

Prof. dr hab. inż. Ewaryst Tkacz
Politechnika Śląska,
Wydział Inżynierii Biomedycznej,
Katedra Biosensorów i Przetwarzania
Sygnałów Biomedycznych

Zabrze, dn. 21.10.2016 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy : „**Automatyczne diagnozowanie dysfunkcji mięśnia sercowego na podstawie analizy sygnału elektrokardiograficznego (EKG) przy wykorzystaniu systemu ewolucyjno-neuronowego**”

Autor rozprawy : **Mgr inż. Paweł PŁAWIAK**

Promotor rozprawy : **Prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz**

1. Cel, zakres i charakter rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska jest kolejną (udaną) próbą aplikacji metod klasyfikowanych coraz częściej, jako tzw. sztuczna inteligencja czy inteligencja obliczeniowa do dynamicznie rozwijającej się dyscypliny naukowej, jaką jest Inżynieria Biomedyczna. Rozumując nieco bardziej elastycznie można śmiało i bez cienia wątpliwości zaliczyć tę pracę do istotnych badań wykorzystujących pomiary wielkości fizjologicznych o charakterze elektrycznym (sygnał EKG), które po przetworzeniu poddawane są intensywnej, subtelnej i skomplikowanej obróbce wykorzystującej wiedzę i umiejętności spoza obszaru tzw. „czystej elektroniki”. Mam tu przede wszystkim na myśli pewne umiejętności i wiedzę z pogranicza nauk biologicznych. Pojęcia takie jak algorytmy ewolucyjne, ewolucja różnicowa czy wreszcie programowanie wyrażeń genetycznych świadczą w moim odczuciu w wystarczający sposób o tym, że właśnie inspiracja z nauk biologicznych kształtowała pewien kierunek rozumowania Autora rozprawy. Przyznać muszę, że od wielu lat fascynuje mnie wykorzystywanie inspiracji biologicznych do rozwiązywania zagadnień czysto technicznych i w tym kontekście dokonania Autora są mi niezwykle bliskie.

Problematyka spotykana w opisie matematycznym zagadnień klasyfikacyjnych nie należy do zagadnień łatwych. Wynika to z faktu, że nie istnieje, w ogólności, opis uniwersalny systemów biologicznych, który bez uwzględnienia pewnej specyfiki nadawałby się zawsze do poszukiwania zadowalającego rozwiązania. Istnieje więc uzasadniona konieczność posłużenia się innymi metodami, które pozwalają na wykreowanie skutecznych metod analizy zagadnień biomedycznych i to na wszystkich etapach diagnostyczno-terapeutycznych. Autor dość precyzyjnie komentuje te zagadnienia w rozdziale pierwszym pracy dokonując w nim wprowadzenia do całej problematyki i uzasadnienia, dlaczego ta właśnie tematyka jest tak ważna.

Nie ma najmniejszych wątpliwości, iż rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Pławiaka ma charakter interdyscyplinarny łączący wiedzę z zakresu nauk technicznych i biomedycznych i w ten sposób jest kolejną udaną próbą uzasadniającą celowość nauczania inżynierii

biomedycznej, jako dyscypliny naukowej służebnej z odniesieniem do coraz bardziej skomplikowanych zagadnień metrologiczno-klasyfikacyjnych stosowanych w medycynie.

2. Zawartość rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Pławiaka jest bardzo obszernym 246 stronicowym opracowaniem precyzyjnie określonego tematu i składa się z 7 rozdziałów obejmujących po kolei: **wstęp**, (w którym jednocześnie przedstawiono motywację do podjętych działań, hipotezy, cele i niezbędne założenia ograniczające zakres tematyczny) **przegląd literatury**, (która z tego zakresu nauk biomedycznych jest wyjątkowo obszerna) **materiały i metody**, (gdzie Autor pokusił się o pewne podstawy teoretyczne wykorzystywane dalej w przeprowadzanych eksperymentach) **eksperymenty**, (rozdział zawierający precyzyjny opis 6 eksperymentów) **wyniki**, (rozdział przedstawiający niezwykle szczegółowo uzyskane wyniki badań w oparciu o wcześniej zdefiniowane eksperymenty) **wnioski**, (rozdział zawierający autorskie dywagacje interpretacyjne w odniesieniu do uzyskanych rezultatów z przeprowadzonych eksperymentów) i na zakończenie z **podsumowania**, (rozdział, którego charakter jest łatwy do przewidzenia a zatem przedstawia stosunek Autora wraz z Jego komentarzami w odniesieniu do opisanych wcześniej badań). Rozprawa doktorska zakończona jest bardzo obszernym zawierającym 365 pozycji spisem literatury, a już na sam koniec zamieszczono listę oznaczeń i skrótów, która w moim odczuciu powinna znajdować się tuż po spisie treści jak niemal we wszystkich książkach o charakterze technicznym oraz spis załączników. Niestety nie doszukałem się spisu rysunków i spisu tabel, których w tekście pracy jest sporo, a zwyczajowo się je zamieszcza.

