dr hab. inż. Michał Nowak prof. PP

Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu

Zakład Inżynierii Wirtualnej

ul. Piotrowo 3 60-965 Poznań

tel. (+4861) 665-2041 fax. (+4861) 665-2618 http://stanton.ice.put.poznan.pl/nowak e-mail: Michal.Nowak@put.poznan.pl

Poznań 15.01.2015

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgra inż. Piotra Przybyły pt.
Modalna analiza przestrzennego ruchu serca z uwzględnieniem standardowych metod obrazowania medycznego

Opracowana na prośbę prof. dra hab. inż. Franciszka Tomaszewskiego, dziekana Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej – pismo DR-63/459/02/2014 z dnia 19.12.2014r.

Uwagi wstępne po przeczytaniu pracy

Recenzowana rozprawa doktorska została opracowana w Zakładzie Inżynierii Wirtualnej, w Instytucie Silników Spalinowych i Transportu na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Marek Morzyński. Praca dotyczy wykorzystania metod modalnych dla modelowania zachowania się złożonego geometrycznie obiektu pozostającego w ruchu. Analizowanym obiektem było ludzkie serce. Autor przedstawia oryginalną próbę wykorzystania metod nisko-wymiarowych do opisu ruchu serca. Zrealizowane zostało zadanie stworzenia modelu nisko-wymiarowego na podstawie

danych z obrazowania medycznego, uzyskanych za pomocą metody rezonansu magnetycznego. Przedstawiono również odtworzenie ruchu serca za pomocą kilku modów oraz wskazano na potencjalne możliwości wykorzystania prezentowanej metody w diagnostyce medycznej.

Zawartość pracy

Przedstawiona praca doktorska składa się szesnastu rozdziałów, spisu literatury (99 pozycji) oraz siedmiu załączników. **Rozdział pierwszy i drugi** to streszczenie pracy odpowiednio w językach polskim i angielskim. **Rozdział trzeci** zawiera omówienie układu i treści pracy. **Rozdział czwarty** zawiera opis obiektu prowadzonych badań, jakim jest ludzkie serce. Podano podstawowe informacje na temat budowy anatomicznej i funkcji serca. Wskazano też na potrzebę rozwoju metod diagnostycznych, mogących w sposób znaczący przyspieszyć wykrycie zmian chorobowych. W **rozdziale piątym** przedstawiono metody obrazowania medycznego przydatne w planowanym w pracy modelowaniu dynamiki serca. **Rozdział szósty** przedstawia przegląd stanu wiedzy w zakresie modelowania dynamiki serca. Omówiono dostępne atlasy serca oraz przedstawiono metody używane dla tworzenia zindywidualizowanych modeli serca. W **rozdziale siódmym** opisano wykorzystanie metod nisko-wymiarowych w zagadnieniach zbliżonych do problemu analizowanego w pracy. Pokazano przydatność modeli nisko-wymiarowych do opisu zmiennego kształtu obiektów przestrzennych. **Rozdział ósmy** zawiera cel pracy, którym jest stworzenie nisko-wymiarowego modelu przestrzennego lewej i prawej komory serca człowieka. Założono, że dane potrzebne do realizacji celu pracy uzyskane zostaną za pomocą metody rezonansu magnetycznego. W **rozdziale dziewiątym** przedstawiono przygotowanie modelu do analiz nisko-wymiarowych. Opisano sposób przygotowania danych, wykorzystane oprogramowanie oraz przedstawiono wyniki w postaci modelu testowego dla planowanej analizy nisko-wymiarowej. **Rozdział dziesiąty** zawiera podstawy teoretyczne przyjętej metody analizy nisko-wymiarowej, która pozwala na redukcję analizowanych stopni swobody dla czasoprzestrzennego modelu serca. W tym rozdziale przedstawiono także pierwsze wyniki z zastosowania podejścia modalnego do opisu ruchu serca. W **rozdziale jedenastym** zawarto najważniejszą część pracy, a mianowicie zastosowanie opracowanego podejścia modalnego do opisu różnych patologii związanych z nieprawidłowym funkcjonowaniem mięśnia sercowego. Przeprowadzono też analizę porównawczą dla badanych patologii. W **rozdziałach dwunastym i trzynastym**

przedstawiono możliwości dalszego wykorzystania opracowanej metody. Prace podsumowano w **rozdziale czternastym,** a wnioski przedstawiono w kolejnym **rozdziale, piętnastym. Rozdział szesnasty** nazwano „analiza błędów” – zawiera on jednak jedynie porównanie wyniku rekonstrukcji kształtu przestrzennego z użyciem proponowanej metody z kształtem stanowiącym dane wejściowe do przeprowadzanej analizy nisko-wymiarowej.

