

dr hab. inż. Jacek Jurkojc, Prof. Politechniki Śląskiej
Katedra Biomechatroniki
Wydział Inżynierii Biomedycznej
Politechnika Śląska
ul. Roosevelta 40
41-800 Zabrze
E-mail: Jacek.Jurkojc@polsl.pl

Zabrze, 24.08.2020

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Katarzyny Minta-Bieleckiej

pt. „Dwugrupowanie jako metoda klasyfikacji wzorców chodu u osób z hemiplegią”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 18 czerwca 2020 r. oraz pisma l.dz. RDIB – 65/2019/2020 z dnia 24.06.2020 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Paszendy.

2. Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt.: **"Dwugrupowanie jako metoda klasyfikacji wzorców chodu u osób z hemiplegią "** autorstwa pani mgr inż. Katarzyna Minta-Bielecka.

Praca ma charakter teoretyczno-badawczy i składa się z wprowadzenia, 7 rozdziałów głównych, wniosków końcowych, streszczenia oraz spisów: literatury, rysunków i tabel. Całość pracy liczy 151 stron, 25 rysunków i 28 tabel. Do napisania pracy wykorzystano 198 pozycji literaturowych i 17 stron internetowych związanych z tematyką prowadzonych przez Autorkę badań. Realizację głównych celów pracy podzielono na badania doświadczalne obejmujące serię pomiarów osób zdrowych i osób po udarach mózgu oraz badania modelowe obejmujące zastosowanie metod grupowania i dwugrupowania.

Praca została podzielona na dwie części: teoretyczne wprowadzenie do tematyki prowadzonych prac badawczych oraz opis przeprowadzonych badań własnych. Pierwsza część, zawarta w rozdziałach 1, 2 i 3, obejmuje opis chodu prawidłowego, opis chodu osób z niedowładem połowicznym oraz przegląd metod grupowania i dwugrupowania z uwzględnieniem ich zastosowania w analizie chodu. Druga część pracy, zawarta w rozdziałach 6 i 7, obejmuje opis pomiarów doświadczalnych, opis zastosowanych metod grupowania i dwugrupowania, jak również wyniki obliczeń i ich analizę. W rozdziale 4 zawarta została teza oraz cel pracy. Całość zamyka rozdział „Wnioski końcowe”.

Biuro Rady Dyscypliny
Inżynieria Biomedyczna

wpłynęło dnia 24.08.2020

nr 31 zał.

3. Ocena merytoryczna pracy

3.1 Tematyka rozprawy

Na podstawie przeprowadzonego przez Autorkę pracy przeglądu literatury w zakresie prawidłowych i nieprawidłowych wzorców chodu, metod klasyfikacji chodu oraz możliwości zastosowania metod grupowania i dwugrupowania w analizie chodu sformułowano następujący cel naukowy rozprawy:

„Celem rozprawy jest opracowanie efektywnych algorytmów dwugrupowania danych do klasyfikacji zaburzonych wzorców w cyklu chodu u pacjentów z hemiplegią na podstawie wybranych parametrów chodu człowieka.”

Dla sformułowanego celu przedstawiono 6 szczegółowych celów rozprawy:

- syntetyczne zaprezentowanie dotychczasowych technik i strategii grupowania parametrów chodu człowieka oraz omówienie ich niedoskonałości
- ocenę przydatności wybranych technik grupowania danych w kontekście klasyfikacji parametrów chodu u osób z hemiplegią
- propozycję modyfikacji algorytmów dwugrupowania danych na potrzeby klasyfikacji danych eksperymentalnych
- przedstawienie konstrukcji oryginalnego narzędzia dwugrupowania danych – algorytmu KMB – jako odpowiedzi na mankamenty dotychczasowych technik dwugrupowania danych
- test praktycznej użyteczności zaproponowanego algorytmu KMB w problemach grupowania danych w zbiorze pacjentów z hemiplegią
- przeprowadzenie analizy porównawczej nowego algorytmu KMB z szeregiem innych, do pewnego stopnia alternatywnych, metodologii.

Sformułowano również tezę pracy:

„Metody dwugrupowania danych stanowią uniwersalne i efektywne narzędzie teoretyczne w problemach klasyfikacji wzorców w poszczególnych fazach cyklu chodu u osób z hemiplegią, na podstawie wybranych parametrów.”

Realizacja powyższych celów została przeprowadzona na podstawie badań własnych obejmujących pomiary doświadczalne oraz obliczenia modelowe.

