

Prof. dr hab. inż. Daoud Robert Iskander
Katedra Inżynierii Biomedycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Marcela Marka Smolińskiego
p.t. „Metody automatycznej diagnostyki siły motorycznej mięśni w okolicy dłoni,
stawu nadgarstkowego oraz łokciowego i wspomagania rehabilitacji
w terapii zajęciowej”

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 20 czerwca 2024 r. oraz listu Przewodniczącego Rady, prof. dr. hab. inż. Ewy Piętki.

1. Układ i treść rozprawy

Praca doktorska, napisana w języku polskim, posiada 107 stron i podzielona jest na sześć rozdziałów, wcześniej poprzedzonych streszczeniami w języku polskim i angielskim. We wstępie doktorant zawiera motywacje oraz tezy pracy. W rozdziale drugim przedstawia przegląd dostępnej mu wiedzy na temat diagnostyki i urządzeń wykorzystywanych w rehabilitacji. Trzeci rozdział doktorant poświęca omówieniu zależności pomiędzy elektromiografią a siłą mięśniową, a czwarty stabilizacji pacjenta podczas rehabilitacji. W piątym rozdziale doktorant omawia wyniki prac wdrożeniowych powstałych w ramach doktoratu. Szósty rozdział zawiera krótkie nawiązanie do streszczenia pracy oraz stwierdzenie, że na podstawie przeprowadzonych badań, tezy pracy zostały potwierdzone. Końcowa część pracy zawiera bibliografię (113 pozycji), listę skrótów i symboli, oraz spisy rysunków i tabel.

2. Uwagi merytoryczne

2.1. Uwagi do rozdziału pierwszego

Rozdział pierwszy to krótki wstęp do pracy. Doktorant zawarł w nim dwie tezy, które w tej recenzji w całości przytoczę:

1. „Wartości siły motorycznej mięśni w okolicy dłoni i stawu nadgarstkowego w zakresie potrzebnym do wykonywania typowych operacji w życiu codziennym są skorelowane z wartościami sygnałów EMG generowanych przez mięśnie.”
2. „Stabilizacja pozycji pacjenta pomaga w obiektywizacji oceny stanu pacjenta i postępów w rehabilitacji poprzez zmniejszenie wpływu mięśni niepodlegających

rehabilitacji na wykonywane ćwiczenia oraz zmniejszenie wariancji wartości mierzonego sygnału EMG.”

W mojej opinii pierwsza teza postawiona przez doktoranta jest faktem, którego nie trzeba dowodzić (można rozważać siłę tej zależności, ale nie sam fakt jej istnienia), natomiast druga teza jest oczywistością laboratoryjną podczas pomiarów (która z kolei może być różna dla osób zdrowych i chorych). Zakładając, że tezy pracy doktorskiej pojawiły się dopiero podczas jej pisania, doktorant mógł lepiej je postawić albo zrezygnować z ich opisu w całości.

2.2. Uwagi do rozdziału drugiego

W zasadzie rozdział drugi przedstawia przegląd literatury. Przegląd ten odzwierciedla w jakim stopniu doktorant zapoznał się z obecnym stanem wiedzy oraz techniki.

Do tej części pracy mam następujące uwagi:

