

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl  
Katedra Robotyki i Mechatroniki  
Akademia Górniczo – Hutnicza  
Al. Mickiewicza 30  
30-059 Kraków

Kraków 02.05.2016

Opinia o pracy doktorskiej pt. ” **Komputerowo wspomagana analiza przebiegów pH – metrii i pH – metrii z impedancją**” autorstwa mgr inż. Piotra Mateusza Tojzy

Opinie wykonano na zlecenie Pana Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Automatyki, Politechniki Gdańskiej prof. dr hab. Inż. Leona Swędrowskiego z dnia 16.03. 2016-05-03

### **1. Zagadnienie naukowe rozważone w rozprawie**

W pracy doktorskiej autor podjął bardzo ważny z problem analizy możliwości automatyzacji procesu diagnostyki chorób refluksowych w oparciu o znane i stosowane w praktyce wyniki badań pH-metrii i pH-metrii z impedancją. W pracy zawarty jest też, dobrze dobrany i krytycznie przeanalizowany przegląd literatury dotyczącej zagadnień rozważanych w pracy. Autor opisał dokładnie stosowane procedury badań oraz pokazał ich niedogodności polegające na bardzo dużej pracochłonności i subiektywności oceny oraz przedstawił propozycje procedury wspomaganie pracy diagnosty poprzez zastosowanie zaawansowanych narzędzi przetwarzania sygnałów, w szczególności metod czasowo- częstotliwościowych w postaci dekompozycji falkowej sygnału oraz sztucznej inteligencji do klasyfikacji pacjentów na zdrowych i chorych. Dużą praktyczną trudnością w zastosowaniu metod przetwarzania sygnałów do wyników pomiarów pH jest nierównomierność ich próbkowania, Autor dokonał wstępnego przetwarzania polegającego na zastosowaniu metody interpolacji sygnału. Jako metodę klasyfikacji zastosował SVM uczoną na zbiorze uczącym, którego zawartość zoptymalizował stosując algorytm rojowy oparty o metodę kukułczego jajka. Dokonał również walidacji opracowanej metody klasyfikacji na danych pochodzących od pewnej populacji ludzi chorych i zdrowych. Uważam, że praca dotyczy dobrze zdefiniowanego i wyodrębnionego zagadnienia badawczego. Przy jego definiowaniu Autor ma świadomość

trudności jakie może natrafić przy próbie rozwiązania problemu, wynikającą przede wszystkim z interdyscyplinarności podjętych badań.

## **2. Cel pracy i teza naukowa**

W pracy autor sformułował, bardzo precyzyjnie, tezę pracy. Teza ta ma postać stwierdzenia, że „Metody czasowo – częstotliwościowe oraz algorytmy rojowe zastosowane do przebiegów pH-metrii i pH-metrii z impedancją umożliwiają klasyfikację wybranych chorób układu pokarmowego.

Cała treść pracy jest podporządkowana udowodnieniu tej tezy. Teza sformułowana jest poprawnie, jednak ze względu na pionierski charakter badań (według przeglądu literatury nikt na świecie wcześniej nie stosował podobnych metod do diagnostyki chorób przewodu pokarmowego), jej sformułowanie nie jest oparte na krytycznej analizie przeglądu literatury, a raczej na doświadczeniu Autora. Jest to podejście bardzo odważne i ryzykowne, jednak potrzebne w szczególności w badaniach interdyscyplinarnych łączących niekiedy bardzo odległe dziedziny, w tym przypadku medycynę, przetwarzanie i klasyfikację sygnałów oraz automatyzację procesów podejmowania decyzji, świadczy to otwartym i holistycznym sposobie myślenia Kandydata. Udowodnienie tak postawionej tezy jest bardzo trudne i pracochłonne.

## **3. Ważność i aktualność zagadnienia naukowego rozpatrywanego w pracy**

Praca dotyczy istotnego, z punktu widzenia szeroko pojętej problematyki automatyzacji procesu diagnostycznego w medycynie. Jak wynika z literatury oraz moich doświadczeń w tym zakresie, jest to zagadnienie istotne dla rozwoju medycyny i poprawy wykrywalności chorób na ich wczesnym etapie. Dlatego też podjęcie tej tematyki, mając na uwadze stworzenie i przetestowanie metody wspomaganie diagnostyki, można uznać za celowe i dysertabilne.

