

Prof. dr hab. inż. Marian Adamski

Zielona Góra, 17.02.2014 r.

Profesor zwyczajny

Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji

Instytut Informatyki i Elektroniki

ul. Podgórna 50

65-246 Zielona Góra

M.Adamski@iie.uz.zgora.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
dla Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki
i Automatyki Politechniki Łódzkiej**

**DWUMODALNE OBRAZOWANIE LEWEJ KOMORY SERCA I NACZYŃ WIĘNCOWYCH
Z WYKORZYSTANIEM TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ
ORAZ SPOCZYNKOWEJ ECHOKARDIOGRAFII PRZEZKŁATKOWEJ**

Autor rozprawy: Mgr inż. Adam Skurski

Promotor: Prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski

1. Zagadnienia naukowe rozpatrywane w pracy

W pracy doktorskiej przedstawiono koncepcję i sposób technicznej realizacji nowatorskiej metodyki diagnostyki kardiologicznej serca. Harmonijnie połączono dwie znane doceniane przez lekarzy nieinwazyjne komputerowe techniki diagnostyczne: tomografię komputerową oraz echokardiografię, spinając je ze sobą spójnym cyfrowym przetwarzaniem obrazów. Dzięki takiemu posunięciu wydatnie zwiększono prognostyczną i diagnostyczną wartość badań klinicznych, skuteczniej wskazujących konkretne miejsca i przyczyny dysfunkcji mięśnia sercowego. Metoda przedstawiona w rozprawie jest ukierunkowana na wykrywanie zagrożeń spowodowanych chorobami niedokrwiennymi serca, a w szczególności przyczyn i skutków zawału.

Obok wielu istotnych cech usprawniających nowoczesną diagnostykę medyczną należy szczególnie zwrócić uwagę na jej bezinwazyjność, zwłaszcza w porównaniu z dotychczas szeroko stosowaną inwazyjną koronarografią.

Przedstawiona w rozprawie metodologia jest oparta na solidnych podstawach naukowych oraz zawiera wiele elementów nowatorskich. Z tego względu całość przedstawionej koncepcji ma dużą wartość intelektualną, która powinna być chroniona.

2. Cel oraz tezy pracy

Głównym celem pracy naukowo-badawczej Autora rozprawy była metodologia oraz rozwiązanie techniczne połączenia dwóch obrazów będących rezultatami odrębnych, ale skoordynowanych badań kardiologicznych w jeden bardziej czytelny hybrydowy obraz diagnostyczny. Dzięki tej synergii uzyskano pełniejsze, precyzyjniejsze i łatwiejsze do interpretacji niż dotychczas informacje diagnostyczne.

Na podstawie istotnych przesłanek medycznych i technicznych zdecydowano, że połączone zostaną wyekstrahowany obraz lewej komory serca (CT) oraz diagram kołowy będący wynikiem analizy jej funkcji skurczowej. Zaproponowano, przedstawiono i zrealizowano autorską metodę sposobu automatycznego sposobu wykrywania położenia odpowiednich punktów charakterystycznych na ścianach komory serca, pozwalających skutecznie i wystarczająco dokładnie łączyć te obrazy.

Rozprawa doktorska ma charakter interdyscyplinarny, łączy wybrane elementy medycyny z elektroniką cyfrową, ale jej większa część zdecydowanie umiejscowiona jest w naukach technicznych w dyscyplinie naukowej informatyka. Zakres pracy doktorskiej został wyraźnie wyodrębniony przez Autora jako część bardzo poważnego wspólnego przedsięwzięcia naukowo-badawczego prowadzonego w Politechnice Łódzkiej (Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych) i Uniwersytecie Medycznym w Łodzi (Klinika Kardiologii).

W opracowaniu pisemnym wyraźnie określono wkład własny mgr inż. Adama Skurskiego, z pełnym uszanowaniem roli innych współtwórców sukcesu w skali międzynarodowej. Tezy pracy są następujące:

1. Połączenie obrazów echokardiograficznych oraz tomografii komputerowej lewej komory serca ludzkiego umożliwi jednoczesne przedstawienie dysfunkcji ruchowej mięśnia sercowego i wad strukturalnych naczyń wieńcowych.

Pierwsza teza pracy została uzasadniona w sposób analityczny na podstawie dogłębnej analizy problemu medycznego oraz możliwości technicznych współczesnego, sprzętu medycznego i zaawansowanych metod komputerowej analizy obrazów. Wykonanie demonstratora aplikacyjnego podkreśliło celowość i sensowność realizacji projektu. Szczegółowe uzasadnienie tezy zawarto w rozdz. 6, 7 i 8 pracy doktorskiej.

