formatu A4, w języku polskim, a zatem w klasyczny sposób, zgodnie z właściwą Ustawą¹.

Zawiera 11 rozdziałów. Na początku zamieszczono jednostronicowe streszczenia w języku polskim i angielskim. Następnie mamy: Spis treści oraz Spis najważniejszych oznaczeń. Rozdział końcowy, numer 11 – to Bibliografia. W publikacji zamieszczono 189 rysunków oraz 20 tabel numerowanych według rozdziałów. Typy rysunków to zdjęcia, schematy np. blokowe i kinematyczne, a także wykresy różnych zależności, przedstawianych zawsze na siatce (w tle) oraz w kolorach co ułatwia ich analizę i zrozumienie. Generalnie rysunki i tabele stanowią adekwatną skondensowaną ilustrację omawianych treści. Pod wybranymi zdjęciami podano źródła ich pochodzenia, pozostałe rysunki i tabele są opracowane przez Autora rozprawy.

W rozdziale Bibliografia zestawiono 107 tzw. publikacji zwartych (papierowych) oraz 48 adresów do stron internetowych (oddzielnie numerowanych, z datami dostępu), a zatem łącznie podano ponad 150 pozycji bibliograficznych.

¹ Będzie podana na końcu niniejszej opinii.

W rozdziale pierwszym pt. Wstęp - omówiono obszary zastosowań robotów mobilnych, zamieszczając wiele zdjęć tychże robotów. Omówiono też, w podrozdziale, pojazdy omnikierunkowe i podział ich napędów. Omówiono zasady poruszania się na kołach i gąsienicach, a także różne rodzaje kół. Ostatni Podrozdział (1.6) Rozdziału 1 to „Cel badań i zakres pracy”. Rozdział 2 to: „Budowa pojazdów omnigąsienicowych”. Rozdział ten kończy się kilkoma uwagami co do zakresu rozprawy, gdyż badania ruchu tychże pojazdów nie zostały opisane/badane (w dostępnej dla Doktoranta) literaturze.

Zatem Promotor dr hab. inż. Jacek Bałchanowski oraz Promotor Pomocniczy dr hab. inż. Jarosław Szrek (profesorowie Uczelni) postawili przed Doktorantem zadanie opracowania, wykonania i zbadania robota mobilnego, autonomicznego, omnikierunkowego z niezbyt szeroko znanym i badanym typem gąsienic tj. z dodatkowymi rolkami typu Mecanum.

W podsumowaniu rozdziału drugiego przedstawiono 'Model koncepcyjny wstępnego demonstratora projektowanego pojazdu OMP2024_1' (Rys. 2.9). Rozdział 3 zatytułowano Metoda analizy kinematycznej układu jazdy pojazdu omnigąsienicowego. W tym miejscu Rozprawy analizowano teoretycznie pojazd omnigąsienicowy o gąsienicach tzw. całkowicie zachodzących, posłużono się modelem bryłowym oraz schematem dwuwymiarowym – widokiem z dołu, przedstawiającym oczywiście gąsienice. Analizy przeprowadzono m.in. dla różnych par kątów położenia rolek np. (45°, 135°) czy (30°, 150°), a także dla różnych wartości wymuszeń kinematycznych. Podrozdział 3.2 to: Badania symulacyjne pojazdu omnigąsienicowego; przy czym stosowano model bryłowy. Rozdziały 4 i 5 to odpowiednio: Budowa robota OMP2024_1 oraz jego badania. Rozdziały 7 i 8 to odpowiednio: Budowa robota OMP2024_2 i jego badania. W rozdziale 6 badano opory ruchu rolki tocznej. Omówiono np. stanowisko do badań oporów ruchu rolki tocznej oraz dość szeroko wyniki badań. Do badań wybrano cztery rodzaje rolek, oznaczone umownie A, B, C oraz D. Rolki A, B, C miały całą powierzchnię toczną walcową lub jej znaczną część, a jako rolki typu D rozpatrzono rolki baryłkowe znane z literatury jako rolki Mecanum, a ściśle stosowane w klasycznym (wręcz komercyjnym już) kole Mecanum.

W Rozprawie rozważa się jednak gąsienice z rolkami Mecanum, co nie jest szeroko opisane w literaturze. Rozdziały 6 oraz 8 kończą się podrozdziałami zawierającymi wnioski z przeprowadzonych badań własnych tychże prototypowych robotów.

