

prof. dr hab. inż. Marek Domański

Instytut Telekomunikacji Multimedialnej

Politechniki Poznańskiej

ul. Polanka 3, 60 965 Poznań

Poznań, 1 lutego 2024r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jakuba Piskozuba

pt. „*A data glove with a reduced number of sensors for the recognition of Polish Sign Language letters*”

Rozprawa doktorska pana Jakuba Piskozuba jest bardzo zwięźle napisana w języku angielskim, łącznie ze spisem literatury (59 pozycji) liczy tylko 66 stron. Rozprawa została uzupełniona odnośnikami do repozytorium na platformie GitHub, w którym autor zapisał skrypty języka Python użyte w eksperymentach. Przed tekstem rozprawy umieszczono spis skrótowców, który byłby bardziej użyteczny, gdyby został uporządkowany alfabetycznie.

W rozdziale pierwszym zwięźle przedstawiono znaczenie podjętego tematu, tezę pracy i układ pracy. Praca dotyczy efektywnego rozpoznawania liter alfabetu Polskiego Języka Migowego z wykorzystaniem małej liczby czujników. W tezie autor mówi o zredukowanej liczbie czujników, ale nie wyjaśnia odniesienia tej redukcji. Należy się domyślać, że chodzi o redukcję w stosunku do konkurencyjnych rozwiązań opisywanych w literaturze. Niestety, ten aspekt pracy nie został dostatecznie dokładnie wyjaśniony w dalszych częściach rozprawy.

Należy stwierdzić, że tak określona tematyka rozprawy jest bardzo aktualna i ważna ze względu na praktyczne zastosowania w systemach wspomagania komunikacji z ludźmi o upośledzonym słuchu lub mowie. W ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie wykorzystaniem rękawic sensorycznych różnych typów, co w szczególności jest rozważane w rozprawie.

Rozdział 2 przedstawia bardzo dobrze uporządkowany i treściwy przegląd literatury na temat budowy oraz wykorzystania rękawic sensorycznych stosowanych również przez autora w ramach jego badań opisanych w rozprawie doktorskiej. Rozdział 2 ponadto prezentuje ogólny przegląd metod analizy danych z czujników. Jednak można zauważyć, że wspomniane przeglądy nie są zbyt obszerne i mogłyby być pełniejsze. Na przykład w przeglądzie literatury zabrakło dwóch

prac dostępnych w bazie IEEE Xplore, które również dotyczą wykorzystania rękawic sensorycznych, a są stosunkowo nowe i koncepcyjnie zbliżone do rozprawy:

1. S. Chakoma and P. Baron, "Converting South African sign language to verbal," in *SAIEE Africa Research Journal*, vol. 114, no. 2, pp. 49-57, June 2023, Date of publication: 15 March 2023;
2. B. Shi, X. Chen, Z. He and R. Han, "Development of magnetic-sensor-based hand gesture recognition system for sign language," *2023 IEEE 6th International Electrical and Energy Conference (CIEEC)*, Hefei, China, 2023, pp. 2302-2305, Date added to IEEE Xplore: 10 July 2023.

Pomimo wspomnianych mankamentów trzeba przyznać, że rozdział 2 oraz prezentacja własnych oryginalnych wyników w rozdziałach 3-6 dowodzą, że autor posiada dużą wiedzę i znaczne umiejętności analizy problemów w zakresie inżynierii biomedycznej, metodologii przeprowadzania eksperymentów i analizy danych eksperymentalnych. Cała rozprawa niewątpliwie świadczy o wysokim poziomie wiedzy doktoranta dotyczącej obszaru prowadzonych badań naukowych. Można stwierdzić, że przedstawione rozważania dobrze odzwierciedlają aktualny stan wiedzy dotyczącej systemów wspomagania komunikacji z osobami z zaburzeniami słuchu i mowy.

Głównym zadaniem badawczym doktoranta było opracowanie metod rozpoznawania liter Polskiego Języka Migowego z wykorzystaniem rękawic sensorycznych o uproszczonej budowie. Teza rozprawy mówi o możliwości zastosowania w tym celu rękawic o zmniejszonej liczbie przetworników. Niestety, przedstawione w rozdziale 1 sformułowanie tezy rozprawy nie wyjaśnia, ani o jakie przetworniki chodzi, ani jaką liczbę przetworników przyjęto za odniesienie dla wspomnianej redukcji liczby przetworników. Dopiero lektura dalszej części rozprawy pozwala zrozumieć, że chodzi o przetworniki piezoelektryczne mierzące kąty ugięcia w stawach śródrečno-paliczkowych oraz międzypaliczkowych. Natomiast za poziom odniesienia redukcji liczby przetworników przyjęto umieszczenie 10 przetworników mierzących ugięcia w wymienionych stawach. Pomimo wspomnianych zastrzeżeń edycyjnych, należy uznać, że tematyka, a także teza pracy mieszczą się w obszarze ważnych i aktualnych problemów inżynierii biomedycznej.

