

dr hab. inż. Mirosław Bocian, prof. uczelni
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny,
Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej
i Biomedycznej,
dyscyplina: Inżynieria Mechaniczna
ul. Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław

Wrocław, 26.05.2022

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Wioletty Biesiady
p.t. „*Modelowanie warunków wielokrotnych obrotów w saltie „WILDCAT”
w snowboardzie*”

Opis identyfikacyjny: praca papierowa w twardej oprawie, stron 103, pozycji literatury 88, pozycji spisu rysunków 53, pozycji spisu tabel 21, Aneks: publikacja w Journal of Human Kinetics volume 72/2020 pt.: „Movement Variability During the Flight Phase in a Single Back Sideflip (Wildcat) in Snowboarding”, autorzy: Bogdan Bacik, Wioletta Kurpas, Wojciech Marszaek, Piotr Wodarski, Grzegorz Sobota, Michał Starzyński, Marek Gzik.

Promotor rozprawy doktorskiej: dr hab. Bogdan Bacik, prof. AWF Katowice.

Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej: dr inż. Piotr Wodarski, Politechnika Śląska

Zleceniodawca: Rektor AWF Katowice, prof. dr hab. Grzegorz Juras

CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA PRACY

Rozprawa zawiera spis treści, 4 numerowane rozdziały z podrozdziałami, podsumowanie z elementami dyskusji, streszczenie, bibliografie, netografie, spis rysunków, spis tabel i aneks.

W *rozdziale 1* zatytułowanym *Wprowadzenie teoretyczne do problematyki pracy*, Autorka omawia podstawowe zagadnienia związane ze skokami na snowboardzie: snowboard, jako dyscyplina, rodzaje skoczni oraz rodzaje chwytów deski. Odnosi się także, do rosnącej roli biomechaniki w sporcie, mającej na celu poprawę efektywności, jak i bezpieczeństwa zawodników. Autorka omawia fazową strukturę ruchu, podział oraz poszczególne fazy. W dalszej części opisuje, co to jest modelowanie oraz rodzaje modeli stosowanych przy zagadnieniach związanych z opisem ruchów w biomechanice.

Rozdział 2 zawiera problematykę badawczą pracy, w której Autorka sformułowała cel badawczy następująco:

„*Głównym celem rozprawy jest opracowanie i walidacja matematycznego modelu fazy lotu w snowboardowym saltie „wildcat”*”

Wskazała także etapy modelowania:

1. opisanie struktury kinematycznej fazy lotu w pojedynczym saltie „wildcat”;
2. identyfikacja zmienności ruchów w fazie lotu w pojedynczym saltie „wildcat”;
3. opracowanie modelu fazy lotu pojedynczego salta „wildcat” przy użyciu modelu punktowego i modelu elipsoidy bezwładności ciała z uwzględnieniem zmienności ruchów i warunków początkowych;
4. określenie warunków wykonania fazy lotu w podwójnym saltie „wildcat” na podstawie modelu;
5. walidacja modelu poprzez porównanie uzyskanych w fazie lotu wyników podwójnego salta „wildcat” z wynikami empirycznymi.

Rozdział 3 zawiera „Materiał i Metody Badawcze”. Autorka opisuje, kto należał do grupy badawczej oraz czym ta grupa się charakteryzowała, opisała także miejsce badań. Dużą część poświęciła na opis narzędzi badawczych w postaci dwóch systemów pomiarowych: systemu optoelektronicznego oraz systemu wideo, które pozwalały na śledzenie ruchów ciała w czasie „lotu”. Poprzez zamodelowanie kinematyki ciała oraz danych uzyskanych z „poklatkowego” modelowania markerów wirtualnych, Doktorantka otrzymywała dane kinematyczne. Następnie wszelkie dane dla modeli (punktowego i elipsoidy bezwładności) zostały wyliczone za pomocą oprogramowania MATLAB. Autorka także w tym punkcie opisała w jaki sposób opracowała dane pomiarowe, by wyznaczyć parametry takie jak: położenie, prędkość, przyspieszenie, energia kinetyczna i potencjalna środka masy „zawodnik + set snowboardowy”. W przypadku ruchu obrotowego wprowadzono model elipsoidy bezwładności.