W rozdziale 9 opisano system wizyjny robota OMP2024_2. W tym wykrywanie przeszkód i ludzi. Analizowano działanie 3 lidarów. Omówiono serię eksperymentów przeprowadzanych w różnych warunkach tj. w pomieszczeniach i na placach, na różnych rodzajach nawierzchni m.in. kostka brukowa, podłoże piaszczyste czy płytki podłogowe.

Zatem tekst Rozprawy jest właściwie podzielony na rozdziały, w rozdziałach szczegółowo opisane czynności Doktoranta w każdym z aspektów pracy nad zaplanowanymi badaniami oraz działaniami. Wyniki badań opisano i przedstawiono syntetycznie na wykresach, rysunkach oraz w tabelach.

B. Wybór tematu Rozprawy oraz zakres Rozprawy

Jak stwierdził Autor we Wstępie do Rozprawy oraz co jest powszechnie znane: robotyka jest dziedziną podlegającą obecnie dynamicznemu rozwojowi, a na całym świecie opracowuje się ciągle nowe typy robotów. Przeszukiwarka naukowa ScholarGoogle dnia 28.10.2024r zestawiała 4 690 000 prac na hasło „robots”, na hasło „omnidirectional mobile robot” 57 900 pozycji, a na hasło „omnidirectional crawler” już mniej, bo 7 050 publikacji, ale gdy zacznie się scrollować rezultat ostatnich przeszukiwań okazuje się, że hasła nie ma już w tytułach prac po około 10-15(!) pozycjach, słowo ‘crawler’ zamieniane jest w zestawieniu na ‘vehicle’ czyli pojazd i wtedy nie bywa on gąsienicowy.

Natomiast na hasło „omni crawler robot, Mecanum rolls” przeszukiwarka zestawia 9 prac (28.10.2024r.) - zatem pomysł na połączenie napędu gąsienicowego z rolkami Mecanum jest oryginalny, a w pracach nie ma całościowego opisu konstrukcji i badań takich robotów – **warto było podjąć zadanie** zbadania takich pojazdów po ich zbudowaniu, a wcześniej po koncyptowaniu rozwiązań konstrukcyjnych.

Autor Rozprawy podaje iż pierwsze przeglądowe prace na temat omnikierunkowych pojazdów gąsienicowych pojawiły się dopiero po 2000 roku, dodatkowo w rozprawie chodzi o robota czyli pojazd bezzałogowy (ang. unmanned, autonomiczny) z własnym systemem wizyjnym. Pojazd ma omijać przeszkody, zatem musi mieć system analizy dotychczasowego ruchu oraz podejmowania decyzji o zmianie kierunku poruszania się.

Zatem podjęcie tematu rozważania i budowy mobilnego robota wyposażonego w system wizyjny należy uznać za w pełni uzasadniony, a dodatkowo po rozważaniach zawartych we Wstępie, Autor zawęży tematykę swojej Rozprawy do pojazdów, robotów omnikierunkowych co jest szczególnie warte dalszych badań naukowych, bo temat jest relatywnie nowy na świecie, a zastosowania są rozległe – jak opisano we wstępie m.in. transport wewnątrzzakładowy, wojskowe, ratunkowe i inne oraz np. (co pominięto w zestawieniu literatury) - inspekcja wewnątrz rurociągów².

Zakres Rozprawy jest także właściwy. Po analizie zaplanowano, zaprojektowano i wykonano dwa roboty omnikierunkowe, gąsienicowe. Analizy teoretyczne przeprowadzono na modelach m.in. bryłowym. Po wykonaniu dwóch prototypów nazywanych OMP2024 wersja 1 oraz 2; przeprowadzono ich badania laboratoryjne oraz terenowe m.in. trajektorii ruchu, oporów ruchu na różnych nawierzchniach. Opracowano i testowano również system wizyjny zintegrowany z systemem sterowania ruchem. Pojazdy rozpoznawały przeszkody typu ludzie, donice z kwiatami, tzw. pacholki drogowe, ścianki z dykty ustawione, aby stworzyć tor

² SINGH, Akash, et al. COCrIP: Compliant OmniCrawler in-pipeline robot. In: *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. IEEE, 2017. p. 5587-5593.

przeszkód, a testowane pojazdy uniknęły zderzenia, ominąwszy przeszkodę poruszały się dalej – pokazano to na serii zdjęć – sekwencji położeń robota. Zadanie wykonał z sukcesem.