2. Automatyczne wyznaczenie trzech punktów anatomicznych lewej komory serca na podstawie trójwymiarowej reprezentacji struktury serca uzyskanej za pomocą badania

tomografii komputerowej umożliwi zdefiniowanie orientacji mapy planarnej kurczliwości mięśnia lewej komory.

Drugą tezę uzasadniono analitycznie i eksperymentalnie, na podstawie przesłanek medycznych oraz konkretnych wyników badań obrazów przeprowadzonych przez Autora oraz doświadczonych operatorów sprzętu medycznego, lekarzy specjalistów z obszaru kardiologii (rozdz.7).

Mgr inż. Adam Skurski aktywnie współuczestniczył w pracach zespołowych dotyczących wyboru konkretnego sposobu komputerowego przetwarzania obrazów. W pełni indywidualnym jego osiągnięciem było przygotowanie implementacji, w tym analiza i wybór konkretnych algorytmów oraz ich weryfikacja w konkretnych warunkach klinicznych.

3. Zawartość i charakter rozprawy

Po wykazie oznaczeń i wstępie, w rozdziale 3 umiejscowiono opisywany problem naukowy w kontekście medycznym, podkreślając potrzebę przeprowadzania pracy naukowo-badawczej ze względów społecznych i ekonomicznych. Zamieszczono wiadomości dotyczące anatomii układu krwionośnego i przystępnie wprowadzono stosowaną dalej terminologię medyczną, co znacznie ułatwia zrozumienie zawartości merytorycznej dalszych części rozprawy.

Rozdział 4 zawiera spójny i zwarty opis inwazyjnych i bezinwazyjnych technik kardiologicznej diagnostyki obrazowej. Przedstawiono w nim zaaprobowane przez specjalistów medycznych techniki inwazyjne, wchodzące do tak zwanego złotego standardu, które są referencyjne w stosunku do nowych komputerowych metod bezinwazyjnej diagnozy chorób kardiologicznych. Omówiono już powszechniej stosowane nieinwazyjne procedury diagnostyczne, w tym echokardiografię (ECHO) i tomografię komputerową (CT). Podkreślono celowość badań nieinwazyjnych, wskazując na działania niepożądane diagnostyki inwazyjnej.

Uzasadniono podstawową rolę metody CT w zaproponowanej rekonstrukcji trójwymiarowego obrazu struktury serca i naczyń wieńcowych. Wskazano na potencjalne zalety szerszego niż dotychczas wykorzystywania wizualizacji komputerowej oraz usprawnienia i częściowej automatyzacji procesu diagnostycznego, w tym zwłaszcza podwyższony standard bezpieczeństwa pacjenta i jakość uzyskanych wyników. Wskazano na trudności związane ze sprawnym łączeniem obrazów komputerowych.

Rozdział 5 zawiera, ukierunkowany w stronę konkretnych zastosowań medycznych, opis różnorodnych form łączenia ze sobą obrazów komputerowych w kardiologii. Mogą one być zaaprobowane przez środowisko medyczne oraz zapewnić trafniejszą, szybszą i bezpieczniejszą,

bezinwazyjną diagnozę. W wyniku analizy zdecydowano, że w diagnostyce układu krążenia najkorzystniejszą jest połączenie obrazów CIVT oraz ECHO.

W rozdziale 6 przedstawiono kilka alternatywnych technik przetwarzania obrazów, pozwalających rozpoznawać i rekonstruować trójwymiarowe struktury narządów wewnętrznych.

Przyjętą i metodę fuzji obrazów oraz konkretny algorytm postępowania szerzej zaprezentowano w rozdziale 7 (METODYKA). Uwypuklono i uzasadniono kompromisowy sposób wyboru punktów charakterystycznych struktury serca, aprobowany przez stronę medyczną (trzy punkty referencyjne, możliwość korekty manualnej).

Podsumowanie wyników pracy naukowo-badawczej, przedstawiono w rozdziale 8. Podkreślono między innymi wartości diagnostyczne i nowatorstwo i sposobu łącznej analizy danych cyfrowych otrzymanych z tomografii komputerowej serca oraz badania echokardiograficznego.

W krótkim rozdziale 9 przedstawiono uzyskane przez zespół realizujący pracę naukowo-badawczą nagrody i wyróżnienia, uzyskane na międzynarodowych wystawach wynalazków.

Rozdział 10 zawiera bibliografię (62 pozycje), a rozdział 11 spis ilustracji (46 fotografii lub rysunków). Opracowanie zawiera 3 załączniki (rozd. 13), uzupełniające treść rozprawy, między innymi przyjęte kryteria wyboru środowiska programistycznego.

Wyniki pracy naukowo-badawczej zostały opatentowane i nagrodzone w konkursach o randze światowej.