1. Strona 5. Tekst omawia roboty jedno-osiowe z wymiennymi końcówkami dla kończyn. Pozycja [110] omawia rehabilitację po COVID-zie. Jest to nietrafne odniesienie do literatury.
2. Strona 6. Tekst omawia hydroterapię. Pozycja [97] (bez autorów oraz źródła/nazwy czasopisma) ma w tytule przegląd sMEG.
3. Strona 6. Paragraf 4. Nie jest wiadomo do czego odnoszą się „oba podejścia”.
4. Strona 7. Pozycja [39] ta sama co pozycja [38].
5. Strona 7. Enkodery i czujniki położenia. Pozycja [50] dotyczy efektów edukacji medycznej. Nietrafne odniesienie do literatury.
6. Strona 7. Biofeedback. Pozycja [62] nie jest trafna, dotyczy GSR, ale w psychiatrii i chorobach umysłowych.
7. Strona 9. Przedmowa do 2.2.1. Doktorant pisze „Poniżej przedstawiono przykładowe roboty lub urządzenia, które w ramach przeprowadzonej analizy u odbiorców uznano jako interesujące” oraz przedstawia kryteria wyboru, do których zalicza głównie cenę i gabaryty sprzętu, a nie konkretne parametry techniczne związane z tematem pracy, czyli rehabilitacją i diagnostyką.
8. Strona 9. Podrozdział 2.2.1. Przy podawaniu nazw firm w pracach naukowych podaje się również nazwy miasta i państwa, gdzie ten sprzęt jest produkowany. Dopiero po przejściu do podanej w pracy strony internetowej można się dowiedzieć, że ten sprzęt jest produkowany w Singapurze. Uwaga co do miast/państw odnosi się do wszystkich przedstawionych w tej części pracy sprzętów jak i w dalszych rozdziałach.
9. Strona 10 (i w dalszych częściach pracy). Rysunek 2.1 (i dalsze) Doktorant nie podaje źródeł przedstawionych w pracy rysunków, zaczerpniętych głównie z Internetu. Nie podaje też czy dana grafika podlega zasadom Creative Commons (CC).
10. Strona 10 (i w dalszych częściach pracy). Doktorant nie używa znaku minus tylko znaku dywiz.
11. Strona 11. Tabela 2.1. W związku z przyjętymi przez doktoranta kryteriami włączenia czy też wyłączenia danego urządzenia z omówienia, powinna się w tym miejscu znaleźć tabela zbiorcza dla wszystkich urządzeń z krótkim uzasadnieniem.
12. Strona 11. Robot CR2-Haptic był produkowany przez firmę TechCare *Innovation*, a nie TechCare. Link do strony już nieaktywny. Produkt był produkowany przez jakiś czas,

ale już go nie ma. Doktorant wspomina o tym na stronie 12 i pisze, że robot ten poddawany był analizie. Szczegółów tej analizy doktorant nie podaje. W związku z tym uważam, że opisywanie tego szczególnego rozwiązania w pracy jest mało trafne.

13. Strona 12. Rysunek 2.3 jest łatwo znaleźć w Internecie. Po włączeniu w przeglądarce Google filtra Creative Commons, nie pojawiają się on, więc najprawdopodobniej jest *copyrighted*.
14. Strona 13. Rysunek 2.4. Komentarz jak wyżej.
15. Strona 14. Rysunek 2.5. Komentarz jak wyżej.
16. Strona 15. W podsumowaniu podrozdziału 2.2 po przytoczeniu pięciu różnych urządzeń doktorant wymienia listę parametrów, którymi (według „klientów”) powinien charakteryzować się „produkt”. W tym punkcie brakuje definicji, kto jest klientem – ośrodek/lekarz/terapeuta kupujący produkt, czy też pacjent? Jeżeli to drugie, to przedstawiona lista powinna być przeredagowana do tych parametrów, które odpowiadają za wartość diagnostyczną urządzenia, a nie czy jest ono, na przykład, łatwe do przenoszenia. Reasumując, doktorant w przeglądzie dostępnych rozwiązań technicznych nie skupił się na temacie pracy. Uważam również, że przegląd powinien zawierać rozwiązania opisane w patentach międzynarodowych – w tej kwestii zabrakło tu przeglądu literatury.
17. Strona 15. Podrozdział 2.3. Tekst omawia FIM. Pozycja [90] dotyczy związku między stanem zdrowia jamy ustnej a FIM-em. Nietrafne odniesienie do literatury. To samo na stronie 18. Punkt 5.
18. Na stronach 16–22 doktorant opisuje różne skale lub testy oceniające ruchomość pacjenta, ale zamiast odnieść się do fundamentalnych źródeł, gdzie, na przykład, dana skala została po raz pierwszy zdefiniowana, odnosi się (właściwie losowo) do źródeł, gdzie dana skala lub test jest stosowana. Na przykład, dla skali Katz ADL doktorant odniósł się do pracy [16] na temat (moje tłumaczenie): *Walidacja wskaźnika Katza dotyczącego samodzielności w codziennych czynnościach u starszych osób w Turcji*. Ponadto, przydałaby się tabela, w której wszystkie te skale i testy byłyby konsekwentnie pogrupowane. Doktorant powinien uzasadnić ten opis w kontekście swojej pracy badawczej. Niestety, jak wykazuje dalsza treść dysertacji, żadna z omawianych tu skal nie jest wykorzystywana w pracy.

Podsumowując natomiast cały przegląd literatury muszę stwierdzić, że został on zrobiony mało dogłębnie, bez rygoru naukowego, oraz z brakiem poszanowania własności intelektualnych (ostatnie dotyczy rysunków). Niezrozumiały dla mnie, z punktu widzenia doktoratu wdrożeniowego, jest brak odniesień do rozwiązań technicznych opisywanych w patentach.

