

Warszawa, 25 września 2023 r.

Prof. dr hab. inż. Mateusz Śmietana
Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
Tel. 22 234 6364
Fax. 22 234 6063
e-mail: Mateusz.Smietana@pw.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pt. „Technologie haptyczne w metrologii prowadzonej metodami mikroskopii bliskich oddziaływań” autorstwa pana mgr inż. Bartosza Świadkowskiego
wykonana na wniosek Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka,
Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Wrocławskiej
z dnia 21.07.2023 r.

1. Jaki jest problem naukowy (teza) rozprawy i czy został on trafnie i jasno sformułowany?

Rozprawa doktorska pana mgr inż. Bartosza Świadkowskiego wpisuje się w dynamicznie rozwijany na świecie obszar badawczy dotyczący mikroskopii bliskich oddziaływań. W rozprawie nie została zdefiniowana w sposób tradycyjny teza, którą Autor dowiódłby w ramach realizacji prac badawczych. Zamiennie, zdefiniowany został cel pracy jako przede wszystkim kompleksowa, tj. od podstaw, budowa metrologicznego systemu ze skanującą sondą wyposażonego w interfejs haptyczny. Cel rozprawy został jasno zdefiniowany i doprecyzowany w zakresie m.in. wymaganej rozdzielczości kontroli nacisku, rozdzielczości aktuacji oraz konieczności wyskalowania w jednostkach SI wartości zadawanego przemieszczenia i oddziałującej na użytkownika siły. Podstawą opracowanej techniki jest dedykowany manipulator haptyczny o 6 stopniach swobody oraz algorytm sterowania skanu nierastrowego, selektywnego. Elementy te po integracji z mikroskopem bliskich oddziaływań pozwoliły użytkownikowi na operacje sondą bezpośrednio wskazując jej przesuw i odczuwając oddziaływania między sondą a próbką. Lektura pracy potwierdza, że Autor w sposób konsekwentny i przemyślany zmierzał do osiągnięcia wyznaczonego celu.

2. Czy Autor rozwiązał postawiony problem i czy użył do tego właściwych metod dowodząc, że posiadał umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych?

Rozprawa ma charakter doświadczalny i jest poświęcona przede wszystkim zagadnieniom inżynierskim z zakresu konstrukcyjnego. Pierwsza część rozprawy obejmuje problematykę mikroskopii bliskich oddziaływań i jej współczesne wyzwania wraz z koncepcją „Human in the

RDN AEGTK/172/2023

loop” jako alternatywą dla systemów zautomatyzowanych (Rozdział 2). Następnie szczegółowo przedstawiono technologie haptyczne wraz z rodzajami oddziaływań tego typu (Rozdział 3) i dostępnymi manipulatorami (Rozdział 4). Wynikiem bardzo wnikliwego przeglądu literatury jest wniosek Autora rozprawy, że w przypadku haptycznych rozwiązań komercyjnych brak jest układów elektronicznych i sterowników pozwalających na niskopoziomową integrację z innymi systemami. Z kolei w przypadku rozwiązań manipulatorów haptycznych z otwartych źródeł, tj. koncepcji dostępnych bezpłatnie w Internecie, Autor zauważa szereg innych możliwych usprawnień na poziomie sprzętowym i programowym. Konsekwencją wspomnianych analiz i wniosków są kolejne rozdziały, gdzie przedstawiono konstrukcję autorskiego manipulatora haptycznego (Rozdział 5) i mikroskopu, w szczególności jego sterownika (Rozdział 6), sondy (Rozdział 7) i metod aktuacji dźwigni (Rozdział 8). Warto podkreślić, że wybór każdego z elementów i użytych procedur w zakresie konstrukcji manipulatora, jak i całego systemu jest w rozprawie szczegółowo uzasadniony. W podsumowaniu (Rozdział 9) zawarto zestawienie najważniejszych osiągnięć i ogólnych refleksji Autora wynikających z obserwacji użytkowników skonstruowanego systemu.