4. Analiza literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle. Wnioski z przeglądu źródeł

Spis literatury w zasadzie pokrywa zakres tematyczny rozprawy. Autor stanął przed bardzo trudnym zadaniem wyszukania szczegółowych informacji dotyczących wykorzystywanego komputerowego sprzętu medycznego, które ze względów komercyjnych są trudno dostępne. Moim zdaniem, dobór cytowanych źródeł, w tym internetowych, dokonany jest prawidłowo, choć nieco jednostronnie, więcej z punktu widzenia medycznego, niż informatycznego. Należy uwzględnić tutaj niechęć producentów oprogramowania i sprzętu do udostępniania materiałów o wyraźnym charakterze innowacyjnym oraz pełnej informacji o szczegółowej strukturze plików cyfrowych.

5. Pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki

Praca ma charakter nowatorski, przy czym jej nowe elementy zostały określone w postaci dwóch tez, celu pracy oraz wykazu odpowiednich zadań szczegółowych. Wyraźnie wyodrębniono oryginalne osiągnięcia Autora, na tle wspaniałych, wspólnych rezultatów zespołów medycznego i informatycznego, prowadzącego badania pod kierunkiem prof. Andrzeja Napieralskiego.

Wychodząc z przesłanek naukowych i praktycznych Autor poprawnie rozpoznał i rozwiązał postawione przed sobą zadanie badawcze. Wykorzystał do tego celu przede wszystkim własną inwencję oraz znajomość profesjonalnych medycznych technik diagnostycznych, uzyskaną wprost od doświadczonych lekarzy. Cele naukowo-badawcze pracy zostały osiągnięte. Tezy pracy zostały uzasadnione analitycznie, werbalnie i potwierdzone w sposób eksperymentalny.

Mgr inż. Adam Skurski bardzo aktywnie współuczestniczył w pracach zespołowych dotyczących wyboru konkretnego sposobu komputerowego przetwarzania obrazów. W pełni indywidualnym jego osiągnięciem było między innymi:

- przygotowanie implementacji
- analiza i wybór konkretnych algorytmów.

6. Poprawność redakcyjna rozprawy

Autor przekonująco i przystępnie przedstawił uzyskane przez siebie wyniki, Praca doktorska ma charakter zamknięty. Dobre wrażenie sprawia systematyczny sposób prezentowania wyników naukowych, zawartych w pracy, choć Autor nie uniknął zbędnych powtórzeń lub niedopowiedzeń oraz nadużywania terminologii medycznej. Autor rozważnie podkreśla swoje osiągnięcia, zarówno w tekście poszczególnych rozdziałów, jak i w całościowym podsumowaniu rozprawy.

Praca ma moim zdaniem, następujące usterki redakcyjne: Wstęp do pracy powinien mieć numer 1, a wykaz skrótów pozostać bez numeracji. Rozdziały 2 i 3 są niewspółmiernie długie w stosunku do objętości całego opracowania. Znaczną część pracy stanowią poglądowe ilustracje i szczególne fotografie, bardziej interesujące z punktu widzenia medycznego, niż informatycznego. Opis koncepcji części informatycznej jest stosunkowo ubogi w stosunku do części medycznej. We spisie literatury dominują publikacje medyczne nad publikacjami o wyraźnym charakterze technicznym. Autor mógł ograniczyć opis stosowanych procedur medycznych wyłącznie do niezbędnego minimum, pomijając te, które nie zostały bezpośrednio wykorzystane w badaniach.

7. Struktura rozprawy. Przydatność praktyczna rozprawy.

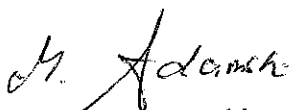
Opracowanie pod względem metodologicznym i redakcyjnym spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Poszczególne rozdziały poprzedzone są wprowadzeniem, wskazującym na zamierzenia Autora oraz zakończone syntetycznym podsumowaniem uzyskanych rezultatów. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych (i medycznych) uważam za znaczącą.

8. Podsumowanie

Praca silnie powiązana z *zastosowaniami informatyki w medycynie* spełnia z nadmiarem wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy: cechuje ją innowacyjność i dobry poziom merytoryczny, a jej wyniki mogą znaleźć zastosowania nawet w skali międzynarodowej.

W związku z powyższym, jako recenzent pracy doktorskiej, zwracam się do Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej z wnioskiem o dopuszczenie magistra inżyniera Adama Skurskiego do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę zawartość merytoryczną pracy doktorskiej, w tym jej nowatorstwo, fakt częściowego jej wdrożenia w diagnostyce medycznej, zgłoszenie najistotniejszych wyników relacjonowanej pracy naukowo-badawczej do opatentowania oraz liczne, uzyskane nagrody na wystawach międzynarodowych, wnioskuję o jej wyróżnienie.


Prof. Marian Adamski