Prof. dr hab. inż. Maciej Niedźwiecki

Katedra Systemów Automatyki

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

Politechnika Gdańska

Ul. Narutowicza 11/12

80-233 Gdańsk

Gdańsk, 12.10.2022

Recenzja

całokształtu dorobku naukowego oraz wyodrębnionego cyklu powiązanych tematycznie artykułów będących podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika

przez dr inż. Joannę Ratajczak

1. Podstawa prawna

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo przewodniczącego rady dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika Politechniki Wrocławskiej, prof. dr hab. inż. Andrzeja Dziedzica z dnia 18 lipca 2022 r. dotyczące powołania mnie na recenzenta komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. Inż. Jadwidze Ratajczak w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika (uchwała rady dyscypliny AEE Politechniki Wrocławskiej z dnia 11 lipca 2022).

Recenzję opracowano na podstawie materiałów dołączonych do wniosku Habilitantki. Otrzymana dokumentacja obejmuje:

1. Wniosek Habilitantki o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
2. Uwierzytelniony odpis dyplomu doktora nauk technicznych
3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny
5. Spis opublikowanych prac zaliczonych do cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe
6. Elektroniczne wersje artykułów zaliczonych do cyklu habilitacyjnego (na nośniku elektronicznym)
7. Oświadczenia o swoim wkładzie procentowym współautorów prac naukowych zaliczonych do cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe oraz informacja na temat oświadczenia prof. Krzysztofa Tchonia
8. Dokumenty potwierdzające uczestnictwo w projektach naukowych
9. Dokumenty potwierdzające informacje o aktywności naukowej, w tym aktywności zagranicznych

RDN AEE/204/2022

10. Potwierdzenia zdobytych nagród
11. Elektroniczną wersję wniosku habilitacyjnego na nośniku elektronicznym (Pendrive)

2. Ocena cyklu publikacji będących podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego pod tytułem

„Jakobianowe algorytmy planowania ruchu dla modeli holonomicznych i nieholonomicznych układów robotycznych bazujące na paradygmacie endogenicznej przestrzeni konfiguracyjnej: analiza teoretyczna, własności, symulacyjne badania porównawcze"

Charakterystyka recenzowanego cyklu publikacji

Dr Ratajczak przedstawiła jako swoje „osiągnięcie habilitacyjne" cykl 9 artykułów, z których 1 jest autorski, zaś w pozostałych Jej udział waha się w granicach od 20% do 80% (w jednym przypadku 20%, w jednym przypadku 40%, w pięciu przypadkach 60% i w jednym przypadku 80%). Z uwagi na nieoczekiwaną śmierć profesora Krzysztofa Tchonia, który był współautorem wszystkich współautorskich prac ze zgłoszonego cyklu, potwierdzeniem Jego procentowego wkładu jest nieformalny dokument pochodzący z korespondencji internetowej.

Wszystkie tworzące cykl artykuły ukazały się w czasopismach z bazy Journal Citation Reports, czyli posiadających współczynnik wpływu IF (od ang. *impact factor*). Są wśród nich publikacje w prestiżowych i zarazem wysoko „punktowanych" czasopismach takich jak IEEE Transactions on Robotics, Nonlinear Dynamics, System and Control Letters i IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics.

Poniżej wymieniam publikacje należące do cyklu habilitacyjnego aby móc się do nich odnieść w swojej recenzji:

[A1] J. Ratajczak, „Design of inverse kinematics algorithms: extended Jacobian approximation of the dynamically consistent Jacobian inverse", Archives of Control Sciences, 2015.

[A2] J. Ratajczak, K. Tchoń, „Dynamically consistent Jacobian inverse for mobile manipulators", International Journal of Control, 2016.

[A3] K. Tchoń, J. Ratajczak, „Dynamically Consistent Jacobian Inverse for non-holonomic robotic systems", Nonlinear Dynamics, 2016.

[A4] J. Ratajczak, K. Tchoń, „On dynamically consistent Jacobian inverse for non-holonomic robotic systems". W: Archives of Control Sciences, 2017.

[A5] J. Ratajczak, K. Tchoń, „Dynamic non-holonomic motion planning by means of dynamically consistent Jacobian inverse", IMA Journal of Mathematical Control and Information, 2018.

[A6] K. Tchoń, Joanna Ratajczak, „General Lagrange-type Jacobian inverse for nonholonomic robotic systems", IEEE Transactions on Robotics, 2018.

[A7] K. Tchoń, W. Respondek, J. Ratajczak, „Normal forms and configuration singularities of a space manipulator", Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2019.