2.3. Uwagi do rozdziału trzeciego

Rozdział trzeci zatytułowany jest „Korelacja sygnałów EMG z siłą mięśniową pacjenta.” Nie jest to trafny tytuł na rozdział, w którym żadna korelacja nie jest liczona. Trafniej byłoby zacząć ten tytuł od słowa „związek” albo „zależność”. Niestety ta część pracy nie jest zrealizowana na poziomie pracy doktorskich.

Do tej trzeciego rozdziału pracy ma następujące uwagi:

1. Strony 21–23. Brak spójności w oznaczeniach sEMG/SMEG (dotyczy całej pracy).
2. Strona 23. Ostatnie dwa paragrafy nie dotyczą metod prowadzenia pomiarów (podrozdział 3.2), lecz rehabilitacji i stanowią wciąż wstęp teoretyczny.
3. Strona 24. Rysunki 3.1 i 3.2. Brak źródeł. Zasadność zamieszczenia tych rysunków w pracy jest wątpliwa, a podpisy są lakoniczne.
4. Strona 25. Opis urządzenia Stella BIO. Nie jest dla mnie zrozumiałe, dlaczego w pracy dotyczącej siły motorycznej mięśni w okolicy dłoni, czy też stawu łokciowego tyle miejsca poświęcono opisowi urządzenia do trenowania mechanizmów trzymanych moczu i stolca. Ten związek, jeśli istnieje, powinien być wyartykułowany w pracy w jasny i zrozumiały dla czytelnika sposób.
5. Strona 25. Definicja RMS i odniesienie do pozycji [85] literatury. Odniesienie do pracy [85] jest nietrafne, gdyż jest to przegląd technik monitorowania drgań w celu predykcyjnej konserwacji maszyn wirujących.
6. Strona 26. Rysunki 3.3 i 3.4. Brak źródeł.
7. Strona 27. Opis fotela Mezos SIT. Parametry zamieszczone w Tabeli 3.1 nie mają związku z tematem pracy.
8. Strona 29. Tekst „*W ramach prowadzenia różnych rozważań, jednym z prostszych rozwiązań, które mogłoby w prosty sposób prowadzi do weryfikacji, czy w danym cyklu kalibracyjno-pomiarowym doszło do istotnych zmian. Jest ...*” jest nie tylko niegramatyczny, ale też nieprecyzyjny. Co doktorant ma na myśli pisząc „różne rozważania”, czy też na czym polegała „prostota rozwiązania”?
9. Strona 29. Test studenta. Po pierwsze nie ma tu uzasadnienia (założeń statystycznych), czy taki test możemy użyć. Po drugie, doktorant mylnie pisze, że dla przypadku, kiedy $p < 0.05$, nie ma znaczących zmian (tu zakładam oczywiście, że poziom istotności autor przyjął na poziomie 0.05).
10. Strona 29. Nie rozumiem zdania „*Belka jest używana w zakresie swojej elastyczności deformacji*”
11. Strona 30. Rysunek 3.8 (źródło najprawdopodobniej własne) ma słabą jakość (jak większości rysunków) oraz napisy w języku angielskim. Podpis rysunku jest lakoniczny.
12. Strona 30. Doktorant pisze, że sygnał mierzony był z *dokładnością* $0,1\mu V$. Wcześniej (strona 25) było napisane, że był on mierzony z *rozdzielczością* $0,1\mu V$. Jak było rzeczywiście? Doktorant zamiennie używa oba pojęcia, które często nie są równoważne.
13. Strona 30. Doktorant pisze „Dane zostały zebrane dla zdrowej, pojedynczej osoby”. Czyli mamy do czynienia z przypadkiem tzw. $n = 1$ (i na dodatek w grupie kontrolnej). Jak to można odnieść do tematu rozprawy doktorskiej, czyli diagnostyki i rehabilitacji? Co więcej, w dalszej części pracy, kalibracja instrumentu (rysunek 3.10) dokonana jest znów na *pojedynczych* punktach pomiarowych, bez uwzględnienia błędów pomiarowych!
14. Strona 31. Łączenie pojedynczych punktów pomiarowych liniami, które doktorant zastosował w modelowaniu, nie jest uzasadnione w przypadku istnienia błędów pomiarowych.
15. Strona 32. Rysunek 3.10. Rysunek powinien zawierać (co najmniej) słupki błędów.