W rozdziałach 3-5 przedstawiono ciekawe i w dużej części oryginalne rozwiązania odpowiadające tezie rozprawy.

W bardzo ciekawym rozdziale 3 przedstawiono rozważania dotyczące budowy rękawic sensorycznych, będącej istotnym elementem osiągnięcia naukowego przedstawionego

w rozprawie. Ważnym elementem tych rozważań jest wybór rodzaju przetworników umieszczanych w rękawicach. Niestety, opis tego działania został przedstawiony bardzo ogólnikowo i nadmiernie skrótowo. Brakuje zwłaszcza ilościowych wyników pomiarów porównawczych. Należy jednak podkreślić, że zaprojektowanie i budowa wspomnianej rękawicy sensorycznej jest ważnym, dojrzałym i samodzielnym osiągnięciem konstrukcyjnym o cechach osiągnięcia naukowego.

W rozdziale 4 przedstawiono oryginalny system przetwarzania danych uzyskiwanych z przetworników piezoelektrycznych i danych lokalizacyjnych pozwalających na wyznaczenie położenia i ruchu całej dłoni. Niewątpliwie jest to istotne osiągnięcie autora, które byłoby jeszcze wyżej ocenione, gdyby w tym rozdziale szerzej opisano uzasadnienia wyborów poszczególnych rozwiązań. Ponadto w pracy brakuje niestety analizy dokładności danych wejściowych do opisywanego systemu przetwarzania.

W rozdziale 5 przedstawiono ciekawe i ważne wyniki oryginalnych badań eksperymentalnych przeprowadzonych z wykorzystaniem zbudowanej przez autora rękawicy sensorycznej oraz opracowanego przez autora systemu przetwarzania. Autor przedstawił analizę wyników eksperymentalnych, wskazującą, że liczbę przetworników piezoelektrycznych można zmniejszyć z 10 do 3, a więc w ten sposób wykazał tezę rozprawy.

Wspomniane wyniki rozprawy zostały podsumowane w rozdziale 6. Główne osiągnięcia badawcze stanowiące rezultaty badań przeprowadzonych przez autora rozprawy obejmują:

1. Wskazanie, że do rozpoznawania liter Polskiego Języka Migowego wystarczą dane z trzech przetworników piezoelektrycznych. Przeprowadzona przez autora dyskusja wskazuje, że pod pewnymi warunkami ta liczba może być zredukowana tylko do jednego przetwornika.
2. Zaproponowanie personalizacji modeli rozpoznawania liter Polskiego Języka Migowego.
3. Zaproponowanie efektywnej metody uzupełniania danych eksperymentalnych pozwalającej na zwiększenie średniej precyzji rozpoznawania liter Polskiego Języka Migowego.

Chociaż istotnym ograniczeniem pracy jest zawężenie tematyki pracy do rozpoznawania pojedynczych liter języka migowego, wymienione osiągnięcia są ważne dla inżynierii biomedycznej, w szczególności dla budowy narzędzi wspomagających osoby ze znacznymi uszkodzeniami słuchu i mowy. Rozprawa przedstawia istotne i oryginalne wyniki naukowe wymienione powyżej.

Wyniki uzyskane przez autora zostały opublikowane w dwóch artykułach w czasopiśmie: *Przegląd Elektrotechniczny* oraz *Applied Sciences*. Wymienione recenzowane publikacje pozytywnie weryfikują wyniki przedstawione w rozprawie. Druga z wymienionych prac jest w dużym stopniu streszczeniem rozprawy i powtarza najważniejsze jej wyniki. Biorąc pod uwagę w znacznym stopniu konstrukcyjny, eksperymentalny i aplikacyjny charakter pracy, powinno się uznać, że jest to dorobek wystarczający, choć niezbyt obszerny.

Układ rozdziałów oraz poszczególnych treści wewnątrz rozdziałów jest prawidłowy, logiczny i bardzo czytelny. Praca jest napisana w sposób bardzo jasny oraz łatwy do czytania i zrozumienia, aczkolwiek w wielu miejscach jest nadmiernie skrótowa. Pewną trudność w czytaniu rozprawy sprawiają braki w objaśnieniach używanych terminów, skrótowców itp. Ogólnie jednak należy stwierdzić, że praca jest przygotowana dosyć starannie pod względem redakcyjnym.