Rozdział 4.

W **podrozdziale 4.1** Autorka opisuje strukturę kinematyczną fazy lotu. Dokonuje podziału ze względu na: a) fazę wznoszenia i fazę opadania; b) zmianę momentu bezwładności (jednego z niezmienników); c) położenie osi ciała w płaszczyźnie lotu. Przedstawia także na wykresach, jak wybrane parametry, powiązane z kryteriami, zmieniają się w czasie lotu (rys. 29). Autorka na podstawie przeprowadzonych analiz dokonała podziału na strategie wykonania salta: typu „U” i typu „V”, które wynikały ze zmian sumarycznego momentu bezwładności w czasie lotu. W tabeli 5 wykazała istotne różnice w analizowanych parametrach na granicach faz lotu w zależności od wykonanej strategii „U” lub „V”.

W **podrozdziale 4.2** Doktorantka przeprowadza identyfikację zmienności ruchów w fazie lotu, w której uwzględniono pozycję i prędkość środka masy, sumaryczny moment bezwładności i kąt ciała względem pionu. Wyznaczyła poziomy procentowe zmienności (CV) ze względu na „badanego”, oraz na „moment realizacji ruchu” i ze względu na „parametr ruchu”.

W **podrozdziale 4.3** znajduje się opracowanie modelu fazy lotu dla pojedynczego salta „wildcat” z wykorzystaniem modelu punktowego oraz modelu elipsoidy bezwładności. Autorka w podpunktach, w przejrzysty sposób, określa przyjęte założenia modelu i opisuje działanie oprogramowania napisanego w Matlabie pozwalającego na odpowiedni import danych, wyliczenie uśrednionych parametrów wejściowych: wektora prędkości i kąta osi ciała zawodnika oraz czasu trwania poszczególnych faz lotu. Następnie pokazuje modelowanie kąta osi ciała na końcu fazy lotu (określenie odpowiedniego kąta niezbędnego do „bezpiecznego

lądowania”). Program dostarcza wyniki także w postaci graficznej, do późniejszej analizy (rys. 48).

W **podrozdziale 4.4** Autorka określa warunki wykonania fazy lotu w podwójnym saltie „wildcat” na podstawie modelu. Doktorantka szukała takich wartości zmiennych brzegowych, by modelowanie wykazało wykonanie podwójnego salta, opierając się na danych empirycznych uzyskanych z salt pojedynczych z uwzględnieniem strategii „V” oraz „U”. Podczas modelowania określony został konkretny schemat postępowania, co do kolejności zmian poszczególnych parametrów. Zbiorcze wyniki Autorka przedstawiła w tabeli 8, jednak w danym zakresie zmiennych nie uzyskała odpowiedniego kąta lądowania dla podwójnego salta. Dopiero po zwiększeniu zakresu rozrzutu zmiennych do 3 odchyłeń standardowych zostały osiągnięte wyniki pozwalające na stwierdzenie, że wykonano salto podwójne, ale tylko w strategii „V”.

W **podrozdziale 4.5** Autorka dokonała walidacji modelu poprzez porównanie wyników podwójnego salta „wildcat” z wynikami rzeczywistymi. Tylko dwóch zawodników było w stanie wykonać takie salto, więc dane pomiarowe były uboższe niż w przypadku salta pojedynczego. Doktorantka podzieliła walidację na trzy części:

- a) weryfikację modelowego kąta osi ciała przy lądowaniu dla strategii „U” oraz „V”,
- b) porównanie zestawu zmiennych brzegowych z danych empirycznych z danymi wprowadzonymi do modelowania,
- c) dane empiryczne prób salt podwójnych wprowadzono do programu (dla strategii „U” i „V”) w celu weryfikacji kąta osi ciała z rzeczywistym wynikiem.

Doktorantka następnie opisała wyniki uzyskane po każdym procesie walidacji oraz przedstawiła wnioski cząstkowe na podstawie których zaproponowała korektę modelu, co spowodowało mniejsze różnice w wynikach między wartością rzeczywistą, a wartością otrzymaną z modelu. Na końcu podrozdziału proponuje stosowanie dwóch wersji modelu ze względu poziom doświadczenia zawodnika. Model pierwotny powinien być stosowany dla zawodnika mało doświadczonego, natomiast model zmodyfikowany – dla zawodnika doświadczonego.