16. Strona 34. Tabela 3.4. Kolumny 5 i 6. Wartości sEMG RMS oraz szacowana siła podana jest do dwóch miejsc po przecinku. Mierzone wartości nie miały tak dużej precyzji.
17. Strona 35. Podsumowanie powinno skupić się wyłącznie na pracach przedstawionych w rozdziale bez nieuzasadnionego opisu przyszłościowego potencjału zastosowanych metod.

Podsumowując, prace badawcze opisane w tym rozdziale nie gwarantują prawidłowej kalibracji urządzenia, zostały przeprowadzone tylko z udziałem jednej zdrowej osoby. Czy był to niezależny ochotnik, czy też sam autor poddał się tym badaniom? Co w przypadku osób wymagających rehabilitacji? Jako *alternatywę*, przedstawiam poniżej następujące zalecenia:

1. Przeprowadzić kalibrację dla pojedynczej osoby ($n \geq 10$ razy) oraz dla kilku (m) różnych osób ($m \times (n \geq 10)$ razy). Wyznaczyć średnie, mediany i odchylenia standardowe. Wyznaczyć powtarzalność. Zbadać zależność krzywej kalibracyjnej od sposobu przeprowadzenia pomiarów. To jest 10 razy ta sama siła i jej zmiana versus 10 razy cały cykl zmiany siły. Można nawet pokusić się o zbadanie histerezy.
2. Wprowadzić, na przykład, linowy model mieszany (z ang. MLE, tak jak dla danych wzdłużnych) dla danych kalibracyjnych.

2.4. Uwagi do rozdziału czwartego

Rozdział czwarty poświęcony jest stabilizacji pacjenta. Niestety, doktorant nie podaje informacji o jakim pacjencie jest mowa. Najprawdopodobniej jest znów to ta sama osoba zdrowa, co opisana w rozdziale trzecim, przy czym w tej części pracy badania są powtarzane (dwa razy po $n = 20$), a ich wyniki poddawane są prostej analizie statystycznej.

Do tej części pracy mam następujące uwagi:

1. Strona 37. Doktorant wspomina tu o końcówce robota zwanej *pinchmeter*, którą opisuje dopiero w podrozdziale 5.5 na stronie 69.
2. Strona 38. Rysunki 4.1 i 4.2. Brak źródeł. Nie są to rysunki autorstwa doktoranta?
3. Strona 38. Podrozdział 4.3. Brak numer odniesienia do Rozdziału 3.
4. Strona 39. Rysunek 4.3 Brak opisu osi odciętych. Brak opisu co oznacza „Guide”. Kanały oznaczone na żółto i zielono – nieczytelne (na rysunku 4.5 coś widać na tych kanałach). Można rozważyć nieliniową skalę na osi rzędnych.
5. Strona 39. Procedura pomiaru. Punkt 9. Nie podano, ile było sesji pomiarowych? Jedna?
6. Strona 39. Brak statystycznego uzasadnienia zastosowania testu studenta. Wielkość próby jest tu stosunkowo mała.
7. Strony 40 i 41. Tabele 4.1 i 4.2. Wyniki podane z precyzją znacznie większą, niż to jest możliwe przy tych pomiarach (np. $0.01 \mu V$), czy też przy tej ilości pomiarów (0.01 %).
8. Strona 42. Pierwszy paragraf. Literówki „z stabilizacją” oraz „gdzie zastosowana”

Podsumowując ten rozdział wnioskuję, że doktorant przeprowadził badania z i bez podparcia (stabilizacji) dla tylko jednej osoby, najprawdopodobniej zdrowej i prawdopodobnie nie była to osoba trzecia (na przykład wolontariusz). Czy doktorant spodziewał się otrzymania innych wyników niż te zamieszczone w tabeli 4.3? Czy ten pojedynczy wynik uzasadnia postawioną przez autora drugą tezę? Tak jak w poprzednim

rozdziale zaleceniem jest przeprowadzenie podobnych badań na co najmniej kilku ochotnikach, w tym pacjentach wymagających rehabilitacji, bo to jest tematem pracy.