Pomiary doświadczalne przeprowadzono z udziałem 50 osób zdrowych, stanowiących grupę kontrolną, oraz 41 pacjentów – osób ze stwierdzoną hemiplegią będącą konsekwencją udaru mózgu. Pomiary dokonano z wykorzystaniem systemu do analizy ruchu składającego się z zestawu kamer i platform dynamometrycznych. W ramach prac zarejestrowano 176 cykli chodu osób po udarach oraz 150 cykli chodu osób zdrowych. Na podstawie pomiarów wyznaczono wybrane wielkości czasowo-przestrzenne, kinematyczne oraz dynamiczne dla zarejestrowanych cykli chodu prawidłowego oraz nieprawidłowego. W celu określenia różnic pomiędzy grupą kontrolną oraz grupą osób chorych

przeprowadzono analizę statystyczną. Określono również korelację pomiędzy wielkościami czasowo-przestrzennymi otrzymanymi dla osób chorych i wskaźnikiem Barthel wyznaczonym dla poszczególnych pacjentów, który to wskaźnik opisuje poziom niezależności funkcjonalnej.

Badania modelowe dotyczyły możliwości zastosowania metod grupowania i dwugrupowania do analizy wyników pomiarów doświadczalnych. Badania te podzielono na dwie części.

Pierwsza część obejmowała wykorzystanie metod grupowania hierarchicznego oraz grupowania K - średnich. Autorka opisała założenia teoretyczne obu metod oraz dokonała praktycznego ich wykorzystania w celu identyfikacji podobnych przebiegów zmian kątów stawowych, momentów sił mięśniowych oraz mocy w stawach u osób z hemiplegią, a następnie pogrupowania tych przebiegów w klastry. Każde grupowanie pozwoliło autorce wyodrębnić 3 klastry, dla których następnie zostały obliczone średnie wartości wybranych wielkości czasowo-przestrzennych. Na tej podstawie Autorka dokonała oceny zastosowanych metod grupowania pod kątem możliwości zastosowania do klasyfikacji wzorców chodu osób z hemiplegią.

Druga część badań modelowych obejmowała wykorzystanie metod dwugrupowania do oceny chodu osób z hemiplegią, co stanowiło podstawową tematykę prac prowadzonych przez Autorkę. Autorka opisała szczegółowo metodykę prowadzonych obliczeń, a następnie przedstawiła wyniki obliczeń dokonanych z wykorzystaniem trzech metod dwugrupowania: Chenga i Churcha, Boraha i Bhattacharyya oraz autorskiej metody KMB. Dwugrupowania dokonano na podstawie zarejestrowanych w płaszczyźnie strzałkowej przebiegów kątów w stawach kończyny dolnej, przebiegów momentów sił mięśniowych w tych stawach oraz przebiegów mocy w stawach. Przeprowadzone obliczenia umożliwiły wyodrębnienie, spośród wszystkich analizowanych 176 cykli chodu osób z hemiplegią, biklastrów zawierających fragmenty przebiegów czasowych wspomnianych powyżej wielkości. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów przebiegu wielkości zakwalifikowanych przez algorytm dwugrupowania w odniesieniu do cyklu chodu.

3.2 Najważniejsze osiągnięcia pracy

Do najważniejszych osiągnięć badawczych przedstawionej pracy doktorskiej należy zaliczyć:

- opracowanie metodyki zastosowania metody dwugrupowania do analizy chodu, w szczególności klasyfikacji chodu osób z hemiplegią,
- opracowanie autorskiego algorytmu umożliwiającego przeprowadzenie klasyfikacji chodu osób z hemiplegią z wykorzystaniem metod dwugrupowania,
- przeprowadzenie pomiarów doświadczalnych na grupach osób zdrowych i osób z hemiplegią,
- przeprowadzenie klasyfikacji chodu osób z hemiplegią z zastosowaniem metod grupowania i dwugrupowania,
- wskazanie zalet i wad poszczególnych metod grupowania i dwugrupowania w zastosowaniach analizy chodu.