Szczegółowe uwagi dotyczące rozprawy:

1. Str. 8, rys. 2.1.1.: Objasnienia oznaczeń typu P1.1, P1.2, ... znajdują się 26 stron dalej. Również oznaczenie osi „ADC value” wymaga od czytelnika znacznej domyślności.
2. Str. 10: Tajemnicze stwierdzenie: „a person ... may experience communication problems when the app is adapter for ASL”.
3. Str. 13: Niezrozumiałe sformułowanie: “a breakdown of the methods by type of vision: RGB and depth”.
4. Str. 16-19: Strony zawierają ogólny i bardzo powierzchowny przegląd metod zgłębiania danych oraz uczenia maszynowego zawierający minimalną liczbę odnośników do literatury. Zamieszczanie takiego powierzchownego przeglądu w rozprawie doktorskiej wydaje się niepotrzebne. Szkoda, że zamiast tego nie zamieszczono naukowego przeglądu metod przetwarzania danych z rękawic sensorycznych.
5. Str. 25-26, rozdział 2.6: Powierzchowny przegląd metod PCA i LDA nie wnosi nic istotnego do rozprawy.
6. Str. 29: Wyrażenie „face of operation” prawdopodobnie zawiera błąd literowy.
7. Str. 29: Brakuje analizy dokładności pomiarów.
8. Str. 30: Dlaczego wybrano akurat przetwornik BNO055? Jakie jest uzasadnienie wyboru? W pracy naukowej jest istotna analiza rozwiązań i nie można się ograniczać do prostego stwierdzenia typu „użyłem, działa, więc to jest dobre rozwiązanie”.
9. Str. 30: Autor rozważa różne rozwiązania konstrukcyjne czujników wielkości mechanicznych w rękawicach sensorycznych i informuje, że wyboru elementów

piezoelektrycznych dokonał na podstawie porównania właściwości tych przetworników oraz przetworników działających na odmiennym zasadzie. Niestety, nie wiadomo, jak autor dokonał wyboru. Czy dokonał własnych pomiarów, czy kierował się danymi innych autorów? Gdzie i kiedy je opublikowano ?

10. Str. 33: Brakuje wyników eksperymentów.
11. Str. 33: Wyrażenie „glove with Velcro” jest wyrażeniem żargonowym.
12. Str. 35: Wyrażenie „correct PSLs letters” prawdopodobnie jest błędne.
13. Str. 36: Rys. 3.4.1. składa się z symboli o nieznanym znaczeniu, co powoduje, że cały rysunek jest niezrozumiały.
14. Str. 36-38: Stosunkowo małe liczb osób brały udział w eksperymentach. Czy autor zrobił rozeznanie w literaturze wskazujące, że wykorzystanie takich małych liczb osób w podobnych eksperymentach jest akceptowalne? W rozprawie brakuje odpowiedniej analizy.
15. Str. 41, rys. 4.3.1: Skąd wiadomo, że błędy są wynikiem „hardware defects”?
16. Str. 41, rys. 4.3.1 i 4.3.2 : Brakuje opisu krzywych.
17. Str. 52: Z czego wynika wzór (5)? Nie podano ani objaśnienia, ani odnośników do literatury.
18. Str. 55, rys. 5.4.1: Co oznaczają czerwone i niebieskie słupki? Brak objaśnienia pod rysunkiem.

Wymienione powyżej uwagi szczegółowe częściowo mają charakter polemiczny, częściowo krytyczny i niektóre z nich rzeczywiście wpływają na obniżenie oceny rozprawy. Jednak nawet drobne uwagi krytyczne nie są rozstrzygające, a więc istotnie nie wpływają na ostateczną ocenę rozprawy.

W konkluzji recenzji stwierdzam, że rozprawa pana mgr. inż. Jakuba Piskozuba przedstawia oryginalne i kompleksowe rozwiązanie ważnego problemu naukowego. Przedstawiona rozprawa stanowi opis istotnych osiągnięć naukowych i konstrukcyjnych mieszczących się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, a w szczególności w dyscyplinie „Inżynieria biomedyczna”. Rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez odpowiednie przepisy (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce - Dz. U. z 2023 r. poz. 742). W związku z tym proszę o dopuszczenie jej autora do publicznej obrony rozprawy doktorskiej w dyscyplinie „Inżynieria biomedyczna”.

Robert Domeński