Dobór wykorzystanych metod badawczych jest poprawny. Należy podkreślić ogólnie wysoki poziom rozprawy, jej logiczne ułożenie i przekonujące przedstawienie wyników analiz. Zarówno opis teoretyczny jak i część praktyczna przedstawiona w rozprawie w pełni potwierdzają umiejętności Autora w zakresie metodyki i metodologii prowadzenia badań naukowych.

3. Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna?

Tematyka związana z usprawnieniami funkcjonalnymi w zakresie obsługi systemów pomiarowych, szczególnie tych o dużej złożoności, jest bardzo aktualna. W ramach Podrozdziału 2.4.4 Autor rozprawy analizuje historię zainteresowania środowiska naukowego zagadnieniami technologii haptycznych i ich zastosowaniem w systemach AFM. Z analizy wynika, że publikacji dotyczącej obu zakresów tematycznych jest raczej niewiele, tj. kilka rocznie. Zestawienie to może być w odczuciu czytelnika wskazaniem, że tematyka nie jest aktualna. Należy jednak mieć na uwadze, że do zajęcia się badaniami tego typu niezbędna jest bardzo interdyscyplinarna wiedza i specjalistyczny warsztat badawczy, jak również wyjątkowa dociekliwość osób podejmujących się tej tematyki. Cechy te z pewnością charakteryzują Autora rozprawy i jego współpracowników. Ponadto, wartym podkreślenia jest fakt, że Autor skoncentrował swoje badania na usprawnieniach AFM z użyciem technologii haptycznych, lecz analizy ujęte w pracy mają bardzo szeroki charakter i mogą być przydatne także w innych obszarach technicznych i pomiarowych. Należy więc stwierdzić, że tematyka rozprawy jest aktualna i istotna z punktu widzenia rozwoju nauk, w szczególności w ich zakresie inżynierijno-technicznym.

4. Na czym polega oryginalny dorobek Autora i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Oryginalny dorobek Autora rozprawy obejmuje pełną sprzętową implementację efektów haptycznych w zakresie dedykowanego systemu AFM pozwalającą na jego pracę z częstotliwością 1 kHz i opóźnieniem poniżej 1 ms. Kompletny system został zaprojektowany w sposób w pełni świadomy i zmierzając do dobrze zdefiniowanego celu. Autor w sposób wnikliwy przeanalizował nie tylko problematykę metrologii bliskich oddziaływań, ale przede wszystkim technologii haptycznych. Praca ma więc istotne znaczenie poznawcze i obejmuje opracowanie oraz analizę rozwiązań oryginalnych inżyniersko i przydatnych w realizacji szerokiego spektrum analiz metrologicznych. Należy również podkreślić dużą wartość dydaktyczną jaką stanowi opracowanie materiału teoretycznego na potrzeby analiz zawartych w rozprawie.

O oryginalności rozprawy świadczy pośrednio fakt publikacji częściowych wyników badań w 4 (2 jako pierwszy autor) recenzowanych artykułach naukowych ujętych w wykazie literatury rozprawy.

5. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy Autora, wiedzy na zaawansowanym poziomie, o charakterze podstawowym dla dziedziny nauk inżynierjno-technicznych oraz o charakterze szczegółowym, odpowiadającej obszarowi prowadzonych badań naukowych?

Rozprawa dotyczy rozwiązań technicznych na potrzeby metrologiczne. W moim przekonaniu Autor w pełni wykazał dostateczną wiedzę z zakresu nauk inżynierjno-technicznych, w szczególności w zakresie elektroniki, elektrotechniki i automatyki wraz z elementami mechaniki oraz prowadzenia eksperymentów metrologicznych. Zaawansowany poziom wiedzy Autora z zakresu dziedziny w moim przekonaniu potwierdza przede wszystkim treść Rozdziału 2, gdzie opisano problematykę mikroskopii bliskich oddziaływań. Wiedzę o charakterze szczegółowym potwierdza z kolei treść Rozdziałów 5-8, gdzie Autor opisuje własne osiągnięcia konstrukcyjne oraz dokonuje analizy uzyskanych wyników.