Bardzo istotne, z punktu widzenia aktualności zagadnienia naukowego, jest wprowadzenie elementów współczesnych metod sztucznej inteligencji (w pracy SVM), do wspomaganie procesu diagnostycznego w medycynie oraz próba ekstrakcji cech sygnałów ważnych z punktu widzenia diagnostyki chorób refluksyjnych za pomocą nowoczesnych i powszechnie stosowanych w innych dziedzinach metod przetwarzania sygnałów.

## **4. Naukowość i oryginalność pracy**

Zaproponowana przez Autora metodologia badawcza zawiera wszystkie elementy procesu badawczego. Jest proces zbierania informacji diagnostycznych, proces przetwarzania sygnałów i wspomagany metodami sztucznej inteligencji proces wnioskowania diagnostycznego. Z punktu widzenia naukowości prace można ocenić jako próbę

zastosowania narzędzi badawczych stosownych i rozwiniętych w innych dziedzinach do diagnostyki medycznej. Dodatkowo można również zauważyć więcej wątków o charakterze naukowym takich jak optymalizacja zbioru uczącego za pomocą algorytmów opartych o teorię roju w uczeniu maszynowym oraz badania porównawcze skuteczności i efektywności różnych metod przetwarzania sygnałów w zastosowaniu do pH metrii i Ph metrii z impedancją. Prac na temat wspomaganie komputerowego w diagnostyce chorób refluksyjnych jest bardzo niewiele, a pokazana w pracy wyniki są oryginalne i pionierskie.

Podsumowując merytoryczną ocenę naukowości i aktualności tematyki rozprawy doktorskiej uważam, że ;

- Zaproponowanie nowego i oryginalnego podejścia do wspomaganie procesu diagnozowania chorób refluksyjnych
- Zaproponowanie metody optymalizującej zbior uczący w procesie uczenia maszynowego poprzez zastosowanie algorytmów opartych na teorii roju

stanowią oryginalne elementy zadania naukowego mogącego być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dziedzinie automatyka i robotyka.

## **5. Mocne i słabe strony pracy**

### Mocne strony pracy:

- Interdyscyplinarne podejście do rozwiązywania problemów wspomaganie diagnostyki medycznej
- Przetestowanie różnych metod przetwarzania i analizy sygnałów, zdefiniowanie kryteriów wyboru metody najlepszej i jej wybór z dostępnych i znanych autorowi metod
- Zaproponowanie metody poprawiania zbioru uczącego, dla osiągnięcia bardziej efektywnego przebiegu procesu uczenia w uczeniu maszynowym
- Zaproponowanie i walidacja na rzeczywistych danych medycznych metody klasyfikacji pacjentów na zdrowych i chorych w oparciu o zastosowanie metod sztucznej inteligencji a w szczególności metody SVM
- Przeprowadzenie próby implementacji w postaci oprogramowania systemu i jego praktycznego wykorzystania w procesie diagnostyki choroby refluksowej

### Słabe strony pracy:

- W pracy brak jest opisu metody dyskretyzacji przebiegów pomiaru pH-metrii i pH-metrii z impedancją, uniemożliwia to ocenę poprawności przygotowanych do analizy sygnałów,