W **„podsumowaniu z elementami dyskusji”** Autorka formułuje ogólne spostrzeżenia i wnioski z pracy badawczej. Wskazuje na istotne różnice, które pozwoliły na wyselekcjonowanie i opisanie dwóch odmiennych strategii wykonania salta - na strategię „U” i „V”. Zauważyła także ciekawy aspekt, polegający na silnej korelacji wykonania konkretnej strategii z odmiennym pozycjonowaniem kończyn dolnych w czasie lotu. Doktorantka wskazuje także na małą powtarzalność ruchów, która jednak wraz z treningiem zauważalnie wzrasta, jednak te duże zmienności powodują utrudnioną analizę różnic międzyosobniczych i wewnątrzosobniczych. Autorka opiera się na modelu punktowym oraz na modelu elipsoidy bezwładności, który pozwolił na opisanie ruchów obrotowych, bez konieczności analizowania pozycji, w czasie skoku, poszczególnych elementów ciała. Opisuje przebieg testów od tych związanych z saltem pojedynczym, do opisu modelowania skoku z saltem podwójnym. Przedstawia wnioski wynikające z procesu walidacji salta podwójnego i przedstawia możliwe dodatkowe interpretacje na temat rozbieżności wyników.

Przedstawia dodatkowe pewne zasady, jakimi należy się kierować przy wyborze modelu dla danego snowboardzisty. Na końcu podsumowuje kompletność etapów pracy doktorskiej i wskazuje, że dzięki tej pracy powstała użyteczna aplikacja, która pomoże szkoleniowcom planować treningi i rozwój zawodników w bezpieczny sposób.

Następnie w pracy pojawia się streszczenie w języku polskim, angielskim oraz spis literatury.

UWAGI O ROZPRAWIE, PYTANIA MERYTORYCZNE I ZAGADNIENIA DYSKUSYJNE

Rozprawa doktorska jest napisana poprawnym językiem. Poziom edytorski jest na bardzo dobrym poziomie. W pracy nie zauważono większych błędów, natomiast niektóre z nich zostały podane w dalszej części recenzji. Należy podkreślić, że praca zawiera wiele szczegółowych rysunków i wykresów, co odzwierciedla szeroki program badań. Tabele są przedstawione w przejrzystej formie.

Literatura jest poprawnie dobrana, duża część literatury jest literaturą w języku angielskim. Jest to literatura z ostatnich lat, ale także starsza, jednakże ważna dla tego obszaru badawczego. Doktorantka załączyła także swoją publikację, która ukazała się w „Journal of Human Kinetics” volume 72/2020,29-38 DOI: 10.2478/hukin-2019-0006, 140 p. minist. pt.: „Movement Variability During the Flight Phase in a Single Back Sideflip (Wildcat) in Snowboarding” pod autorstwem: B. Bacik, W. Kurpas, W. Marszałek, P. Wodarski, G. Sobota, M. Starzyński, M. Gzik.

Zdaniem recenzenta, rozprawa w nowatorski sposób łączy zagadnienia biomechaniki z zagadnieniami nauczania ruchu i nabywania nowych umiejętności. Modele mechaniczne zostały w pracy rozszerzone do zagadnienia ciała sztywnego o zmiennej elipsoidzie bezwładności. Z jednej strony jest to duże uproszczenie zagadnienia, zarazem wystarczające, by uwzględnić dynamikę ruchu obrotowego ciała zawodnika w czasie lotu. Recenzent pragnie zwrócić szczególną uwagę na bogaty materiał badawczy, dobrą obróbkę statystyczną i szczegółową analizę poszczególnych faz lotu, oraz modelowanie dynamiki lotu.

W rozprawie zaprezentowano kompleksowe ujęcie zagadnienia, co jest niewątpliwie osiągnięciem naukowym Doktorantki. Poniżej recenzent zamieścił swoje uwagi krytyczne i komentarze do pracy.