4. Uwagi krytyczne i dyskusja materiału naukowego

- 1) W tabeli 3, strona 67 Autorka określa długość cyklu chodu osobno dla prawej i lewej kończyny. Jak należy rozumieć te wyniki, skoro długość cyklu chodu (z ang. stride length) zgodnie z definicją, którą przytacza również Autorka na stronie 18, jest to odległość pomiędzy kolejno następującymi po sobie punktami kontaktu z podłożem tej samej pięty, czyli odległość ta zawiera w sobie zarówno krok wykonany kończyną lewą jak i prawą.
- 2) W rozdziale 6 Autorka przedstawia wyniki otrzymane metodami grupowania. Przedstawiony opis obliczeń jest jednak zbyt ogólnikowy aby umożliwić powtórzenie tych obliczeń.
- 3) Na wykresach w rozdziale 7, przedstawiających przebiegi analizowanych wielkości w odniesieniu do cyklu chodu, pojawiają się wartości, które nie mogą odpowiadać rzeczywistym wartościom analizowanych wielkości. Uwzględniając fakt, że w tabelach z rozdziału 5 zawarto wartości odpowiadające wartościom realnym, nieprawidłowe wartości na wykresach wynikają prawdopodobnie z błędu edycyjnego, a nie pomiarowego, jednak wymaga to komentarza Autorki.
- 4) W opisie algorytmu metody KMB na stronie 110 Autorka stwierdza, że usuwanie węzłów wywoływane jest do momentu „...aż możliwe okaże się dodanie jakiegokolwiek wiersza”. Nie zostało jednak wyjaśnione kiedy warunek ten zostanie spełniony.
- 5) Na stronie 117 Autorka stwierdza, że „...autorski algorytm KMB uzyskał biklastry najlepsze”. Na jakiej podstawie zostało to stwierdzone?
- 6) Autorka do porównania wyników metod grupowania i dwugrupowania wykorzystuje wyznaczone dla klastrów i biklastrów średnie wartości wielkości czasowo-przestrzennych chodu. Dlaczego w tych porównaniach ograniczono się tylko do wielkości czasowo-przestrzennych, a nie wykorzystano innych wielkości przedstawionych w rozdziale 5.2, co umożliwiłoby o wiele pełniejszą ocenę zidentyfikowanych klastrów i biklastrów. W mojej ocenie należało również, tak jak w analizie statystycznej całej grupy pacjentów, określić czy otrzymane różnice pomiędzy obliczonymi wartościami średnimi są istotne statystycznie.
- 7) Analizy zidentyfikowanych metodami grupowania i dwugrupowania klastrów i biklastrów można było uzupełnić o informację na ile powtarzalne były te grupowania w zależności od zastosowanej metody i wielkości grupującej oraz co mogło wpłynąć na ewentualne podobieństwa lub różnice pomiędzy grupami. Ocena ta znacznie zwiększyłaby użyteczny charakter rozprawy.
- 8) Autorka dla każdego z pacjentów określiła wartość Barthel Index. Dlaczego nie wykorzystano tego wskaźnika, do określenia jak poszczególne metody grupowania i dwugrupowania korelują z ogólnym stanem zdrowia pacjenta.
- 9) Autorka wykonała pomiary grupy kontrolnej zawierającej 50 osób zdrowych. Czemu otrzymane wyniki dla tej grupy nie zostały wykorzystane w obliczeniach grupowania i dwugrupowania? Otrzymane 150 cykli dla osób zdrowych mogły posłużyć zarówno jako



osobne obliczenia kontrolne dla zastosowanych metod, jak również mogły uzupełnić macierz 176 cykli osób chorych umożliwiając określenie na ile zastosowane algorytmy nadają się do identyfikacji określonych zaburzeń chodu na tle wzorca chodu prawidłowego.

- 10) W pracy występuje pewna liczba błędów stylistycznych i edycyjnych, jak również niewspomniane w recenzji nieznaczne nieścisłości w opisach metodyki i wyników badań, które jednak nie umniejszają walorów naukowych pracy.
- 11) W mojej ocenie, doceniając duży wkład pracy Autorki oraz bogaty materiał badawczy, w opiniowanej rozprawie zabrakło rozdziału zawierającego krytyczną dyskusję otrzymanych wyników badań, a w szczególności zbiorcze porównanie wszystkich zastosowanych metod grupowania i dwugrupowania oraz przedstawienia otrzymanych wyników na tle prac innych autorów. W rozdziale tym, lub w podsumowaniu powinny znaleźć się również stwierdzone przez Autorkę ograniczenia możliwości wykorzystania zaprezentowanej metodyki badań oraz ewentualne kierunki dalszego rozwoju metod grupowania i dwugrupowania w badaniach chodu osób zdrowych i chorych.

5. Wnioski końcowe

Podsumowując należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera cenne aspekty poznawcze w szeroko rozumianej dyscyplinie Inżynieria Biomedyczna. Prace badawcze przedstawione w rozprawie zostały zrealizowane na wysokim poziomie naukowym. Wyniki badań uzupełniają dotychczasową wiedzę w zakresie analizy chodu. Niewątpliwym osiągnięciem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest praktyczne zastosowanie metod grupowania i dwugrupowania w ocenie chodu osób z hemiplegią. Zaproponowana metodyka badań może stanowić narzędzie, które umożliwi bardziej precyzyjną analizę oraz klasyfikację stopnia dysfunkcji narządu ruchu osób po udarach mózgu.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 recenzji nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne podczas prowadzenia dalszych badań, jak również w trakcie przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Recenzowana praca stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego, które wymagało posiadania szerokiej wiedzy z zakresu matematyki, informatyki, anatomii, biomechaniki narządu ruchu człowieka oraz technik pomiarowych stosowanych w biomechanice. Rozprawa przygotowana jest na wysokim poziomie naukowym i redakcyjnym.

Podsumowując, stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska pani mgr inż. Katarzyny Minta - Bieleckiej spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki w związku z §179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. (Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce). Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Minta – Bieleckiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Janek Jankowski