Wrażenie ogólne z czytania rozprawy jest dobre, ponieważ została przygotowana w sposób profesjonalny, a może bardziej precyzyjnie, przy użyciu profesjonalnych narzędzi do edycji tekstów, jakim jest LATEX. Zaznaczam, że to pozytywne wrażenie nie wyklucza poprzednich uwag, natomiast chcę wyraźnie podkreślić, że w moim odczuciu Doktorant osiągnął cel polegający na pokazaniu recenzentowi elementów swojego profesjonalizmu.

3. Poprawność i oryginalność tezy rozprawy

Obserwując niezwykle dynamiczny rozwój poszczególnych obszarów inżynierii biomedycznej, dokonujący się w szczególności w ostatnich kilkunastu latach, z pełną odpowiedzialnością uznaję tematykę rozprawy, określone w niej cele jak też postawione hipotezy, jedną główną i sześć częściowych, za nadzwyczajnie aktualne. Na tak zdefiniowanym tle, praca doktorska mgr inż. Pawła Pławiaka wnosi istotny wkład w rozwój badań w obszarze metod klasyfikowania sygnałów biomedycznych w ogólności, ze szczególnym uwzględnieniem sygnału EKG.

W związku z powyższym uznaję postawioną w rozprawie tezę za poprawną, oryginalną oraz przede wszystkim za udowodnioną w stopniu wystarczającym do potwierdzenia kwalifikacji Autora aplikującego o stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie biocybernetyki i inżynierii biomedycznej..

4. Analiza źródeł

Wspomniano już wcześniej, że w rozprawie włączono bardzo obszerny spis bibliograficzny liczący 365 pozycji. Trzeba jednak zaznaczyć, że poruszana w rozprawie tematyka czerpiąca inspirację z nauk biologicznych obfituje w niezwykle bogactwo literatury w zakresie zagadnień kardiologicznych. Przełożenie tych inspiracji na obszar zagadnień z zakresu sztucznej inteligencji, mówiąc bardzo ogólnie, jest jednak zagadnieniem nowym, zatem w moim

odczuciu Autor wykazał znacznie większą niż dostateczna wiedzę odnoszącą się do wyboru źródeł oraz sposobu ich wykorzystania w tekście rozprawy.

Jednym z elementów oceny rozprawy doktorskiej jest sprawdzenie, czy wszystkie umieszczone w spisie literatury pozycje są cytowane w tekście rozprawy. Na szczęście praca napisana jest w środowisku profesjonalnej edycji tekstów LATEX, które zawiera cały szereg mechanizmów ułatwiających takie sprawdzenie. Jeśli bowiem jakaś pozycja ze spisu nie byłaby cytowana to oznacza to, że jest w tym spisie zbędna.

Wydaje się, że pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i aktualnych możliwości technicznych i technologicznych reprezentowanych przez literaturę światową w obszarze metod klasyfikacji zagadnień o charakterze analizy sygnałów biomedycznych jest znacznie więcej niż przyzwoita. Niektóre błędy wskazane poniżej mogą być usprawiedliwione sporym wskaźnikiem elementów nowatorskich zaczerpniętych z nauk biologicznych.

5. Znaczenie uzyskanych wyników dla dyscypliny naukowej

Rozprawa doktorska mgra inż. Pawła Pławiaka dokonuje wnikliwej analizy możliwych do zastosowania algorytmów ewolucyjnych oraz sieci neuronowych i niestety tę część pracy, ustosunkowując się do niej krytycznie należy uznać za nieco odtwórczą, chociaż, co warto podkreślić, Autor umiejętnie porusza się we wszystkich nachodzących na siebie obszarach problemowych proponując w ten sposób nowe podejście lub nawet kreując pewien nowy standard postępowania w odniesieniu do klasyfikowania sygnału EKG, jako pośredniego medium w ocenie wybranych dysfunkcji mięśnia sercowego. Chcę więc podkreślić, że niezwykle trudno jednoznacznie ocenić znaczenie zaprezentowanych wyników dla dyscypliny naukowej, ponieważ jeśli udałoby się je jeszcze w inny sposób zweryfikować to może ono być ogromne. Zaprezentowane w pracy przykłady obliczeniowe zawierają wprawdzie wyniki działania klasyfikatorów, ale przykładowo w przypadku zastosowania bardzo ostatnio popularnej metody zaproponowanej przez Vapnika, czyli SVM, Autor nie porusza przypadku, kiedy zbiory podlegające klasyfikacji nie są liniowo separowalne. Będę wdzięczny doktorantowi za przedstawienie procedury, co w takich wypadkach należy przedsięwziąć, aby mimo wszystko zastosować bardzo wygodne i dobrze opisane narzędzie stanowiące niemal pewien standard postępowania. W tym miejscu zaspokajając nieco własną pychę zapytam o prace autorów Krajewski Z, Tkacz E., „Protein structural classification based on pseudoamino acid composition using SVM classifier” oraz „Feature selection of protein structural classification using SVM classifier”, które nie znalazły się w wspomnianym wcześniej niezwykle obszernym spisie literatury.

