

dr hab. Bogdan Bacik, prof. nadzw. AWF  
Zakład Biomechaniki  
Katedra Motoryczności Człowieka  
Akademia Wychowania Fizycznego  
w Katowicach

Katowice, 29.08.2013 rok



## Recenzja

### rozprawy doktorskiej pt: **"Komputerowe wspomaganie diagnostyki i oceny postępu rehabilitacji ręki człowieka"**

Autor: mgr inż. Agnieszka Poloczek

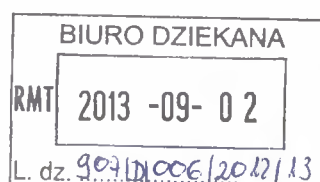
Promotor: dr hab. inż. Antoni John, prof. Politechniki Śląskiej

#### Ocena strony formalnej pracy.

Treść zawarta w rozprawie całkowicie odpowiada pod względem merytorycznym tematowi pracy. Układ pracy jest zgodny z zasadami pracy naukowej i typowy dla nauk technicznych. Dysertacja zawarta jest na 184 stronach wydruku komputerowego. Tekst uzupełnia aż 140 rycin i 9 tabel oraz trzy kody źródłowe do autorskich programów komputerowych. Można zatem stwierdzić, że rozprawa jest bardzo bogato wyposażona w materiały ilustracyjne oraz kompletny ciąg instrukcji i deklaracji umożliwiający weryfikację struktury programów komputerowych. Całość została podzielona na 7 rozdziałów a programy komputerowe zamieszczone zostały jako załączniki. Rozdziały są kompletne, logicznie podzielone na podrozdziały, wskazując na dobre przemyślenie struktury pracy. Trzeba zwrócić uwagę, że Autorka bardzo dobrze poradziła sobie tworząc dysertację przejrzystą i "przyjazną w odbiorze" mimo ogromnego nasycenia pracy danymi. Całość rozprawy cechuje staranność i estetyka prezentacji wyników. Autorka cytuje poprawnie 71 pozycji piśmiennictwa. 27 to prace oryginalne i zwarte, pozostałe to źródła internetowe. Część to prace oryginalne z ostatniej dekady, niektóre są starszymi pracami fundamentalnymi, niestety zdarzają się i podręczniki.

#### *Uwagi krytyczne.*

Sporadyczne usterki w postaci odmiennych formatów rycin i skal osi (np. ryc. 4.35 do 4.37) oraz incydentalne błędy literowe (np. str. 48) nie umniejszają jakości pracy a wręcz nadają jej "ludzki" wymiar. Natomiast zamieszczenie w rozdziale 4 tak licznych rycin przedstawiających przebiegi parametrów kinematycznych każdego z palców osobno daje w opinii recenzenta wrażenie szumu informacyjnego.



## Ocena strony merytorycznej pracy.

### **Oryginalność, znaczenie naukowe i aplikacyjne podejmowanego tematu.**

Biocybernetyka jest współcześnie jedną z najważniejszych i najprężniej rozwijających się dróg poszukiwań naukowych. Kluczem stają się coraz liczniejsze metody matematyczne i doskonalące się metody obliczeniowe. Biorąc pod uwagę, iż mija zaledwie pół wieku od "powstania" układu Lorenza, uznawanego za początki matematycznego opisu zachowania układu samoorganizującego się, nauka jest relatywnie na początku modelowania układów biologicznych. Dlatego przedstawiona do oceny rozprawa może być traktowana jako nowatorska i niezwykle ambitna! Model matematyczny nie jest bowiem wiernym obrazem zjawiska fizycznego lecz raczej obrazem aktualnego stanu wiedzy o tym zjawisku. Ze względu na specjalizację recenzenta szczególnie wnikliwie rozpatrzone będą różnice pomiędzy cechami przyjętego modelu a cechami modelowanego obiektu fizycznego. Nieodłącznym elementem modelu matematycznego, wynikającym z różnicy pomiędzy procesem rzeczywistym a procesem zachodzącym w modelu, są jego zaburzenia, dlatego w recenzji znajdują się pytania i wątpliwości zamiast uwag krytycznych. Nie wydają się bowiem zasadne aby Doktorantka mogła ucierpieć ze względu na ograniczony stan dotychczasowej wiedzy naukowej w zakresie objętym rozprawą. Najlepszym dowodem jest bardzo niewielka liczba modeli ruchów człowieka. Nawet najczęściej badane chód i kontrola postawy nie "doczekały" się w pełni zadawalającego modelu matematycznego. Jeszcze gorzej jest w zakresie diagnozowania zaburzeń funkcji motorycznych. Badanie kliniczne oparte jest w znacznej mierze na subiektywnej ocenie wzrokowej. Stosowane testy kliniczne wartościują najczęściej czynność motoryczną zaledwie dychotomicznie. Brak jest programów eksperckich wspomagających proces diagnostyczny, między innymi ze względu na brak mechanicznych norm, zmiennego ze swej natury, ruchu ludzkiego. Najbardziej dotkliwy wydaje się w opinii recenzenta brak świadomości i wiedzy o złożonym procesie czynności ruchowych. Powszechne poczucie, że "doświadczony" klinicysta "widzi" nieprawidłowość geometrii ruchu na poziomie wystarczającym dla oceny stopnia zaburzenia jest hamulcem w rozwoju ilościowej, obiektywnej diagnostyki funkcji motorycznych. W takiej sytuacji Autorka podjęła próbę zastosowania "mechaniki komputerowej" we "wspomaganiu diagnozowania i oceny postępu rehabilitacji ręki". Recenzent przyjął, iż rozprawa jest pierwszym etapem kontroli oprogramowania pod kątem użyteczności w procesie modelowania numerycznego. Przejściu drugiego etapu tzn. kontroli przez użytkownika (klinikę) służyć będą stawiane w recenzji pytania.

