



dr hab. inż. Marek Gzik, prof. nzw w Pol. Śl.
Katedra Biomechatroniki
Wydział Inżynierii Biomedycznej
Politechnika Śląska

Gliwice 30.08.2013r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Poloczek

zatytułowanej

„Komputerowe wspomaganie diagnostyki i oceny postępu rehabilitacji ręki człowieka”

1. Zakres rozprawy

Techniczne zaplecze odgrywa coraz bardziej doniosłą rolę w funkcjonowaniu ośrodków zdrowia, jak również w procesie rozwoju oraz powstawania nowych technologii dla potrzeb medycznych. Metody diagnostyki, leczenia oraz rehabilitacji swój obiektywizm oraz skuteczność zawdzięczają w dużej mierze zaangażowaniu środków technicznych. Wspomaganie inżynierskie to synonim nowoczesnej medycyny, ukierunkowanej na pacjenta i jego problemy zdrowotne. Tym samym opiniowana praca wpisuje się w nurt działań inspirowanych ze środowiska medycznego, których celem jest wspomaganie procesów diagnostyczno-terapeutycznych. Szczególnie rehabilitacja osób z problemami natury neurologicznej wymaga obiektywnej oceny stanu niepełnosprawności oraz postępu w leczeniu. Dostrzegają to lekarze i fizjoterapeuci, czego wyrazem jest wzrost liczby wspólnych prac badawczych z przedstawicielami środowisk nauk technicznych. Praca łączy badania modelowe oraz eksperymentalne w celu wspomagania diagnostyki i postępu rehabilitacji, w przypadku osób z problemami ręki. Jest to przykład pozytywnego wykorzystania wiedzy inżynierskiej w celach obiektywnej oceny skuteczności leczenia. Podejmowana problematyka stanowi istotne ogniwo w procesie pogłębiania wiedzy o relacjach pomiędzy kinematyką ruchu, funkcją motoryczną mięśni ręki, a stanem obciążenia elementów układu szkieletowego.

Pracę zasadniczo można podzielić na dwie części, z których pierwszą stanowi komputerowo wspomagany system do oceny stopnia upośledzenia funkcji ręki. Druga część natomiast koncentruje się nad opracowaniem innowacyjnego urządzenia mechatronicznego do obiektywnych pomiarów cech biomechanicznych palców ręki. Rozprawa jest przykładem zastosowania modelowania wspomaganego eksperymentem do analizy wewnętrznych zjawisk

BIURO DZIEKANA	
RMT	2013 -09- 0 2
L. dz. 905/D/006/2013	

w systemie biologicznym. Wiedza ta przyczyni się w dalszej kolejności do opracowania systemu pomiarów nawet niewielkich postępów przywracania sprawności ręki, co ma niezwykle istotne znaczenie w przypadku osób po udarach mózgu z połowicznymi niedomaganiem.

Rozprawa doktorska obejmuje wstęp (1), streszczenie treści rozdziałów (2), rozdziały zasadnicze pracy wraz z podsumowaniem (rozdziały 3-7), załączniki (1-3) oraz spis literatury. Całość podjętej tematyki badań wraz z cytowaną literaturą ujęta została na 103 stronach maszynopisu. Spis treści obejmuje 7 rozdziałów, natomiast spis literatury 71 pozycji z dużą przewagą stron internetowych (28-71).

Recenzowana rozprawa mieści się w szeroko pojętej dyscyplinie naukowej – mechanika, w specjalności biomechanika.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Wstęp zawiera ogólną charakterystykę naukowego problemu podejmowanego w pracy na tle danych literaturowych. Podsumowaniem rozdziału jest przyjęty przez Doktorantkę cel pracy, którym było *„Opracowanie modelu matematycznego ręki oraz zaprojektowanie i wykonanie urządzenia służącego do oceny postępu jej rehabilitacji”*.

Doktorantka również sformułowała tezę *„Wspomaganie diagnozowania i oceny postępu rehabilitacji ręki może być przeprowadzone z wykorzystaniem metod i narzędzi stosowanych w mechanice komputerowej”*.

Rozdział drugi to przegląd treści pracy w sposób ogólny wprowadzający czytelnika do lektury.

W rozdziale trzecim Doktorantka opisuje obiekt rzeczywisty oraz etapy modelowania matematycznego ręki. Model uwzględnia kości śródreza, wszystkie paliczki palców: wskazującego, środkowego, serdecznego i małego pomijając kciuka. Nadgarstek jest traktowany jako nieruchomy element podparcia dla palców poruszających się w płaszczyźnie poprzecznej. Wszystkie człony biomechanizmu są traktowane jako bryły sztywne w kształcie walca o jednym stopniu swobody. Podrozdział 3.5 zawiera algorytm oraz analizę kinematyczną palców ręki. Układ równań matematycznych opisujący ruch palców został rozwiązany numerycznie metodą Newtona-Raphsona. Kolejny podrozdział 3.6 opisuje przeprowadzoną analizę strukturalną ręki, która była wstępem do budowy modelu dynamicznego opisanego w podrozdziale 3.7. Model dynamiczny stanowi układ dynamicznych równań ruchu Newtona-Eulera w połączeniu z metodami wariacyjnymi.