6. Uwagi krytyczne

W świetle przedstawionych dotąd elementów rozprawy doktorskiej mgra inż. Pawła Pławiaka z radością muszę podkreślić, że uwag krytycznych nie mam zbyt dużo. Jednak, aby recenzja nie była kolorową laurką muszę wspomnieć, o co najmniej kilku. Zastanawiam się, w jakim celu został umieszczony w pracy rozdział drugi dotyczący zagadnień przeglądu literatury. Wiadomo, że taką pracę należy zawsze wykonać przystępując do rozwiązania problemu naukowego. Będę wdzięczny za komentarz w tej sprawie. Trudno też mi się zgodzić z trochę dziwnymi sformułowaniami jak np. definicja skuteczności (str. 86⁴), którą przetłumaczono z języka angielskiego jako „ACC” czyli „accuracy”. W moim odczuciu ten ostatni termin dotyczy bardziej dokładności. Praca przygotowana jest w środowisku LATEX, co bardzo dobrze świadczy o Autorze, który posługuje się profesjonalnymi narzędziami do edycji tekstów, zaś moja uwaga w tym kontekście jest następująca: jednym z elementów oceny rozprawy jest czy pozycje wymienione w spisie literatury są cytowane w tekście, bo jeśli nie są

to mają charakter redundancyjny i można je ze spisu usunąć. Umieszczając w spisie literatury aż 365 pozycji można było przy pomocy dostępnej we wspomnianym środowisku komendy dodać gdzie (w których miejscach tekstu) dana pozycja jest cytowana.. W pracy znalazłem też trochę literówek. Cześć z nich jest niewykrywalna dla większości tzw. „check-spellerów”, ale części można było z pewnością uniknąć. Spore też zastrzeżenia mam do niektórych rysunków i tabel. Np. schemat na str. 35 jest całkowicie nieczytelny bez zastosowania specjalnych narzędzi takich jak lupa. Sądzę, iż informację na nim zawartą spokojnie można było przedstawić na dwóch stronach znacznie ułatwiając pracę recenzentowi. Ta sama uwaga dotyczy większości tabel. Np. w tabeli 5.1 na str. 173 ilość informacji na jednostkę powierzchni papieru jest ogromna. Przedstawiając to samo na stosownym wykresie przy założeniu użycia trzech kolorów dla trzech różnych szerokości okna znacznie podwyższyło by możliwości oceny jakości wyników eksperymentu nr 1 dla 4-krotnej walidacji krzyżowej. Z pewnością poprawiłoby to czytelność rozprawy. Mam jednak świadomość, że ta uwaga ma charakter po pierwsze polemiczny a po drugie subiektywny.

7. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę wskazane powyżej elementy rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Pławiaka stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa spełnia wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 (art.13 ust.1 i ust.2). W związku z powyższym wnoszę do Wysockiej Rady Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej o dopuszczenie Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego. W szczególności do publicznej obrony rozprawy.

Uważna lektura rozprawy pozwoliła mi odnaleźć jednostronicową wzmiankę dotyczącą prac własnych Autora rozprawy. Podzielił On te prace na powiązane z rozprawą doktorską (6 prac) i niezwiązane z tą tematyką (2 prace). Wśród tych 8 wspomnianych powyżej prac aż 5 to prace z tzw. „listy filadelfijskiej”. Bardzo wysoko oceniam tę informację zawartą w pracy, jak również znakomite osiągnięcie jej Autora, który w ten sposób udowadnia, iż jest znakomitym kandydatem do dalszej pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Nie znając procedury szczegółowo, ale dysponując stosowną informacją w piśmie przewodnim Dziekana Wydziału, wnoszę do Wysockiej Rady o rozważenie możliwości wyróżnienia ocenianej rozprawy doktorskiej.