Ocena pracy

Przedstawiona rozprawa doktorska dotyczy aktualnej problematyki badawczej i stanowi bardzo nowoczesne podejście do problemu analizy danych uzyskanych z obrazowania medycznego. Na podkreślenie zasługuje też fakt umiejętnego wykorzystania danych i oprogramowania stworzonego w innych ośrodkach naukowych. Przedstawione w pracy opracowanie danych uzyskanych za pomocą metody rezonansu magnetycznego pozwala mieć nadzieję na efektywne wykorzystanie tej metody w praktyce klinicznej. Do najważniejszych, osiągniętych w pracy efektów można zaliczyć:

– podjęcie tematu nisko-wymiarowego modelowania ruchu serca i uzyskanie dodatkowej wiedzy, niezbędnej dla przeprowadzenia analiz nisko-wymiarowych,

– analizę i wybór do dalszego wykorzystania istniejącego oprogramowania dla właściwego przygotowania danych, adekwatnego do przyjętej metody analizy ruchu,

– przygotowanie własnego oprogramowania do analizy nisko-wymiarowej,

– przeprowadzenie testów dla różnych patologii związanych z budową i funkcją serca.

Wskazane, przyszłe możliwości zastosowania opracowanej metody do wykrywania patologii budowy i funkcji mięśnia sercowego wymagają znacznie większej pracy w znacznie większym zespole, w którym konieczny będzie udział lekarzy, specjalistów.

Podczas analizy przedstawionego w pracy materiału napotkałem na kilka niejasności, które wymagają wyjaśnienia:

– w opisie możliwych metod obrazowania opisano jedynie metodę rezonansu magnetycznego,

– rysunki 6 i 7 zamieszczono bez wyjaśnienia używanych tam terminów i koniecznej dyskusji,

– w rozdziale siódmym, opisując możliwe zastosowania opracowanej metody nie odniesiono się do istniejących i używanych w praktyce klinicznej metod oceny funkcji serca,

– dla wykorzystanych danych pochodzących z francuskiego instytutu INRIA, stanowiących

element platformy CardioViz podano informację, że dane składały się z 25 klatek na cykl – dalej, w punkcie 9.4 napisano, że stworzono na tej podstawie sekwencję składającą się z 85-ciu klatek nie wyjaśniając jednak, co było przyczyną takiej operacji oraz w jaki sposób tego dokonano,

– w opisie podstaw teoretycznych metody – punkt 10.2 oznaczenie u_i pojawia się bez objaśnienia jego znaczenia,

– napisano także, że można udowodnić, że wektory własne pozwalają opisać dynamikę serca w sposób optymalny przy pomocy minimalnej liczby zmiennych – nie przeprowadzono jednak takiego dowodu ani nie wskazano na odpowiednią literaturę,

– wzór (7) wymaga szerszego komentarza,

– w Tablicy 1 umieszczono wartości wyrażone w procentach opisane jako „przekazywana informacja” - nie podano jednak interpretacji tego terminu ani sposobu obliczania wartości umieszczonych w tablicy,

– na wykresach (rysunek 21, 22 i dalsze) brak informacji o tym co na nich przedstawiono,

– w rozdziale jedenastym użyto danych składających się z mniejszej ilości klatek – nie wyjaśniono jednak na ile dane te różnią się od używanych w poprzednich rozdziałach,

– w pracy brak jest odniesienia do problemu powtarzalności danych pomiarowych i dyskusji problemu analizy statystycznej otrzymywanych obrazów odpowiadających rozpatrywanym patologiom,

– w rozdziale szesnastym odniesiono się prawdopodobnie do odtworzenia kształtu przestrzennego obiektu z użyciem jedynie kilku modów w stosunku do sytuacji z użyciem wszystkich dostępnych danych,

– objaśnienie skrótu POD podano wielokrotnie, na stronach 4, 6, 24, 37 i 38,

– w spisie literatury niektóre pozycje ([Alan et al.(2013)], [Murray et al.(2010)] i inne) zamieszczono bez wskazania pełnych danych bibliograficznych.

W tekście znalazło się także kilka błędów gramatycznych i interpunkcyjnych, które zaznaczono w otrzymanym egzemplarzu rozprawy doktorskiej.

Uwagi te jednak nie podważają wartości merytorycznej przedstawionej pracy.

Podsumowanie

Recenzowana praca jest dobrym przykładem potencjalnego wykorzystania postępu uzyskanego w jednej dziedzinie nauki – w tym przypadku w dziedzinie budowy i eksploatacji maszyn, szczególnie inżynierii wirtualnej - w innej, a mianowicie w medycynie.

Możliwości obrazowania ruchu serca za pomocą na przykład metody rezonansu magnetycznego, pozwalają na wykorzystanie nowoczesnych metod modelowania nisko-wymiarowego, opracowanych przecież do zupełnie innych zastosowań i stosowanych z powodzeniem dla analizy złożonych sygnałów w naukach technicznych.

Autor recenzowanej rozprawy doktorskiej przedstawił oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Mgr inż. Piotr Przybyła wykazał także niezbędną wiedzę teoretyczną oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa spełnia wymagania stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.