2.5. Uwagi do rozdziału piątego

Rozdział piąty, największy objętościowo, doktorant poświęca zaawansowanej diagnostyce w robocie rehabilitacyjnym i przechodzi do opisu dwóch urządzeń: Meissa OT oraz Mezos ST. W pierwszej części rozdziału doktorant szczegółowo opisuje aspekty antropometryczne oraz konstrukcyjne urządzenia. Uwaga skupiona jest na takich detalach jak odpowiedni poziom podświetlenia oraz ustawienie ekranu, z którego pacjent korzysta, czy też na to czy stół ma maskownice dekoracyjne. To jaskrawy kontrast do tego, ile uwagi doktorant poświęcił w poprzednich rozdziałach na kalibrację czy też testowanie systemu. Czytając ten rozdział widać wyraźnie, na co doktorant kładzie nacisk – nie jest to jednak temat pracy (metody automatycznej diagnostyki i rehabilitacja), lecz budowa urządzenia do tych celów. Ten punkt powinien być już wcześniej naświetlony. Do rozważenia jest też zmiana tytułu rozprawy.

Niemniej, trzeba podkreślić, że rozdział piąty to dość dobrze napisana część pracy. Można założyć, że rysunki w tej części pracy są własnego autorstwa, chociaż nie zostało to wyraźnie zaznaczone. Do tego rozdziału mam następujące uwagi:

1. Strona 45. Literówki/gramatyka: „bardziej jej *bardziej*”, „wersja, który”
2. Strona 46. Niezdefiniowane HMI.
3. Strony 46, 47. Słaba rozdzielczość rysunków 5.1 i 5.2
4. Strona 51. Rysunek 5.7. Brak źródła wartości podanych w tabeli wymiarowej ręki.
5. Strona 55. Rysunek 5.15. Niefortunny kadr z nogą w tle (podobnie 5.14, ale tu jest to mniej rażące)
6. Strony 56–57. Kolejny opis urządzenia Meissa OT. Autor powtarza informacje wcześniej już zawarte w pracy.
7. Strona 76. Wyniki dla czasów wymiany końcówki. Średnio specjaliści są o 1,13 sekundy lepsi od operatorów (4,95 s versus 6,08 s). W tej części pracy doktorant podaje dane od 15 specjalistów i 17 operatorów. Czy czas wymiany końcówki jest ważniejszy w tym rozwiązaniu niż to czy dokładnie ono mierzy siłę i czy sprawdzi się w rehabilitacji?
8. Strony 79–81. Opis akcesoriów do Mezos SIT związanych z kończyną dolną nie jest związany z tematem pracy. Sugeruję usunąć ten opis z pracy lub go szczegółowo uzasadnić.

2.6. Uwagi do bibliografii

Doktorant założył „losowy” styl bibliografii. Pozycje literatury nie są przedstawione ani w kolejności występowania ani w porządku alfabetycznym. Autorzy wymienionych pozycji są przedstawieni w różnorodny sposób, poczynając od inicjałów poprzedzonych nazwiskiem, nazwisk poprzedzonych inicjałami, podawaniem w całości niektórych imion autorów, podawaniem całych imion oraz nazwisk wielkim literami, do absurdalnego „*Name Surname i Name Surname*” (pozycje [96] i [97]). Ze 113 pozycji bibliografii 13 pozycji nie ma

odniesienia w tekście pracy. Pozycje [38] i [39] są tożsame. Pojawia się zasadnicze pytanie: dlaczego w pracy wdrożeniowej nie ma odniesień literaturowych do patentów?

3. Uwagi końcowe

Z opisu pracy wynika, że w jej ramach została opublikowana jedna praca o charakterze międzynarodowym (pozycja [93], Proceedings of the 23rd Polish Conference on Biocybernetics and Biomedical Engineering, Lodz, Poland, September 27–29, 2023) oraz że został złożony wniosek patentowy (podany w pracy numer zgłoszenia UPRP: P.445950 nie jest jeszcze dostępny na stronie <https://ewyszukiwarka.pue.uprp.gov.pl/>). W związku z tym można byłoby założyć, że od strony formalnej, praca powinna spełniać wymagania stawiane pracom doktorskim w ustawie: art. 187 ust 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Niestety, w związku z niską jakością prowadzonych prac (dotyczy to nie wdrażanej konstrukcji urządzenia, lecz zastosowanego aparatu naukowego do integralnej części tego urządzenia, to jest kalibracji oraz pomiaru siły) oraz znaczącą liczbą zamieszczonych wyżej uwag merytorycznych uważam, że praca powinna być poprawiona. W związku z tym wnoszę o niedopuszczenie mgr. inż. Marcela Marka Smolińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wrocław, 2 września 2024 r.

Podpisał Robert Iskander (podpis odręczny)