[A8] J. Ratajczak, K. Tchoń, „Normal forms and singularities of non-holonomic robotic systems: A study of free-floating space robots", Systems and Control Letters, 2020.

[A9] J. Ratajczak, K. Tchoń, „Coordinate-Free Jacobian Motion Planning: A 3-D Space Robot", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2021.

Ocena merytoryczna

Celem Habilitantki, jasno sprecyzowanym w charakterystyce dokonań, było opracowanie nowych metod planowania ruchu układów robotycznych, z naciskiem na tzw. metody jakobianowe.

Wspólnym mianownikiem pierwszych pięciu artykułów cyklu habilitacyjnego [A1]-[A5] było opracowanie nowych sposobów wyznaczania tzw. dynamicznie zgodnej odwrotności jakobianu. Zastosowanie takiej odwrotności do planowania ruchu gwarantuje iż pewne „wewnętrzne" siły działające w układzie nie są przenoszone do przestrzeni zadaniowej tj. nie powodują ruchu efektora. W przypadku układów holonomicznych [A2], [A3] opracowano, przy wydatnym współudziale Habilitantki, dwie nowe metody wyznaczania dynamicznie zgodnej odwrotności jakobianu: metodę geometryczną i metodę opartą na optymalizacji (wcześniej znana była jedynie metoda analizy sił Khatiba). Rozwiązano również problem aproksymacji jakobianu dynamicznie zgodnego za pomocą jakobianu rozszerzonego (dla stacjonarnych manipulatorów redundantnych) i zdefiniowano miarę jakości aproksymacji umożliwiającą ocenę dokładności przybliżenia. Warto podkreślić, że te ostatnie wyniki opublikowane zostały w autorskim (samodzielnym) artykule Habilitantki [A1].
Z poznawczego punktu widzenia dużo ciekawsze i bardziej doniosłe są wyniki otrzymane dla układów nieholonomicznych, zarówno bezdryfowych jak afinicznych układów z dryfem [A2]-[A5]. Rozszerzenia metod jakobianowych na tę klasę układów robotycznych (których przykładem jest manipulator umocowany na platformie kołowej) dokonano w oparciu o koncepcję endogenicznej przestrzeni konfiguracyjnej zaproponowaną wcześniej przez profesora Tchonia. Podobnie jak w przypadku układów holonomicznych, dynamicznie zgodna odwrotność jakobianu została wyprowadzona za pomocą trzech metod: geometrycznej, rozkładu sił, i metody optymalizacji. Przedstawione uogólnienia i oparte na nich algorytmy planowania ruchu zostały opublikowane w czołowych czasopismach w dziedzinie teorii systemów dynamicznych oraz robotyki (Nonlinear Dynamics, IEEE Transactions on Robotics) i stanowią ważny oryginalny wkład w te dziedziny.

Motywem przewodnim ostatnich czterech prac składających się na cykl habilitacyjny [A6]-[A9] jest planowanie ruchu manipulatorów kosmicznych. Te nieholonomiczne układy robotyczne cieszą się ostatnio dużym zainteresowaniem, między innymi z uwagi

na konieczność rozwiązania coraz bardziej palącego problemu, jakim jest usuwanie krążących wokół Ziemi kosmicznych „śmieci". W szczególności, w pracach [A7]-[A8] określono tzw. postaci normalne i pre-normalne (przekształcalne do postaci normalnej) swobodnie szybującego manipulatora kosmicznego, najpierw w przypadku manipulatora o dwóch stopniach swobody [A7], a następnie w przypadku manipulatora o dowolnej liczbie stopni swobody [A8]. Z uwagi na swoją (względną) prostotę, postaci normalne i pre-normalne umożliwiają skrócenie czasu potrzebnego na rozwiązanie zadania planowania ruchu, z obliczeniowego punktu widzenia opłaca się bowiem zaplanować ruch opierając się na postaci normalnej/pre-normalnej, a następnie „przełożyć" wyznaczone sterowania na sterowania w układzie oryginalnym. Postaci normalne/pre-normalne umożliwiają również uproszczenie analizy zachowań układu w pobliżu punktów osobliwych.

Przedstawione przez Habilitantkę zwięzłe omówienie wspomnianych wyżej wyników jest merytorycznie i językowo poprawne, stanowiąc dobry przewodnik po artykułach składających się na cykl habilitacyjny.

