

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Klaudii Kozłowskiej**
z tytułowanej

**„Reinterpretacja zmienności parametrów czasoprzestrzennych chodu
(Reinterpretation of variability of gait spatio-temporal parameters)”**

Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Biomedycznej Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. lek. Haliny Podbielskiej nr K65W11D04/322/2021 z dnia 28.09.2021r.

1. Merytoryczna ocena pracy

Chód stanowi podstawową formę lokomocji człowieka. Analiza parametrów czasowo-przestrzennych jest źródłem cennych informacji o kondycji fizycznej, ale również może być podstawą diagnostyki chorób narządu ruchu, czy też neurodegeneracyjnych. Zasadniczą część pracy Doktorantki związana jest z badaniami właściwości skalowania parametrów czasowo-przestrzennych chodu podczas chodu na bieżni. Analiza również dotyczy krótkoczasowej kontroli tych parametrów w aspekcie obecności losowych zaburzeń prędkości bieżni.

Praca dotyczy ważnych i nie do końca poznanych problemów. Biorąc powyższe pod uwagę, wybrany temat pracy doktorskiej uważam za istotny oraz aktualny zarówno pod względem naukowym, jak również pod względem zastosowania wyników badań w praktyce. Należy również stwierdzić, że wyzwania jakie stawia sobie Doktorantka są ambitne, a narzędzia zastosowane potwierdzają interdyscyplinarne kompetencje kandydatki.

Zakres rozprawy doktorskiej obejmuje: streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, listę skrótów wykorzystywanych w treści dysertacji, 6 głównych rozdziałów, wnioski, CV doktorantki, spis rysunków i tabel oraz bibliografię. Zasadniczą część dysertacji Doktorantka zawarła na 47 stronach maszynopisu. Na podkreślenie zasługuje fakt, że rozprawa w całości została napisana w języku angielskim. W spisie bibliografii znajdują się 163 pozycje literaturowe. Doktorantka powołuje się na najnowsze źródła literaturowe, niespełna 20 pozycji to publikacje sprzed 2000 roku, natomiast znaczna większość to publikacje po roku 2010. Doktorantka odwołuje się do najnowszych doniesień naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych np. Gait&Posture, Journal of Biomechanics, Plose One, Human Movement Science, IEEE, Annals of Biomedical Engineering, etc.

Rozprawę rozpoczyna rozdział, który został zawarty na 6 stronach i podzielony na 5 krótkich podrozdziałów. We wstępie Introduction Doktorantka powołuje się na 113 pozycji literaturowych.

Pierwszy podrozdział został zatytułowany „Gait” i obejmuje krótką definicję chodu, informacje dotyczące międzynarodowej klasyfikacji ICF, czy dane związane z kosztami ekonomicznymi upadków podczas chodu.

Cennym uzupełnieniem wstępu byłaby informacja odnosząca się do statystyk związanych z najczęstszą aktywnością życia jaką jest chód, brakuje szczegółów dotyczących biomechaniki chodu, informacji o podziale chodu na cykle, podfazy czy informacji na temat wyznaczników chodu.

Drugi podrozdział dotyczy ilościowej analizy chodu, w którym Autorka przedstawia historię i rozwój systemów/narzędzi wykorzystywanych do analizy chodu (od obserwacji, przez rejestracje kamerami video, systemy optyczne do analiz ruchu za pomocą smartfonów i smartwatch-y). Doktorantka powołuje się na przykładowe publikacje związane z wymienionymi narzędziami pomiarowymi. Autorka nie wspomina natomiast nic na temat parametrów chodu, które poddaje się analizie (parametrów czasowo-przestrzennych, kinematycznych, dynamicznych, dot. aktywności mięśni). Wg. mojej opinii w rozdziale tym brakuje również informacji nt. definiowania norm (danych wzorcowych, osób zdrowych) parametrów czasowo-przestrzennych, kinematycznych i dynamicznych chodu.

Kolejne dwa podrozdziały dotyczą badania zmienności ruchu oraz zmienności chodu. Ostatni podrozdział wstępu podejmuje tematykę skalowania analizy skalowania chodu człowieka, w którym Autorka przedstawia DFA (detrended fluctuation analysis) jako metodę analizy właściwości skalujących w czasie chodu.

W rozdziale drugim Doktorantka przedstawiła 4 hipotezy badawcze. Skupiła się na badaniu właściwości skalowania parametrów czasowo-przestrzennych chodu podczas chodu na bieżni. Postanowiła również zbadać krótkoczasową kontrolę tych parametrów, również w obecności losowych zaburzeń prędkości bieżni.

Kolejne rozdziały 3-6 podejmują rozważania związane z przyjętymi hipotezami badawczymi.