Zatem tematyka jak i zakres rozprawy są poprawnie wybrane, problematyka pojazdów gąsienicowych omnikierunkowych (z rolkami) na razie nie jest powszechnie znana. Z szerokiego i aktualnego przeglądu literatury wynika iż wiele kwestii nie było szeroko omawianych ani zbadanych, w tym - na przykład - pewne odchylenia pojazdu od wytyczonej/planowanej trajektorii ruchu.

C. Uwagi krytyczne/dyskusyjne

C1. Co do układu treści Rozprawy

Zwykle, tradycyjnie cel i zakres pracy stanowią oddzielny rozdział rozpraw doktorskich. Tutaj mamy te treści podane w podrozdziale 1.6, a potem na zakończenie Rozdziału 2, który nie ma podrozdziałów. Oczywiście jeśli się przeczyta całą pracę uważnie to nie stanowi to problemu. Mimo wszystko można było w rozdziale 1.6 dać/zamieścić tylko krótki zarys planu czynności/działań, a dodać rozdział 3 z klarownym tytułem (i treścią) „Cel i zakres pracy”, przenosząc treść 1.6 i łącząc z końcowym fragmentem Rozdziału 2. Taki układ można polecić przy dalszych publikacjach konferencyjnych lub w czasopiśmie.

C2. Co do tytułu Pracy

Wydaje się, że tytuł pracy mógł być trochę inny. Oczywiście, generalnie jest poprawny.

Jednakże pojęcie „mobilnego robota” jest bardzo ogólne – jak sam Autor wykazuje poprzez zestawienia literaturowe w rozdziale pierwszym. W końcu okazuje się iż Autor rozważał roboty omnikierunkowe, dodanie tego słowa w tytule wydłużyłoby go. Recenzent znał profesorów, którzy uważali iż tytuł musi być możliwie zwięzły, ale odpowiadający treści. Warto rozważyć użycie pojęcia „roboty omnikierunkowe gąsienicowe” w tytułach kolejnych publikacji.

Użycie słowa „synteza” również jest dyskusyjne. W Wikipedii mamy definicje:

Nr 1: „Analiza i synteza mechanizmów³ zwykle są etapami procesu projektowania mechanizmu. Rozpoczyna go synteza, a następnie stosując techniki analizy sprowadza się funkcjonalność mechanizmu i w razie konieczności powraca do procesu syntezy w celu wykonania koniecznych zmian i tak aż do uzyskania zadowalającej konstrukcji”.

³ Teoria mechanizmów i maszyn – Wikipedia, wolna encyklopedia; hasło „TMM”.

Nr 2: <<Synteza⁴ (z gr. σύνθεσις *synthesis*, „zgoda”, od συντιθέναι *syntithenai*, „składać”, od συν- *syn-* i τιθέναι *tithenai*, „umieścić, położyć”) – termin oznaczający tworzenie bardziej złożonego dzieła z prostszych elementów; może mieć charakter materialny (np. w chemii; dodajmy w inżynierii mechanicznej), jak i abstrakcyjny (w literaturze). Przeciwnością syntezy jest analiza (lub rozkład, rozpad)>>.

Na hasło „synteza robota” ScholarGoogle podaje ponad 3 tys. wyników, ale zwykle są to związki wyrazowe, frazy – np.: synteza ruchu⁵, synteza chodu⁶, synteza trajektorii⁷, synteza geometryczna mechanizmu⁸ (w tym przypadku publikacja Promotora Pomocniczego omawianej Rozprawy), optymalna synteza mechanizmu⁹ itd. W odniesieniu do dawnej dziedziny „Teoria Mechanizmów i Maszyn” (TMM) zwykle chodziło – z kolei – o dobór wymiarów ogniw mechanizmu (w zadaniu syntezy), po wyborze jego postaci geometrycznej. Jak mówi definicja Nr 1, chodzi o projektowanie mechanizmu, a synteza jest etapem. W świetle definicji Nr 2 – ogólnikowej, ogólnej „synteza” to tworzenie dzieła złożonego... Zatem tak rozumiana synteza to stworzenie (zaprojektowanie i zbudowanie) dwóch robotów.... Wydaje się, że można było użyć innego sformułowania – może projekt i prototypy?

Podsumowując, generalnie tytuł jest do zaakceptowania.