### **Cel pracy, przyjęty model.**

Cel pracy jest zrozumiały i nawiązuje bezpośrednio do tytułu rozprawy. Tytuł i cel pracy oprócz budowania modelu zapowiada także jego weryfikację i walidację. Jest on także odbiciem przeprowadzonych w rozprawie etapów modelowania numerycznego. Jako zjawisko rzeczywiste Autorka wybrała ruchy zginania i prostowania w stawach ludzkiej ręki. Ze względu na znaczenie czynności manipulacyjnych w motoryczności utylitarnej

i wytwórczej wybór jest znakomity. Jako model matematyczny przyjęto 36 punktów w układzie płaskim odwzorowujących śródreżce i cztery palce. Modelując kinematykę tego układu zastosowano nieliniowe równania ruchu metodą Newtona-Raphsona natomiast dla dynamiki skorzystano z równań Newtona-Eulera i zasad wariacyjnych mechaniki analitycznej. Wybrane metody można uznać za klasyczne i sprawdzone w wielu modelach. Budując model Autorka przyjęła następujące uproszczenia:

- a) wszystkie człony biomechanizmu są bryłami sztywnymi w kształcie walca;
- b) nadgarstek został unieruchomiony;
- c) układ współrzędnych jest dwuwymiarowy;
- d) wszystkie elementy ręki połączone są więzami;
- e) badany model zawiera 36 punktów.

Przyjęty model opisany jest bardzo dokładnie i szczegółowo. Uzupełniony czytelnymi ilustracjami pozwala także osobom o wykształceniu medycznym na zrozumienie modelu i czasowej struktury kinematycznej i dynamicznej zawartych w następnych rozdziałach pracy.

#### **Pytania:**

- Dlaczego nie uwzględniono w modelu pierwszego palca tzn. kciuka, skoro jego opozycja pozwala na trójpalcowy najprecyzyjniejszy chwyt, dzięki któremu, powstał Homo faber.
- Dlaczego w modelu jako warunek brzegowy uwzględniono jedynie pozycję anatomiczną ręki?
- Co oznacza "nadgarstek został unieruchomiony" skoro na rycinach 4.9, 4.10 i 4.11 kąty, prędkości i przyspieszenia  $\Theta_4$ ,  $\Theta_8$ ,  $\Theta_{12}$  i  $\Theta_{16}$  nie mają wartości 0?
- Dlaczego wybrano płaski układ współrzędnych skoro i z obiektu rzeczywistego i analizy strukturalnej ręki (rozd. 3.6.) wynika, że stawy śródreżczo-paliczkowe mają dwa stopnie swobody?
- Skąd zostały zaczerpnięte parametry masowe i geometryczne ręki przyjęte w modelu (tab. 3.1. s. 37)?
- Czy weryfikacja modelu podsumowana na stronie 47 odbywała się metodą "rzutu oka"?