W rozdziale 3 „Trends in gait dynamics” Doktorantka wykorzystwała wielowymiarowe krzywe regresji adaptacyjnej (ang. Multivariate Adaptive Regression Splines, MARS) do określenia trendów w czasowo-przestrzennych parametrach chodu podczas chodzenia na bieżni. Użyła również DFA i estymatora modogarmów do obliczenia wykładnika skalowania szeregu czasowego ST/SL/SS (ST – czas kroku ; SL – długość kroku, SS – prędkość kroku) i odpowiednich reszt MARS. Doktorantka użyła odcinkowo liniowego wariantu MARS do modelowania trendów w parametrach czasowo-przestrzennych chodu. Do tego celu został napisany kod w środowisku MatLab. Nie został on szczegółowo przedstawiony w ramach rozprawy doktorskiej, natomiast odwołuje się do dokumentu i artykułu swojego autorstwa (w czasopiśmie PLoS Computational Biology), gdzie został on szczegółowo przedstawiony.

Analizy przeprowadzone w tym rozdziale bazowały na wynikach zaczerpniętych z literatury. Doktorantka wyznaczyła wybrane parametry analizy trendu i właściwości skalowania szeregów czasowych ST/SL. Uzyskane wyniki dają nowe cenne światło na tematykę kontroli chodu na bieżni.

W rozdziale 4 Doktorantka podejmuje analizy związane z drugą postawioną hipotezą badawczą przyjmującą, że losowe zaburzenia prędkości bieżni wymuszają kontrole parametrów czasowo-przestrzennych chodu, przejawiającą się fluktuacjami łagodnych i trwałych trendów. Doktorantka w rozważaniach tych również bazowała na wynikach badań eksperymentalnych dostępnych w literaturze (z badań innego niż poprzednio autora, Moore et al. [120]).

Doktorantka szczegółowo opisała metodykę matematycznych analiz. W sekcji wyniki porównane zostały wyniki trendów i ich parametrów dla chodu niezaburzonego i chodu z perturbacjami. Wykazała, że zaburzenia wzdłużne mają różny wpływ na trendy ST/SL. Przy niskiej prędkości chodu i niskim poziomie hałasu, regulacje SL są wystarczające do skompensowania perturbacji. Autorka wykazała, że w sytuacjach gdy potrzebna jest ściślejsza kontrola np. w celu skompensowania przypadkowej zmiany prędkości bieżni, trendy stają się dłuższe i bardziej płaskie.

Rozdział 5 Doktorantka podejmuje problematykę krótkoterminowej kontroli parametrów czasowo-przestrzennych chodu. Przyjęła hipotezę, że krótkoterminowa kontrola parametrów czasowo-przestrzennych chodu wykazuje funkcjonalną asymetrię chodu. Na potrzeby tych analiz wyniki badań eksperymentalnych zaczerpnięto z literatury. Doktorantka przedstawiła w pracy dowody asymetrii w kontroli dynamiki chodu człowieka.

W rozdziale 6 Doktorantka dokonała analizy zmienności parametrów czasowo-przestrzennych chodu podczas chodzenia na bieżni. Autorka wykazała, że w obecności silnych zaburzeń wariancje parametrów ST i SL wzrastają. Wskazała, iż niezwykle intrygująca jest zależność prędkości tych wariancji podczas chodu z zaburzeniami i to one dostarczają wskazówek w jaki sposób kontrolowany jest chód.

Wnioski końcowe dysertacji sformułowane zostały w postaci zwięzłego tekstu. Wnioski końcowe odnoszą się do 4 postawionych hipotez badawczych.

2. Uwagi oraz pytania do pracy

Praca stanowi cenne źródło uzupełnienia wiedzy na temat parametrów czasowo-przestrzennych chodu i ich analiz. Pracę oceniam pozytywnie, niemniej jednak w trakcie czytania zrodziło się kilka wątpliwości oraz pytań:

- Duża część wyników, które są przedstawione w rozprawie doktorskiej znajduje się również w niejedno autorskich publikacjach Doktorantki. Wyniki przedstawione w rozdziale 3 dysertacji to wyniki z artykułu: Kozłowska K., Łątka M., West B.J.: Significance of trends in gait dynamics, PLoS Computational Biology, 2020, 16(10), e1007180. Wyniki przedstawione są w takiej samej formie (w niezmienionej formie), w tekście, przy podpisach każdego rysunku/tabeli powinny się więc znaleźć odpowiednie odwołania (cytowania) do publikacji. Dopiero ostatnie zdanie dyskusji rozdziału 3 wyjaśnia, że rozdział ten bazuje częściowo na wynikach umieszczonych w wskazanym artykule [116].
- rozdział 5 jest odzwierciedleniem kolejnego artykułu: Kozłowska, K., Latka, M. & West, B. Asymmetry of short-term control of spatio-temporal gait parameters during treadmill walking. Scientific Reports 7, 44349 (2017). <https://doi.org/10.1038/srep44349>. W rozdziale tym również brakuje

jakichkolwiek odwołań / cytowania przy tabelach, rysunkach, etc. Podobnie jak w rozdziale 3, dopiero ostatnie zdanie dyskusji wyjaśnia, że wyniki przedstawione w tym rozdziale bazują na wynikach przedstawionych w ww. artykule.