C3. Co do edycji tekstu Publikacji

Praca jest bardzo starannie wydana. Rozmieszczenie tekstu i rysunków jest eleganckie, właściwe. Wykresy są czytelne. Drobne zauważone niewłaściwe sformatowania (słownictwo) to:

Str. 45-46, Rys. 3.7: oznaczenia c), d) zostały na stronie 45, a adekwatne rysunki są umieszczone na str. 46, należało zastosować, wymuszone przejście do nowej strony, wtedy byłby ten rysunek bardziej czytelny, bo oznaczenia byłyby tuż nad poszczególnymi rysunkami.

Str. 52, Tab. 3.4. Parametry symulacji dynamicznej zestawiono w tejże tabeli, przy czym – kolumny pierwsza i trzecia są wydrukowane w języku angielskim np. *stiffness* (to sztywność), *static*, *dynamic coefficient* – to odpowiednio współczynnik statyczny i dynamiczny – należało dodać polskie tłumaczenia, skoro praca jest po polsku.

⁴ Synteza – Wikipedia, wolna encyklopedia; encyklopedia medialna.

⁵ TROJNACKI, M. T., et al. Roboty mobilne o specyficznych układach jezdnych i hybrydowe-synteza ruchu mobilnego robota hybrydowego. *Przegląd Mechaniczny*, 2011, 3: 20-25.

⁶ ZIELIŃSKA, Teresa; TROJNACKI, Maciej. Synteza dynamicznie stabilnego chodu dwupodporowego czteronożnego robota. *Zielinska_1.indd*; PAR, 11 (2007).

⁷ Baybatshaev, Muhit, and Akambay Beysembaev. "SYNTEZA TRAJEKTORII PROGRAMOWYCH ROBOTA MANIPULACYJNEGO PRZY OGRANICZENIACH W POSTACI PRZESZKÓD." *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska* 4.1 (2014): 21-23.

⁸ SPERZYŃSKI, Przemysław; SZREK, Jarosław; GRONOWICZ, Antoni. Synteza geometryczna mechanizmu realizującego trajektorię prostoliniową odcelowaną. *acta mechanica et automatica*, 2010, 4.2: 124-129.

⁹ BIL, T. Optymalna synteza mechanizmu z wyższą parą kinematyczną typu torus-torus. *Pomiary Automatyka Kontrola*, 2007, 53.8: 7-9.

Str. 67, Rys. 4.9 oraz 4.10: W ich opisach mamy słowa Microcontroler (ang.) vs. Mikrokontroler, czyli w dwóch językach. Należało konsekwentnie stosować język polski do opisu rysunków, gdy chodzi o tradycyjne pojęcie(a).

Str. 108, Str. 132, Rys. 7.14b oraz Rys. 9.1.b są identyczne – można było dać zdjęcie z innego źródła¹⁰ tego obiektu lub wykonać kilka własnych zdjęć.

Str. 65, Str. 104 – Rys. 4.7 oraz 7.10 są identyczne, można by gąsienice rozsunąć dla robota nr 1.

Uwagi Dyskusyjne

Spis publikacji zamieszczono według kolejności pojawiania się w tekście, w wielu publikacjach porządek jest alfabetyczny według nazwisk autorów. Czasami czasopisma żądają takiego układu w spisie literatury.

Na Str. 30 mamy odsyłacz do pozycji [i91], a takiej nie ma w SPISIE LITERATURY, warto to wyjaśnić.

Nie zamieszczono serii zdjęć, nie opisano jakiegoś specyficznego użytkowania wielokierunkowości badanych robotów. Przy pojazdach osobowych, czy dostawczych czasem wykazuje się iż pojazd może sam zaparkować na miejscu parkingowym idealnie zgodnym, ledwo co większym od wymiarów pojazdu. Może w prezentacji (czy w przyszłych publikacjach) dodać film (serię zdjęć) z takiej akcji obu robotów.

Na str. 133 mamy zdanie: „W czasie eksperymentu pojazd poruszał się pa zadanej trajektorii ...”. Natomiast nie ma informacji jak to zadanie - tj. ruchu po trajektorii – jest zadawane robotowi. Warto to wyjaśnić, bo zapewne jest to własne rozwiązanie Autora Rozprawy. Jak rozumieć samą trajektorię, czy to ciąg punktów, funkcja od zmiennych x , y , ale w jakim układzie współrzędnych.