#### **Kinematyka wybranej czynności manipulacyjnej**

Badanie kinematyki przeprowadzono za pomocą systemu optoelektornicznego BTS Smart. Jest to najnowocześniejszy sprzęt do rejestracji ruchu i wykorzystanie go w badaniach należy uznać za wartościowe. Zarejestrowano cztery cykle ruchu zginania i prostowania palców wykonano lewej ręki, młodej, zdrowej kobiety. Czas próby trwał 11 sekund. W postaci czytelnich wykresów przedstawiono geometrię ruchu wraz z pierwszą i drugą pochodną oraz momenty sił w stawach.

#### **Pytania:**

- Jaka była częstotliwość próbkowania, rząd filtracji i częstotliwość cięcia, gdzie i o jakiej średnicy umieszczone były markery?
- Dlaczego wybrano 4 cykle ruchu w czasie 11 sekund?

- Skoro zanotowano spadki prędkości od 3 cyklu ruchu, jakie było zadanie motoryczne dla badanej (np. czy narzucone było tempo ruchu)?
- Jakie znaczenie informacyjne mają parametry kinematyczne w ruchu postępowym względem poszczególnych osi przedstawione na rys. 4.12 do 4.49?
- Czy w obecnym stanie wiedzy możliwa jest pełna walidacja oprogramowania do symulacji "małpiego chwytu" i gdzie można znaleźć zapowiadaną na str. 39 i 89 walidację empiryczną?
- Czy przedstawione w tab. 4.1. do 4.6 wielkości są wartościami chwilowymi czy średnimi w poszczególnych przedziałach czasowych? Jeśli wartościami średnimi, to jaki był związek funkcyjny pomiędzy nimi a położeniem punktu w wybranych przedziałach czasowych?

### **Ocena postępu rehabilitacji ręki.**

Rozdział ten rozpoczyna się od graficznej prezentacji przyborów i przyrządów wykorzystywanych w ćwiczeniach czynności manipulacyjnych. Dopiero w rozdziale 5.1. następuje, w ocenie recenzenta, najważniejsza część rozprawy. Doktorantka prezentuje autorski prototyp rękawicy pozwalającej rejestrować parametry kinematyczne w trakcie "małpiego chwytu". Na stronach 84 - 88 Autorka przedstawia nie tylko budowę i zasadę działania prototypu, ale także uzasadnia wybór typu czujników. Doświadczenie w optymalnym doborze rodzaju czujników jest niezwykle cenne dla wszystkich konstruktorów podobnego sprzętu. Do obsługi czujników Autorka zastosowała platformę Arduino (jej funkcjonalność została także bardzo dobrze opisana w pracy). Użytkowa wersja tego systemu dać może ogromne możliwości pacjentom i terapeutom. Wykorzystanie obiektywnych informacji o ruchu może obok oceny postępu rehabilitacji mieć zastosowanie w ćwiczeniach opartych na dodatkowej informacji zwrotnej. Prezentowane wyniki są zachęcające, dlatego w tym rozwiązaniu upatruję perspektywiczny obszar poszukiwań naukowych i aplikacyjnych. Niezwykle cennym osiągnięciem pracy jest w opinii recenzenta stworzenie i weryfikacja trzech programów numerycznych do analizy kinematycznej i dynamicznej oraz obsługi platformy Arduino. Ich wnikliwą ocenę pozostawiam drugiemu wyznaczonemu przez radę wydziału Recenzentowi o niepodważalnych kompetencjach w tej dziedzinie.

#### **Pytania:**

- Czy "rękawicę" zastosowano u tej samej osoby badanej co system BTS, czy przy jej wykorzystaniu zadanie motoryczne polegało na wykonaniu 16 cykli ruchu "małpiego chwytu".

### **Podsumowanie, konkluzja końcowa**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest nowatorskim w nauce polskiej podejściem do modelowania numerycznej funkcji manipulacyjnej dla wspomagania procesów diagnozowania i rehabilitacji czynności ręki. Tematyka zawartych w niej badań jest interesująca i perspektywiczna. Dopracowanie modelu jest tylko kwestią czasu, solidność i kompetencje Autorki wykazane w pracy są tego gwarantem. Poprawność metodologiczna

nie budzi wątpliwości choć zdaniem recenzenta rozdział 7 mógłby mieć inny tytuł lub zawierać punkty adekwatne do celu i tezy pracy. Tym samym w opinii recenzenta, rozprawa doktorska Pani Agnieszki Poloczek pt. "Komputerowe wspomaganie diagnostyki i oceny postępu rehabilitacji ręki człowieka" spełnia wymogi ustawy dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003r. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) oraz rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. Nr 204, poz. 1200) i wnioskuję do Szacownej Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie Pani mgr inż. Agnieszki Poloczek do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.



A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script.