Rozdział czwarty zawiera charakterystykę stworzonego w ramach zadań pracy algorytmu diagnostyki ręki zdrowej. W mojej ocenie trafnie Doktorantka wskazała na połączenie metod

modelowych i eksperymentalnych, jako wspólnie najbardziej optymalny sposób pozyskiwania wiedzy o obciążeniach układu szkieletowo –mięśniowego człowieka. Opisany algorytm jest połączeniem modelu kinematycznego, dynamicznego ręki oraz badań eksperymentalnych z wykorzystaniem systemu do trójpłaszczyznowej analizy ruchu BTS Smart. Algorytm po wprowadzeniu jako dane wejściowe długości kości śródreźca oraz palców pozwala wyznaczyć położenia i trajektorie palców, kąty w stawach, prędkości i przyspieszenia kątowe. W rozdziale zilustrowane zostały wyniki analizy na przykładzie ruchu lewej ręki zdrowej kobiety. Dane mogą posłużyć jako wzorzec do opracowania normy zakresów parametrów kinematycznych palców ręki zdrowej. Co ma istotne znaczenie dla ilościowo-jakościowej oceny stopnia niepełnosprawności osób chorych.

W rozdziale piątym, który w mojej ocenie stanowi najcenniejszy element pracy zamieszczono opis innowacyjnego uniwersalnego urządzenia opracowanego jako autorski biomechaniczny system do badania cech biomechanicznych ręki. Wstępem do rozdziału jest opis mniej lub bardziej skomplikowanych istniejących na rynku urządzeń do ćwiczeń rehabilitacyjnych i diagnostyki ręki. Opracowane urządzenie jest w swojej istocie rękawicą z zespołem czujników zintegrowanych w system do pomiarów parametrów kinematycznych ręki. Funkcjonalność oraz poprawność działania urządzenia została potwierdzona przykładowymi badaniami eksperymentalnymi. Urządzenie stanowi alternatywę do badań z wykorzystaniem systemu BTS Smart, przy czym wykorzystanie rękawicy jest źródłem dokładniejszych wyników, ponadto pozwala rejestrować więcej parametrów reprezentujących wszystkie palce ręki.

Wyniki badań doświadczalnych oraz uzyskane z numerycznej analizy kinematycznej zestawiono w rozdziale szóstym.

Podsumowaniem pracy jest rozdział siódmy, w którym zamieszczone zostały uwagi i wnioski końcowe.

Praca zawiera trzy obszerne załączniki (łącznie 80 stron) kodu źródłowego oprogramowania sformułowanego w MatLabie dla potrzeb analizy kinematycznej oraz dynamicznej modelu, jak również program obsługujący opracowane urządzenie diagnostyczne. Uważam, że nie koniecznie ta część w takiej objętości musiała znaleźć się w pracy.

Praca ma charakter interdyscyplinarny i nawiązuje do dwóch dziedzin wiedzy to jest mechaniki oraz fizjologii ruchu człowieka. Autorka podjęła się trudnego dzieła, dzięki czemu udało się stworzyć oryginalną metodykę badań cech biomechanicznych ręki człowieka w aspekcie procesu rehabilitacji.

2. Uwagi do pracy

Praca dotyczy złożonych i trudnych zagadnień, co zrodziło szereg pytań i wątpliwości:

1. Przeprowadzone w ramach pracy studia literaturowe opierają się na ograniczonym zakresie materiału. Doktorantka cytuje 71 pozycji literaturowych z dużą przewagą stron internetowych, spośród których niewielka liczba dotyczy zagadnień biomechaniki ręki. Poszerzone studia literaturowe pozwoliłyby w szerszym kontekście zaprezentować osiągnięcia własne Doktorantki na tle danych literaturowych.
2. Za cel Doktorantka postawiła sobie opracowanie modelu matematycznego ręki oraz wykonanie urządzenia do oceny postępu jej rehabilitacji. Ręka człowieka przede wszystkim realizuje funkcje chwytne, a więc i proces jej rehabilitacji rozumiemy jako przywracanie sprawności w obszarze głównych jej zadań, a więc funkcji chwytnych. W pracy jako realizacja celu sformułowany został model ręki, który nie uwzględnia kciuka, co w badaniach modelowych uniemożliwia przeprowadzenie analizy biomechanicznej podczas wykonywania funkcji chwytnych. W tej sytuacji wydaje się że badania prowadzone w ramach pracy dedykowane były przede wszystkim grupie osób o wysokim poziomie niepełnosprawności, gdzie istotnym w procesie rehabilitacji jest nawet niewielki ruch palców, a funkcje chwytne na tym etapie nie są możliwe do analizowania. Jeżeli tak to zabrakło w pracy podkreślenia faktu, iż badania modelowe dotyczą analizy subtelnych ruchów np. w diagnostyce i rehabilitacji osób po wylewach i połowicznych niedomaganiach.
3. Klasyczne podejście w pracach o charakterze naukowym zakłada sformułowanie tezy. Niemniej jednak teza postawiona w pracy w treści: „*Wspomaganie diagnozowania i oceny postępu rehabilitacji ręki może być przeprowadzone z wykorzystaniem metod i narzędzi stosowanych w mechanice komputerowej*”, w mojej ocenie wydaje się być oczywista. Systemy analizy ruchu coraz powszechniej stosowane w medycynie zawierają elementy modelowania z wykorzystaniem narzędzi stosowanych w mechanice komputerowej. Należą do nich BTS Smart, czy też system Vicon.
4. Badania modelowe w pracy obejmują dwie części analizę kinematyczną oraz dynamiczną ręki w aspekcie rehabilitacji. Część dynamiczna w przypadku analizy ruchu płaskiego w płaszczyźnie poziomej, ponadto subtelnych ruchów palców, bez funkcji chwytnych wydaje się nie znajdować uzasadnienia. Potwierdzeniem jest wniosek 4 w podsumowaniu pracy. Całą część modelowania dynamicznego po uwzględnieniu kciuka można potraktować jako punkt wyjścia do utworzenia w przyszłości bardziej rozwiniętego