Podsumowanie

Zgłoszony do oceny cykl publikacji stanowi ciekawe i wewnętrznie spójne podsumowanie badań nad gradientowymi metodami planowania ruchu systemow robotycznych, zarówno holonomicznych, jak nieholonomicznych, oraz zastosowanie tych metod do sterowania manipulatorami kosmicznymi. Największy ciężar gatunkowy mają badania dotyczące rozszerzenia metod jakobianowych, w tym metod wyznaczania dynamicznie zgodnej odwrotności jakobianu, na układy nieholonomiczne oraz określenie normalnych i pre-normalnych postaci wybranych typów manipulatorów kosmicznych. Opracowane metody, mające oryginalny i nowatorski charakter, zostały opisane w publikacjach, które ukazały się w czołowych czasopismach w dziedzinie analizy układów dynamicznych i robotyki. Udział Habilitantki w większości artykułów współautorskich należy uznać za znaczny.

3. Ocena aktywności naukowej Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora w tym aktywności realizowanej w więcej niż jednej uczelni (w szczególności zagranicznej)

Na całkowity dorobek Habilitantki zgromadzony po uzyskaniu stopnia doktora składa się 26 publikacji, w tym

- 13 artykułów w czasopismach naukowych (w tym 12 z IF)
- 6 rozdziałów w książkach lub monografiach naukowych
- 7 referatów konferencyjnych (w tym 1 w WoS)

Wyniki badań prowadzonych po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka przedstawiła na siedmiu międzynarodowych konferencjach naukowych. Na uwagę zasługuje również fakt recenzowania artykułów dla szeregu zagranicznych czasopism, z których niektóre (IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems, IEEE Robotics and Automation

Letters, Journal of Intelligent Robotic Systems) mają wysokie notowania na liście MNiE, a także recenzowania referatów zgłoszonych na uznane konferencje międzynarodowe (IEEE Conference on Decision and Control, American Control Conference). Za swoją wyróżniającą się działalność naukową otrzymała 6 nagród Rektora Politechniki Wrocławskiej.

Sumaryczny współczynnik wpływu po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 41.135. Liczba cytowań obcych wyniosła w tym okresie odpowiednio: 103 (Google Scholar), 79 (Scopus) i 65 (WoS), zaś indeks Hirscha: 8 (Google Scholar), 8 (Scopus) i 6 (WoS).

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka brała udział, jako główny wykonawca, w dwóch projektach finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki (Opus 5 i Opus 7), a także realizowała szereg projektów finansowanych przez Politechnikę Wrocławską

W przypadku oceny aktywności naukowej ustawa przywiązuje szczególne znaczenie do aktywności realizowanej w więcej niż jednej uczelni, a zwłaszcza w uczelniach zagranicznych. Wymóg ten spełnia współpraca Habilitantki z Carleton University w Kanadzie (grupa prof. Sąsiadka) oraz z Centrum Badań Kosmicznych PAN w ramach projektu realizowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Habilitantka nawiązała również współpracę z prof. Respondkiem z Laboratoire Mathematiques INSA, dotyczącą postaci normalnych pewnej klasy manipulatorów kosmicznych. Owocem tej współpracy była wspólna publikacja (ujęta w cyklu habilitacyjnym), która ukazała się czasopiśmie Journal of Intelligent and Robotic Systems.

Oprócz współpracy z instytucjami o charakterze naukowym Habilitantka może się również pochwalić aktywnością związaną z działalnością badawczo-rozwojową na rzecz firm z otoczenia przemysłowego uczelni takich jak KGHM, Cloud Best i Inec Automation.

Na liście osiągnięć nie znalazły się natomiast takie pozycje jak udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism, członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych a także recenzowanie projektów naukowych.

Podsumowanie

Habilitantka wykazała się zadowalającą aktywnością naukową jako autorka publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych, recenzent publikacji naukowych, oraz kierowniczka bądź wykonawca projektów. Współpracę naukową Habilitantki, zarówno zagraniczną jak krajową, oceniam jako skromną lecz dobrze rokującą (zwłaszcza w dziedzinie planowania ruchu manipulatorow kosmicznych) i spełniającą wymogi ustawy. Charakterystyki bibliometryczne Jej dorobku publikacyjnego są w pełni zadowalające w przypadku osób ubiegających się o stopień doktora habilitowanego.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując całokształt dorobku habilitacyjnego, jego wartość naukową i osiągnięty cel oraz aktywność naukową Habilitantki w kraju i za granicą, stwierdzam, że dr inż. Joanna Ratajczak wniosła oryginalny i dość obszerny wkład w badania nad gradientowymi metodami planowania ruchu układów robotycznych , spełniający wymogi stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego określone w artykule 221 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (Dziennik Ustaw z 2018 r., pozycja 1668 z późniejszymi zmianami).

Maciej Niedźwiedzki