6. Czy rozprawa obejmuje najnowsze osiągnięcia nauki i świadczy o znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej, której dotyczy?

Rozwiązania wykorzystujące mikroskopię bliskich oddziaływań są szeroko opisywane w literaturze. Autor rozprawy ujął problem badawczy bardzo szeroko, o czym świadczy przywołanie w niej niespełna 400 pozycji literaturowych. W ramach przeglądu zostały ujęte liczne pozycje historyczne dotyczące zjawisk i obserwacji fizycznych. Pozostałe pozycje opublikowano w ostatnich 20 latach. Stosunek ilości pozycji historycznych i aktualnych jest dobry. Nie mam wątpliwości co do aktualności przedstawionego przeglądu literaturowego. Jest on przygotowany w sposób wyróżniający. Świadczy on o bardzo dobrej znajomości literatury dotyczącej tematyki pracy i w sposób wiarygodny identyfikuje jej motywację. Realizacja prac badawczych na potrzeby rozprawy i towarzyszące im współautorskie

publikacje potwierdzają uzyskanie przez mgr inż. Bartosza Świadkowskiego istotnych osiągnięć naukowych.

7. Jakie są wady i słabe strony rozprawy?

Mimo ogólnie bardzo pozytywnego odbioru rozprawy mam też kilka uwag krytycznych. Przytoczenie ich w recenzji postrzegam jako mój obowiązek i wyrażam nadzieję, że szczególnie te uwagi mogą pomóc Autorowi w dalszej jego pracy, nie tylko naukowej.

Największy niedosyt pozostawia analiza efektów wykorzystania opracowanego systemu, w szczególności w odniesieniu do takiego bez elementów haptycznych. Nie ulega wątpliwości, że w ramach realizacji rozprawy powstał system metrologiczny o wyjątkowej funkcjonalności wynikającej z użycia technik haptycznych. W związku z tym czytelnik oczekiwałby szczegółowej analizy zalet, czy też wręcz unikalnych możliwości wynikających z użycia właśnie tego systemu. Skrótowe odniesienie do porównania uzyskanych możliwości ujęto jedynie w dwóch zdaniach na str. 131. Ponadto, pewnym nawiązaniem do zalet podejścia jest ostatni akapit Podsumowania, gdzie Autor zauważa w przypadku skonstruowanego systemu możliwą poprawę jakości i zysku czasowego, które są zależne od użytkownika. Na ile możliwa jest poprawa tych parametrów wynikająca z użycia opracowanego systemu przez „użytkownika standardowego”? Czy możliwe jest porównanie ilościowe rozwiązań z i bez interfejsu haptycznego? Na ile rezultaty prac potwierdziły oczekiwania?

Należy również zauważyć, że Autor rozprawy w kilku jej miejscach wspomina o wsparciu jakie uzyskał od współpracowników w zakresie przygotowania fragmentów opracowanego systemu, czy też jego wykorzystania (np. str. 69, 107, 110). Praca zespołowa, w szczególności umiejętność współpracy, jest bardzo cenna i warta podkreślenia, lecz z punktu widzenia rozprawy, która ma jednego autora i jego wkład podlega ocenie, uzyskane wsparcie wymaga każdorazowo bardzo precyzyjnego określenia. Tego elementu w rozprawie zabrakło.

Ponadto, w pracy można znaleźć kilka niedociągnięć o charakterze edycyjnym np.:

- Autor rozprawy, szczególnie na samym jej początku, przytacza liczne informacje historyczne. Już na tym etapie wydaje się konieczne powołanie na źródła literaturowe. Informacje te nie są jak zakładam przedmiotem oryginalnych badań autora, tylko faktami, które mają określone źródło. Jako przykład można przytoczyć szereg ustaleń historycznych zestawionych np. na stronach 11-12, gdzie występują jedynie pojedyncze odnośniki, co nie pozwala na ustalenie źródła tych informacji i potencjalną weryfikację ich prawdziwości;
- Należy zauważyć, że niektóre przywołane w rozprawie pozycje historyczne są z przełomu XIX i XX wieku i zostały napisane w językach francuskim lub niemieckim. Należy mieć nadzieję, że Autor dotarł do tych źródeł i był je w stanie odpowiednio przeanalizować;
- Opisy materiału ilustracyjnego jest często niewystarczający do pełnego zrozumienia przedstawionych treści. Jako przykład może stanowić Rys. 2.7, gdzie zgodnie z opisem

występują przykłady algorytmów skanu selektywnego i przedstawione są różne pod względem stylu i koncepcji ilustracji materiały z publikacji. Bez dodatkowego opisu przekaz wyływający z tego rysunku jest bardzo niejasny. Podobnie w przypadku Rys. 7.5, gdzie zgodnie z opisem przedstawiono proces wyznaczania parametrów dźwigni, a zdjęcie przedstawia, jak zakładam, element mikroskopu. Ponadto, w przypadku zdjęć umieszczonych bez zaznaczenia istotnych dla czytelnika elementów, ich wartość jest poznawczo bardzo ograniczona i stanowi jedynie potwierdzenie, że taki element powstał. To podejście może być słuszne dla raportów z badań, ale rozprawa o charakterze naukowym wymaga postawienia się po stronie czytelnika i próby maksymalizacji informacji przekazywanych przez materiał ilustracyjny. Dodatkowo, niektóre rysunki uwzględnione w rozprawie nie stanowią dobrego materiału uzupełniającego ze względu na miejsce ich umieszczenia. Materiał ilustracyjny powinien podążać za tekstem, a tak nie jest (np. Rys. 2.8). Materiał ten pojawia się wielokrotnie dość losowo i zazwyczaj daleko za lub przed odnoszącym się do nich opisem. W niektórych przypadkach rysunki z kolei przerywają ciągłość tekstu (np. Rys. 6.16 i 6.17);

- W wielu przedstawionych w rozprawie wzorach brakuje opisu użytych symboli. Należy pamiętać, że ich znaczenie nie musi być oczywiste dla czytelnika i wymaga wyjaśnienia. Podobny styl opisu warto byłoby zastosować też do rysunków, w których występują symbole (np. Rys. 2.3). Mimo potencjalnych powtórzeń z punktu widzenia czytelnika wyjaśnień w tekście, przyswojenie treści rysunków byłoby łatwiejsze z wyjaśnieniem symboli bezpośrednio w opisach;
- W tabelach jednostki występują przy wartościach (np. Tabele 5.3, 5.4, 5.5) lub w opisie kolumn (tabele w rozdziale 8). Typowo drugi ze sposobów jest preferowany jako bardziej przejrzysty. Wskazane jest ujednoczenie stylu tabel w ramach rozprawy;
- Brakuje numeracji/odnośnika w tekście do niektórych tabel (np. str. 87) i rozdziałów (str. 119);
- W tekście występuje systematyczny błąd edycyjny, tj. występująca po kropce litera „w” jest zawsze mała, mimo że zazwyczaj rozpoczyna nowe zdanie;
- Pani K. Orłowska wspomniana na str. 132 ma tytuł/stopień opisany jako dr mgr inż. Zakładam, że miało być dr inż.

Mimo powyższych mankamentów uważam rozprawę za bardzo wartościową.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę?

a/ nie spełniająca wymagań,

b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,

c/ zadawalająco spełnia wymagania,

d/ wyraźnie wykracza poza poziom przeciętny (spełniająca wymagania z nadmiarem),

e/ wybitna.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa ma charakter konstrukcyjno-eksperymentalny i obejmuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Autor wykazał dostateczną wiedzę

teoretyczną dotyczącą dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane efekty mają charakter wyróżniający na tym etapie rozwoju naukowego. Mając to na uwadze, rozprawę zaliczam do kategorii „spełniająca wymagania z nadmiarem” i wnoszę o dopuszczenie pana mgr inż. Bartosza Świądkowskiego do dalszych etapów postępowania.