D. OSIĄGNIĘCIA AUTORA ROZPRAWY

Do oryginalnych osiągnięć Autora Rozprawy można zaliczyć między innymi:

- wybór mechanizmu ruchu jako gąsienice z rolkami Mecanum dla robota, który ma poruszać się we wszystkich kierunkach, czyli omnikierunkowego;

¹⁰ [Installing the RPLidar Lidar Sensor on the Raspberry Pi | by Dexter Industries | Robotics With ROS | Medium;](#)

- jest to idea oryginalna, bo w literaturze światowej (artykułach, książkach) nie przedstawiono identycznych rozwiązań, choć Autor podaje pracę Japończyków [87], gdzie omawia się gąsienice z elementami aktywnymi; niestety Autor odsyła do nieznannej publikacji internetowej [i91], gdzie omawiano ideę gąsienic z rolkami, ale nie ma tam omówienia fizycznych realizacji i badań;
- w przedstawionej literaturze omnikierunkowość starano się zapewnić m.in. różnymi układami geometrycznymi gąsienic np. w układzie trójkąta lub kwadratu, a Autor Rozprawy zdecydował się na prosty układ 4 gąsienic równoległych, w których rolki ustawione są pod różnymi kątami, czyli mamy dwie pary równoległych gąsienic;
- Autor dokonał szerokiego, adekwatnego przeglądu publikacji, znalazł pracę omawiającą zjawisko zakrzywienia trajektorii ruchu dla pojazdu gąsienicowego, a następnie badanie tego zjawiska wprowadził do zakresu prac i je przebadał;
- właściwie rozwiązano problem inżynierski zaprojektowania i wykonania dwóch robotów gąsienicowych omnikierunkowych:
 - > stworzono model koncepcyjny 3D (trójwymiarowy),
 - > przeprowadzono analizę kinematyczną układu jazdy pojazdu omnigąsienicowego; stosowano m.in. oprogramowanie i wybrane funkcję systemu ADAMS¹¹ (obliczono przemieszczenia i prędkości dla różnych konfiguracji modelu bryłowego),
 - > zgonie z zasadami sztuki inżynierskiej wielokrotnie rozważano warianty – np.:
 - 4 warianty ułożenia gąsienic równoległych; a wcześniej inne także warianty np. układ ułożenia gąsienic w trójkąt czy czworokąt;
 - 4 warianty rolek mocowanych w gąsienicach;
 - 2 warianty kątów położenia rolek względem osi gąsienic;
 - kilka wariantów wymiarowych;
 - 3 warianty lidarów;
 - niektóre warianty rozważano teoretycznie (układy gąsienic), niektóre na podstawie badań laboratoryjnych (np. rolek), a wtedy stosowano własne stanowiska badawcze i szeroko analizowano wyniki eksperymentów;
 - opracowano i wykonano moduły RGB umożliwiające reagowanie na zmieniające się położenie robota na podstawie danych ze skanera przestrzeni oraz kamery robota.

Wykazano iż moduł aktywnej korekcji kierunku jazdy robotów pozytywnie wpływa na jakość odwzorowania trajektorii ruchu pojazdu omnigąsienicowego. Moduł ten w istotny sposób

¹¹ Adams – Oprogramowanie do symulacji układów wielocłonowych | UniFlow Dynamics;

zmniejsza lub wręcz eliminuje niepożądaną zmianę orientacji kątowej korpusu analizowanych pojazdów (robotów).

Badania przeprowadzone (opisane w rozdziale 8) wykazały właściwy ruch robotów na różnych powierzchniach tzn. utwardzonych, natomiast w przypadku ruchu po podłożu piaszczystym uzyskane efekty nie są w pełni zadawalające – co otwarcie przyznano, ale zatem może być to przedmiotem dalszych badań istniejących fizycznie robotów. Jest to warte dalszego badania. Autor już sugeruje, aby przeprojektować/zmienić algorytmy sterujące.

Na zakończenie podsumowania i wniosków, Doktorant – w tekście na pół strony – omawia przeprowadzane już dalsze analizy i badania eksperymentalne, których nie zawarto w przedstawionej Rozprawie m.in. dalsze badania zjawiska odchylenia się trajektorii, a także omijania przeszkód terenowych i inne. W pracach angielskojęzycznych taki rozdział bywa tytułowany OUTLOOK i świadczy on o wnikliwym przemyśleniu Doktoranta zakończonej Rozprawy oraz uświadamia sobie i czytelnikom dalsze ciekawe kierunki pracy naukowej.