systemu oceny postępu rehabilitacji ręki. Mam nadzieję, że Doktorantka będzie mogła w przyszłości swój system w taki sposób rozbudować.

5. Przeprowadzona w pracy analiza strukturalna ręki właściwie sprowadza się do określenia długości kości oraz obliczenia ruchomości. W schemacie na rys. 4.1 stanowi istotny element systemu komputerowego wspomaganie diagnostyki ręki w modelu konceptualnym. Element ten jest źródłem danych wejściowych i nie powinien znajdować się w bloku z analizą kinematyczną i dynamiczną.
6. Rys.3.23 nie uwzględnia ruchomości kości śródreżca, które w modelu są traktowane jako ruchome. Ponadto rysunek zakłada w stawach pomiędzy kośćmi śródreżca oraz paliczek połączenie klasy IV tj. obrót oraz translacje w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ruchu. Założenie to jest błędne ze względu na fizjologiczne uwarunkowania, gdzie staw ten można traktować jako kulisty o trzech stopniach swobody. W przypadku ruchu płaskiego, gdy palce poruszają się w płaszczyźnie poziomej jedynie ruch obrotowy względem osi pionowej jest w tym stawie realizowany. Ponadto założenie połączenia w tym stawie klasy IV zmienia model z płaskiego na przestrzenny, co nie znajduje miejsca w dalszym opisie modelu dynamicznego.
7. Błędnie we wzorze 3.74 została policzona ruchliwość modelu jako 32, która przy założeniu wszystkich połączeń klasy V wynosi 16.
8. Tabela 3.1 błędnie podaje masy poszczególnych członów. Doktorantka założyła masę ręki 1 kg, natomiast w tabeli suma mas znacznie tą wartość przekracza, ma to również swoje odzwierciedlenie w błędnie policzonych masowych momentach bezwładności.
9. Duży osiągnięciem Doktorantki jest urządzenie - rękawica do pomiaru cech biomechanicznych ręki, wydaje się warto byłoby przedstawić szerokie możliwości jakie daje urządzenie w aspekcie rehabilitacji na tle innych podobnych.
10. Czytając pracę odnosi się wrażenie, że Doktorantka konsultowała na pewnych etapach rezultaty pracy z przedstawicielami środowisk medycznych, jednak w pracy, która ma charakter interdyscyplinarny brakuje podkreślenia tego istotnego faktu.

Ponadto należy stwierdzić, że praca została zredagowana starannie i zgodnie z zasadami przygotowania rozpraw o charakterze naukowym.

4. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z treścią recenzowanej rozprawy stwierdzam, iż stanowi ona istotny przyczynek naukowy do badań dotyczących rehabilitacji osób z problemami ręki. Poprawna realizacja celu i zakresu badań wymagała wiedzy z obszarów wykraczających poza nauki techniczne. W trakcie prac Doktorantka zapoznała się z anatomią i fizjologią układu ruchu, jak również metodami rehabilitacji osób z wadami upośledzającymi funkcje ręki. Doktorantka wykazała się umiejętnością właściwego przygotowania warsztatu naukowego, przeprowadziła badania modelowe, jak również potwierdziła walory opracowanego modelu poprzez eksperyment z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury badawczej. Na duże podkreślenie zasługuje opracowane autorskie urządzenie do pomiaru cech biomechanicznych ręki.

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

Zatem uważam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Agnieszki Poloczek zatytułowana „*Komputerowe wspomaganie diagnostyki i oceny postępu rehabilitacji ręki człowieka*” odpowiada w pełni wymogom stawianym pracom doktorskim w myśl ustawy i na tej podstawie stawiam wniosek Wysokiej Radzie Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Recenzent

Marcel Gzick

