

prof. dr hab. inż. Krzysztof Wawryn
Wydział Elektroniki i Informatyki
Politechnika Koszalińska
ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin

Koszalin, 4 sierpnia 2014 roku

Recenzja rozprawy doktorskiej

pt: "*Analiza i implementacja metod sztucznej inteligencji przy niepełnej informacji medycznej na przykładzie oceny ryzyka chorób kardiologicznych*",

której autorem jest mgr inż. Paweł Marciniak

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest interesującą pracą naukową. Tematyka rozprawy obejmuje zagadnienia związane z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji w tworzeniu algorytmów i komputerowych systemów wspomagania lekarza w podejmowaniu decyzji w chorobach kardiologicznych. Mieści się ona w obszarze dwóch dynamicznie rozwijanych dyscyplin diagnostyki technicznej i inżynierii medycznej.

W wielu schorzeniach, w tym także kardiologicznych, decyzja o metodach ratowania życia i sposobach terapii zależy od szybkiego i prawidłowego rozpoznania jednostki chorobowej. Rozpoznanie jest dokonywane na podstawie wywiadu lekarskiego oraz wyników badań parametrów fizjologicznych i jest trudne z powodu podobieństwa symptomów w różnych chorobach. Z tego względu opracowanie systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym stanowi ważne narzędzie dla lekarza podejmującego decyzję o charakterze schorzenia i rodzaju leczenia w przypadku zagrożenia życia. W ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój systemów komputerowych wspomagania podejmowania decyzji w warunkach wiedzy niepełnej i niepewnej w różnych dziedzinach działalności człowieka w tym także w medycynie. W większości tych systemów wykorzystuje się metody sztucznej inteligencji. Z tego względu podejmowanie tematyki komputerowego wspomagania oceny ryzyka chorób kardiologicznych za pomocą metod sztucznej inteligencji należy do zdań aktualnych i jest w pełni uzasadnione.

Rozprawa napisana jest na 117 stronach tekstu, zilustrowana 36 rysunkami i 26 tabelami oraz opatrzona 74 pozycjami wykazu literatury światowej oraz 7 pozycjami prac współautorskich bezpośrednio związanych z rozprawą (w tym w jednej jako pierwszy autor). Tekst pracy jest podzielony na 6 rozdziałów. Rozdziały od 1 do 4 zawierają wprowadzenie do omawianych zagadnień, a szósty podsumowanie. Zasadnicza część pracy zawarta jest w rozdziale piątym. Ponadto praca zawiera 2 dodatki stanowiące wprowadzenie do zagadnień związanych ze sztucznymi sieciami neuronowymi (Artificial Neural Networks - ANNs) oraz analizą składowych głównych (Principal Components Analysis - PCA). Treść pracy odpowiada tytułowi. Autor w kolejnych rozdziałach opisuje problemy związane z diagnostyką medyczną i interpretacją wyników diagnostycznych z wykorzystaniem istniejących metod numerycznych i sztucznej inteligencji, a także proponuje własne podejście do interpretacji wyników badań kardiologicznych. Osiągnięcia Autora omówię w trakcie charakteryzowania poszczególnych rozdziałów pracy.

W rozdziale pierwszym Autor bardzo zwięźle scharakteryzował główne podejścia do diagnostyki ogólnego stanu pacjenta i oceny ryzyka nagłego zatrzymania krążenia. Określił, że współczesne algorytmy wspomaganie podejmowania decyzji wykorzystują: sztuczne sieci neuronowe, sieci Bayesa, algorytmy genetyczne, drzewa decyzyjne i logikę rozmytą. Krótko je opisał i określił cel i tezy pracy. Celem pracy przedstawionym na stronie 7 jest opracowanie nowych algorytmów wykorzystujących metody sztucznej inteligencji do wspomaganie podejmowania decyzji medycznych na podstawie parametrów stosowanych w kardiologii. Tezy pracy zostały wymienione na stronach 7 i 8. Sprowadzają się one do stwierdzenia, że można uzyskać poprawę skuteczności rozpoznania stanu kardiologicznego pacjenta poprzez dekompozycję parametrów jakościowych z usunięciem ich liniowych zależności oraz zmniejszyć liczbę danych wejściowych pacjenta bez utraty użytecznej informacji w przewidywaniu ryzyka zgonu. Prace badawcze związane z osiągnięciem celu i udowodnieniem postawionych tez Autor przedstawił w kolejnych rozdziałach rozprawy.

W drugim rozdziale na dwóch stronach Autor bardzo zwięźle scharakteryzował dwa istniejące systemy medyczne określające ogólny stan pacjenta: APACHE III (Acute Physiology, Age and Chronic Health Evaluation) i TISS (The Therapeutic Intervention Scoring System). W mojej ocenie zabrakło analizy zalet i niedoskonałości tych systemów sugerującej kierunki poszukiwania efektywniejszych metod diagnostycznych.

Rozdziały trzeci i czwarty wraz z dodatkami A i B są poświęcone znanym pojęciom z zakresu metod sztucznej inteligencji oraz metod kompresji danych w systemach wspomaganie decyzji. Ich celem jest przybliżenie stanu wiedzy we współcześnie prowadzonych badaniach naukowych na świecie. W obu rozdziałach brakuje podsumowania, z którego jasno wynikałoby, dlaczego Autor dokonał wyboru tych, a nie innych metod do swoich algorytmów.