Uwagi krytyczne, polemiczne i komentarze:

1. Na str. 40 napisano „Fakt, że I jest tensorem oznacza, że charakterystyka bezwładności bryły sztywnej nie zależy od wyboru układu współrzędnych.” Co Pani rozumie przez charakterystykę, czy miała Pani na myśli niezmienniki transformacji?
2. Jest opracowana aplikacja, która modeluje lot zawodnika, ale jakie równania są w tej aplikacji zaimplementowane?
3. Dlaczego akurat suma głównych centralnych momentów bezwładności została przyjęta, jako reprezentant informacji o rozkładzie masy zawodnika?

4. Rys. 33. Nieczytelny opis osi pionowych.
5. Na stronie 53 odnosi się Pani do krętu (momentu pędu), a jak rozumiem, patrząc na jednostki, jest to „znormalizowany kręt”, powinno to być wyraźnie zaznaczone.
6. Rysunek 34. Nieczytelny opis osi pionowych i rysunków.
7. Rys 35, rys 36, za małe opisy osi i znaczki,
8. Dlaczego prędkość kątowa nie jest w jednostkach [rad/s]?
9. Rys. 37. nieczytelne opisy, dlaczego energia ma jednostkę [m²/s²]?
10. Tabela 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 i 19 – gdy mowa o momencie pędu, powinno się zaznaczyć, że jest to „znormalizowany moment pędu”
11. W jaki sposób był szacowany moment pędu zawodnika z danych pomiarowych, czy może Pani określić skalę błędu szacowania tej wielkości?

Uwagi o charakterze redakcyjnym:

Chciałbym podkreślić, że wyżej wymienione uwagi mają jedynie charakter dyskusyjny i w żaden sposób nie umniejszają pozytywnego odbioru wyników pracy oraz osiągniętych przez Doktorantkę celów.

PODSUMOWANIE

Istotny i twórczy wkład **Pani mgr Wioletty Biesiady** w rozwój nauk o kulturze fizycznej, w jej część teoretyczną, eksperymentalną i metodologiczną polega na tym, że przedstawiła rozwiązanie postawionego problemu badawczego, tj. *Modelowanie warunków wielokrotnych obrotów w saltie „WILDCAT” w snowboardzie*, na podstawie, którego można sformułować następujące wnioski i osiągnięcia:

1. Autorka zaproponowała rozbudowę modelu o element ciała sztywnego z przestrzennym rozkładem masy, określonym za pomocą elipsoidy bezwładności z uwzględnieniem zmienności ruchów i warunków początkowych.,
2. Wykazała się dużą wiedzą w zakresie analizowania danych eksperymentalnych i obróbki statystycznej.,
3. Dokonała podziału na fazy lotu ze względu na zaproponowane kryteria, biorąc pod uwagę ruch postępowy środka masy jak i ruch obrotowy.,
4. Zaproponowała, z uwagi na charakterystyki czasowe znormalizowanego sumarycznego momentu bezwładności, podział metod wykonywania salta na strategię „U” i strategię „V”.,
5. Na podstawie testów i modelowania skoków pojedynczych, wykonała modelowanie skoków podwójnych „WILDCAT”, a następnie zweryfikowała działanie modelu na danych eksperymentalnych.,
6. Zaproponowała wskazówki, kiedy stosować model podstawowy, a kiedy zmodyfikowany, podała mocne i słabe strony modelu.,

7. Jako efekt pracy Doktorantki, powstała aplikacja mająca na celu wspomóc proces planowania treningu i rozwój sportowy zawodników w bezpiecznych warunkach.,
8. Autorka wykazała się wiedzą z zakresu modelowania układów biomechanicznych oraz zagadnień kinematyki i dynamiki.

WNIOSEK
o dopuszczenie do publicznej obrony

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że:

1. **Rozprawa doktorska Pani mgr Wioletty Biesiady spełnia** wymagania art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, stan prawny na dzień 30 września 2011 r.) i w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.) wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.
2. Zakres rozważań rozprawy kwalifikuje ją do dziedziny nauk **medycznych i nauk o zdrowiu** i dyscypliny nauka **o kulturze fizycznej** według obecnej klasyfikacji dziedzin i dyscyplin określonej w rozporządzeniu z dnia 20 września 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

Miroslaw Posa