W tym miejscu rodzi się pytanie jaki procent prezentowanych wyników stanowi osiągnięcie Doktorantki?

- słabym punktem pracy doktorskiej jest fakt, że Doktorantka analizy przeprowadza w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych innych autorów dostępnych w literaturze, dodatkowo pochodzących z kilku różnych źródeł. Badania tego rodzaju nie stanowią większego problemu, kilka ośrodków w kraju dysponuje odpowiednią aparaturą w tym katedra Biomechatroniki Politechniki Śląskiej.
- W rozprawie doktorskiej zabrakło jasnego wskazania ograniczeń pracy oraz kierunków dalszych badań i analiz.

Pytania do pracy to:

- Doktorantka w swej rozprawie rozważa zależności parametrów czasowo-przestrzennych podczas chodu na bieżni. Analizie poddaje wyniki z badań eksperymentalnych pochodzących z różnych źródeł. Doktorantka wykazała wiele zależności między właściwościami parametrów czasowo-przestrzennych chodu na bieżni (m.in., że trendy ST i SL są silnie skorelowane), analizie poddała krótkoterminową kontrolę parametrów czasowo-przestrzennych chodu. Czy kontrola motoryczna będzie się różnić dla chodu na bieżni i chodu fizjologicznego? Czy Doktorantka przypuszcza, że będą to podobne zależności?
- Niezwykle ciekawe było by sprawdzenie jak zmieniają się trendy kinematyki ruchu w poszczególnych stawach lub przemieszczeń środka masy ciała oraz analiza krótkoterminowej kontroli tych parametrów podczas chodu na bieżni lub podczas chodu fizjologicznego w różnych warunkach. Czy analizy takie można przeprowadzić korzystając z metodyki analiz przedstawionej w przedłożonej dysertacji?
- Czy na podstawie zaproponowanej metodyki można określić zakresy prawidłowej kontroli / regulacji chodu w zmieniających się warunkach? Czy wyniki przedstawionych w rozprawie analiz mogą nieść informacje diagnostyczne? Niezwykle ciekawym byłoby określenie, jak wygląda krótkotrwała kontrola parametrów czasowo-przestrzennych chodu u osób z zaburzeniami funkcji lokomocyjnych?

Doktorantka w rozprawie stosuje sposób cytowania literatury zgodny z kolejnością pojawiania się odwołań w tekście rozprawy doktorskiej.

Uwagi :

Bibliografia:

- pozycja [70] – niepełny opis bibliograficzny pozycji, brak roku publikacji, numeru stron, ewentualnie nr DOI

- Odwołania do stron internetowych w bibliografii np. pozycje [42], [43] – powinny być uzupełnione o datę dostępu, podaną np. w nawiasie

3. Ocena końcowa

Praca stanowi cenne uzupełnienie wiedzy w obszarze analiz parametrów czasoprzestrzennych chodu. Doktorantka w swojej rozprawie podjęła interesującą i ważną tematykę badawczą. Otrzymane wyniki pozwalają na lepsze zrozumienie mechanizmów kontroli chodu, w tym chodu na bieżni, który jest wymuszony. Regulacja chodu jest niezbędna do bezpiecznego chodzenia w nieznanym otoczeniu.

Na podkreślenie zasługuje dorobek naukowy Doktorantki – jest autorką 5 artykułów naukowych, z czego dwie publikacje z IF są bezpośrednio związane z badaniami i analizami przedstawionymi w rozprawie doktorskiej. Wyniki swoich badań Doktorantka prezentowała na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych.

Uwagi krytyczne nie umniejszają osiągnięć Autorki, często mają charakter dyskusji naukowej.

Zatem uważam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Klaudii Kozłowskiej zatytułowana „*Reinterpretacja zmienności parametrów czasoprzestrzennych chodu (Reinterpretation of variability of gait spatio-temporal parameters)*” odpowiada w pełni wymogom stawianym pracom doktorskim w myśl ustawy i na tej podstawie stawiam wniosek Wysokiej Radzie ds Dyscypliny Naukowej Inżynieria Biomedyczna Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Marek Czich
M