E. Uwagi dodatkowe o dorobku naukowym Doktoranta

Dorobek publikacyjny Doktoranta w tym dokumencie nie jest analizowany, ale warto dodać iż podaje On w rozdziale Bibliografia dwie publikacje wspólne z Promotorem Rozprawy [105, 106] związane z tematyką Doktoratu.

Biblioteka Politechniki Wrocławskiej zestawia 7 publikacji¹² Doktoranta m.in. na temat: robota kroczącego do zadań inspekcyjnych (z Promotorem Pomocniczym), mechatronicznego chwytaka o dwóch palcach oraz badań zużycia specjalistycznego narzędzia i inne. Pięć prac opublikowano w języku angielskim.

Świadczy to o szerszym (niż zaprezentowano w Rozprawie) zainteresowaniu Doktoranta zagadnieniami robotyki oraz o tym iż badał inne typy robotów niż te będące przedmiotem Pracy Doktorskiej.

F. Podsumowanie i Konkluzja

Politechnika Wroclawska należy do najlepszych Uczelni Technicznych w Polsce m.in ma kategorię A¹³ w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

USTAWA z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”¹⁴ (Dz. U. 2023, poz. 742 z póź. zm.) /Rozdział 2 pt. „Stopień doktora”/ w Art. 186. [Warunki nadania stopnia doktora] w punkcie 1 określa iż: „Stopień doktora nadaje się osobie, która: 1) posiada tytuł

¹² Primo Biblioteka PWR - Mateusz Fiedeń; 28.10.2024r.

¹³ Ostateczne wyniki ewaluacji na PWR: cztery dyscypliny z oceną A+, dziewięć z oceną A

¹⁴ Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. - Dz.U.2024.1571 t.j. - OpenLEX; 5.11.2024r.

zawodowy magistra, magistra inżyniera albo równorzędny itd.”, a zatem Doktorant spełnia ten warunek.

Dalej Ustawa ta /Art. 187 [Rozprawa doktorska]/ mówi iż:

<< ☉ Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej [...];

☉ Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego [..];

☉ Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa [...];

☉ Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim [...]. >>

Rozprawa Doktorska będąca przedmiotem niniejszej opinii spełnia (zacytowane) warunki Ustawy – wydano ją w postaci książki – monografii naukowej oraz zawiera streszczenie w języku angielskim.

Najważniejsze jest iż Rozprawa spełnia warunki ogólne w/w Ustawy tj. opisano w niej oryginalne rozwiązanie problemu naukowego syntezy, czyli zaprojektowania i zbudowania robota omniśląsienicowego oraz zbadanie jego ruchu na różnych podłożach, dodatkowo robot ten to pojazd autonomiczny, z systemem wizyjnym, z wbudowanymi systemami sterowania ruchem, z użyciem gąsienic z zastosowaniem rolek Mecanum. Przy okazji Autor wykazał właściwe podejście inżynierskie do zaprojektowania obmyślonego pojazdu: stosowano koncyrowanie, modelowanie bryłowe z użyciem (powszechnie akceptowanego) systemu Adams oraz rozpatrywano warianty. Przeprowadzono symulacje np. badając kinematykę ruchu. Dokonano analizy kinematycznej i innych analiz - w tym dodatkowo - konsekwencji wyboru rozważanych wariantów.

Po dokonaniu wyborów konstruktorskich m.in. układu gąsienic, typu rolek itd. wykonano dwa prototypowe roboty omniśląsienicowe, zaprojektowano także ich systemy decyzyjne o ruchu (według zadanej trajektorii) na podstawie analizy obrazów. Zatem pojazdy są autonomiczne. Przebadano wykonane prototypy. Tym samym Doktorant wykazał iż posiada umiejętność samodzielnej pracy naukowej.

Zatem Doktorant wykazał się szeroką ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna; m.in. w zakresie koncyrowania, analizy modeli w tym bryłowych robotów mobilnych, analizy wyników badań eksperymentalnych fizycznie wykonanych robotów omnikierunkowych, gdzie gąsienice miały wbudowane rolki typu Mecanum. Zaprojektował oraz zaprogramował systemy decyzyjne na podstawie analizy obrazów z kamer własnych tychże robotów.

Na podstawie niniejszej oceny przedstawionego dokonania (opisanego w Rozprawie),
wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny 'Inżynieria Mechaniczna' działającej na
Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Kandydata (Autora
Rozprawy) do dalszych etapów postępowania w Jego przewodzie doktorskim.



Stanisław Zawisła