- Brak jest analizy własności szeregów czasowych poddanych analizie, na podstawie takiej analizy można dobrać optymalną metodę wnoszącą maksymalnie dużo informacji o zjawisku, którego dotyczą, chodzi mi przede wszystkim o analizę stacjonarności, losowości, cech statystycznych, itp.
- Brak jest dyskusji nad możliwością zastosowania metody analizy sygnałów opartej o modele sygnałów (np. AR, ARMA, NARMA, TARMA....)
- Autor zalicza do metod przetwarzania sygnałów metody sztucznej inteligencji, które dla samego przetwarzania są stosowane sporadycznie, a ich główne zastosowania to klasyfikacja i aproksymacja, w szczególności podejmowanie decyzji, planowanie, wnioskowanie, itp.
- Autor nie podał jaki charakter mają zakłócenia pomiaru pH-metrii i pH – metrii z impedancją, np. Wynikające z ruchu pacjenta (czy są losowe, czy są zdeterminowane)
- Moim zdaniem w pracy brak jest porównania różnych metod klasyfikacji sygnałów, a dokonany a priori wybór metody SVM, nie jest wyjaśnione dlaczego właśnie tą metodę wybrano,
- Zbyt mało uwagi poświęcono analizie sposobu obliczania całkowitej liczby DeMeestera, a w szczególności nie podano algorytmu obliczania, ani nie przeprowadzono typowej w przypadku doboru metod przetwarzaniach danych analizy wrażliwości. Wyniki takiej analizy pozwoliłyby Autorowi skupić uwagę na tych danych wejściowych do algorytmu, które mają największą wagę w wyliczaniu stosowanego kryterium klasyfikacji pacjentów.
- W pracy nie przeprowadzono analizy statystycznej istotności różnicy w wartości kryteriów stosowanych do klasyfikacji (np. Str 47, czy różnica w wartości współczynnika THD 1,740 i 1,512 jest statystycznie istotna czy nie.
- Autor nie wyjaśnił dlaczego grupa osób chorych stanowi zbiór uczący, a zdrowych zbiór walidacyjny, takie pogrupowanie pacjentów w procesie uczenia może doprowadzić do tzw zjawiska przeuczenia i błędnych diagnoz.
- Autor analizował możliwości zastosowania a priori wybranych metod wspomagania procesu diagnostycznego na bardzo ograniczonej populacji przypadków, wyciągał wnioski z tych prób, które pokazywały możliwości, natomiast nie pokazywały skuteczności ich zastosowania. Studyjący pracę może mieć wrażenie, że praca nie została w żadnym punkcie zakończona osiągnięciem jednoznacznego rozwiązania i wymaga to dalszych prac nad ich doskonaleniem. Jest to moim zdaniem najsłabsza strona tej pracy.

## **6. Aplikacyjność wyników pracy**

Autor w pracy pokazał kierunki w jakich powinny być rozwijane metody wspomaganie diagnostyki chorób refluksowych. W tym celu przeanalizował możliwość zastosowania szeregu nowoczesnych metod przetwarzania sygnałów oraz metod klasyfikacji opartych o uczenie maszynowe. Pokazał też trudności w ich bezpośrednim zastosowaniu. Przedstawił również próbę implementacji programowej zaproponowanego systemu wspomaganie. Z powyższych względów tematyka podjęta przez Doktoranta jest bardzo istotna z punktu widzenia aplikacyjnego. Jednak dla praktycznego wykorzystania sformułowanego systemu oraz metod należy przeprowadzić bardzo wiele prac uzupełniających. Dużą wartością pracy w sensie jej aplikacyjności jest pokazanie skutecznych kierunków rozwoju takich systemów.

## **7. Wniosek końcowy**

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Piotra Mateusza Tojzy, jej zawartość i forma wskazują na jego wysoką wiedzę merytoryczną w zakresie przetwarzania i analizy sygnałów, metod sztucznej inteligencji, wnioskowania diagnostycznego oraz implementacji systemów informatycznych oraz umiejętność w zakresie precyzyjnego i jasnego przedstawiania zarówno sformułowanych hipotez badawczych jak i osiągniętych rezultatów. Ponadto, sposób realizacji pracy wskazuje na umiejętność posługiwania się narzędziami pracy współczesnego badacza oraz umiejętność formułowania zadań badawczych i ich skutecznego rozwiązywania. Wszystkie wymienione wyżej zagadnienia rozważane w pracy zalicza się do dyscypliny naukowej Automatyka i Robotyka.

Podsumowując, uważam, że mgr inż. Piotr Mateusz Tojzy w przedłożonej rozprawie poprawnie sformułował, opisał i rozwiązał oryginalne zadanie naukowe, jakim jest opracowanie metody wspomaganie diagnostyki choroby refluksowej.

Praca odpowiada warunkom stawianym, w Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych, rozprawom doktorskim w zakresie nauk technicznych. Wobec powyższego stawiam wniosek o dopuszczenie przedłożonej, przez mgr inż. Piotra Mateusza Tojzy, rozprawy do publicznej obrony.