Oryginalny dorobek autora został zawarty w rozdziale piątym rozprawy. Polega on na opracowaniu algorytmów wykorzystujących sztuczne sieci neuronowe do klasyfikacji cech charakterystycznych pacjenta w badaniach kardiologicznych. W testowaniu algorytmów wykorzystano dane pochodzące z bazy Cleveland i z bazy Łódź opracowanej przez łódzkich lekarzy. Baza Cleveland zawiera 13 parametrów wejściowych, baza Łódź odpowiednio 67 parametrów zarówno pomiarowych (m.in. z sygnału EKG czy parametrów chemicznych krwi) jak i pochodzących z wywiadu lekarskiego (m.in. ogólny stan zdrowia, wiek czy płeć). Z uwagi na różny charakter danych (nominalne lub opisowe w postaci nieostrej) są one transformowane do wspólnego formatu. W celu ujednoczenia formatu dane zostały zbinaryzowane. W wyniku tej operacji liczba parametrów wejściowych zwiększa się (o około dwa razy). W kolejnym etapie dane są kompresowane za pomocą analizy korespondencji oraz analizy składowych głównych, by nie tracić lub tracić możliwie najmniejszą ilość informacji bazowej. Tak przygotowane dane Autor poddał licznym testom z wykorzystaniem wielowarstwowej sztucznej sieci neuronowej z różnymi algorytmami uczenia: największego spadku, gradientów sprzężonych i zmiennej metryki. Wyniki szczegółowych badań nad skutecznością rozpoznawania i klasyfikowania cech dla różnych wariantów danych zostały przeprowadzone i zaprezentowane w tabelach od 5.7 do 5.18. Wskazują one, które metody uczenia sieci neuronowych są najskuteczniejsze w ocenie ryzyka choroby kardiologicznej. Na podstawie tych wyników Autor dowiódł obu tez pracy. Ponadto w celach porównawczych Autor w podrozdziałach od 5.6 do 5.8 zwięźle pokazał przykłady klasyfikacji ryzyka chorób kardiologicznych za pomocą drzewa decyzyjnego, sieci Bayesa i iloczynu logicznego. Przykłady te jednak nie korespondują z przykładami wykonanymi metodami wykorzystującymi sztuczne sieci neuronowe i prezentowanymi w tabelach od 5.7 do 5.18. Mankamentem przedstawionych badań jest zbyt ogólny opis proponowanych algorytmów. Stąd trudne jest poznanie rzeczywistych osiągnięć Autora. Brakuje przynajmniej jednego

przykładu obrazującego w kolejnych krokach jak od rzeczywistych danych medycznych pacjenta dochodzi się do oceny ryzyka lub klasyfikacji jednostki chorobowej. Operowanie wyłącznie skutecznością modelu nie obrazuje rzeczywistego wkładu pracy.

W rozdziale szóstym Autor podsumował swoje prace i wskazał na perspektywy dalszego rozwoju. Stwierdził, że tezy pracy zostały potwierdzone badaniami eksperymentalnymi. Napisał także, że teza 3 jest niemalże tożsama z tezą 1, chociaż we wprowadzeniu podał jedynie dwie tezy. Sądzę, że jest to błąd edytorski. Autor stwierdził również, że cel pracy polegający na opracowaniu nowych algorytmów został osiągnięty. Jako zaletę opracowanych algorytmów wskazał poprawę skuteczności wyznaczania ryzyka choroby kardiologicznej porównując wyniki dla różnych metod uczenia sztucznej sieci neuronowej. Lepszą ocenę dostarczyłyby badania porównawcze opracowanych algorytmów z innymi wybranymi metodami przytoczonymi w rozdziałach od 2 do 4. Badania porównawcze powinny być wykonane dla tego samego zestawu danych wejściowych.

W mojej ocenie, za najważniejsze osiągnięcia naukowe Pana mgr inż. Pawła Marciniaka, przedstawione rozprawie, uznaję opracowanie nowych algorytmów wykorzystujących metody sztucznej inteligencji do oceny ryzyka chorób kardiologicznych. Do oryginalnych rozwiązań Autora zaliczam:

- opracowanie algorytmu składników głównych PCA doboru minimalnego zbioru sygnałów wejściowych,
- opracowanie metody klasyfikacji ryzyka kardiologicznego wykorzystującej wielowarstwowe sztuczne sieci neuronowe dla zestawu parametrów:
 - bazowych,
 - zbinaryzowanych,
 - zredukowanych,
- analizę wyników ryzyka otrzymanego dla trzech zestawów parametrów wejściowych.

Swoje uwagi krytyczne dotyczące weryfikacji algorytmów oraz inne uwagi istotne dla poprawy zawartości merytorycznej rozprawy wyraziłem w trakcie opisu osiągnięć w poszczególnych jej rozdziałach.

Podsumowując, uznaję omawianą rozprawę, pomimo wymienionych uwag jako wartościową i nie mam wątpliwości odnośnie wkładu Autora do nauki z zakresu algorytmów oceny zagrożenia życia w chorobach kardiologicznych wykorzystujących sztuczne sieci neuronowe. Jej treść jest potwierdzeniem wiedzy teoretycznej i praktycznej Autora, a także umiejętności tworzenia oryginalnych algorytmów w zakresie sztucznych sieci neuronowych.

Konkluzja

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej, stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane przez odnośne przepisy o stopniach i tytule naukowym i wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Pawła Marciniaka do publicznej obrony pracy.

