

WPT.11.10.2010

Prof. dr hab. inż. Ewa Piętka
Instytut Elektroniki
Politechnika Śląska

Gliwice, 7.09.2010



RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do regulacji poziomu insuliny w organizmie człowieka

Autor rozprawy: mgr inż. Rafał Doniec

Promotor rozprawy: prof. dr hab. inż. Ewaryst Tkacz

Wzrost zachorowań na choroby metaboliczne jest zjawiskiem niepokojącym w perspektywie jakości życia. Do takich schorzeń należy m.in. cukrzyca, charakteryzująca się hiperglikemią. Przewlekła hiperglikemia wiąże się z uszkodzeniem, zaburzeniem czynności i niewydolnością różnych narządów, szczególnie oczu, nerek, nerwów, serca i naczyń krwionośnych. Stałe monitorowanie poziomu cukru we krwi oraz ewentualnie insulinoterapia to podstawowe elementy terapii. Samodzielne przeprowadzanie przez chorych pomiaru glukozy we krwi umożliwia dopasowanie terapii do aktualnych potrzeb. Systemy komputerowego wspomaganie diagnostyki są rozwijane w wielu ośrodkach i wciąż stanowią poważne wyzwanie.

Przedstawiona do recenzji rozprawa obejmuje dwa zagadnienia. Pierwszym jest zaproponowanie struktury falkowo-neuronowej odwzorowującej krzywą cukrową. Na jej podstawie opracowany jest model sztucznej trzustki. Sformułowana przez Autora, teza rozprawy brzmi: *Istnieje możliwość odtworzenia przebiegu krzywej cukrowej, otrzymanej w wyniku pomiaru stężenia cukru we krwi z użyciem testów suchych, w oparciu o algorytmy neuronowo-falkowe.* Podjętą w rozprawie tematykę uważam za w pełni uzasadnioną, interesującą i aktualną dla współczesnych prac z Inżynierii Biomedycznej, a dokładniej w dziedzinie komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej.

Praca jest obszerna i obejmuje 144 strony podzielone na 7 rozdziałów, spisy literatury, rysunków, tabel, wykresów, skrótów i wzorów oraz adresów stron Internetowych wykorzystanych w pracy. Do monografii dołączona jest płyta CD. Bibliografia zawiera 105 pozycji literaturowych oraz 15 odnośników do stron Internetowych. W wykazie

dorobku publikacyjnego Autora znajduje się 6 pozycji.

Rozdział pierwszy zawiera jasno sprecyzowane cele i tezę pracy oraz wprowadza w zagadnienia związane z cukrzycą i monitorowaniem poziomu stężenia zawartości cukru we krwi.

Rozdział drugi opisuje metody pomiaru stężenia glukozy we krwi oraz podstawowe informacje dotyczące sieci neuronowych, transformaty falkowej oraz struktur neuronowo-rozmytych. Istotnym elementem tego rozdziału jest schematyczny opis koncepcji metodologii obejmującej optymalizację wektora cech wejściowych sieci neuronowej za pomocą funkcji falkowych.

Rozdział trzeci prezentuje metodologię części badawczej. Przypomniano (niepotrzebnie) cele pracy, przedstawione w rozdziale 1. Następnie Autor omawia zebrany materiał badawczy, wyznacza i porównuje między sobą różne funkcje aproksymujące krzywą cukrową. Kolejne punkty omawiają dokonania Doktoranta w zakresie badań falek standardowych oraz własnych do odtworzenia przebiegu krzywej cukrowej i określenia wektora cech, wykorzystanego w procesie uczenia sieci neuronowych. Dalsza część rozdziału omawia wykorzystanie sztucznej sieci neuronowej do rozpoznania cukrzycy na podstawie krzywej cukrowej oraz moduł wspomaganie lekarza w określeniu dawki insuliny.

Rozdział czwarty zawiera przegląd rozwiązań wspomagających diagnostykę pacjentów z cukrzycą. Przedstawione zostały prace związane z modelowaniem sztucznej trzustki oraz pomiaru błędu metod pomiaru poziomu cukru we krwi. Na tle dotychczasowych osiągnięć Doktorant uzasadnia celowość podjęcia tematu.

Rozdział piąty, opisuje kolejne etapy użytkowania systemu, od założenia konta i zalogowania, poprzez wprowadzenie danych demograficznych, poziomu cukru we krwi i innych wyników analizy laboratoryjnej krwi oraz moczu. Efektem końcowym systemu jest określenie potencjalnej dawki leku, wyniku próby cukrzycowej oraz prezentacja diagnozy.

Rozdział szósty omawia możliwe kierunki rozwoju systemu.

Rozdział siódmy wymienia osiągnięte cele oraz wnioski wypływające z realizacji prac badawczych.

Załącznik na płycie CD zawiera rozdział opisujący zasadę działania „testów suchych”, przebiegu funkcji aproksymujących oraz bardzo obszerny spis literatury (440 pozycji).

Rozprawa zawiera szereg ważnych osiągnięć, które uznać można jako wkład własny Doktoranta. Zalicza m do nich:

1. Opracowanie metodologii umożliwiającej wydzielenie cech charakterystycznych krzywej cukrowej. W pierwszym etapie Autor próbował wykorzystać do tego celu istniejące falki (m.in.. Harra, Daubachie, biortogonalnej i inne). Wobec braku zadawalających wyników Doktorant podjął próbę opracowania falek alternatywnych. Wykorzystał do tego celu funkcję 'wavemngr' w środowisku Matlab. Otrzymany wektor cech stanowi wejście sieci neuronowych.
2. Opracowanie struktury sztucznej sieci neuronowej do rozpoznania cukrzycy na podstawie krzywej cukrowej. Do uczenia sieci wykorzystano funkcje powstałą w wyniku aproksymacji 2600 pomiarów poziomu cukru we krwi u jednego pacjenta.
3. Opracowanie systemu informatycznego, dostępnego z przeglądarki Internetowej, umożliwiającego rejestrację danych demograficznych, wyników badań laboratoryjnych, wspomaganie decyzji związanej z dawkowaniem insuliny.
4. Zebranie odpowiedniej ilości danych umożliwiających opracowanie systemu sztucznej trzustki.

Lektura rozprawy nasuwa także pewne uwagi o charakterze ogólnym, które nieznacznie wpływają na ocenę całości prac naukowo-badawczych wykonanych przez Doktoranta i przedstawionych w recenzowanej pracy doktorskiej.

1. Doktorant wysunął hipotezę, że większa od dwóch liczba warstw wydłuża czas obliczeń przy zachowaniu porównywalnej jakości wyników (str. 90). Pierwsze stwierdzenie jest oczywiste natomiast drugie wymaga badań, których w rozprawie brakuje.
2. Na str. 113 Doktorant wymienia sieci neuronowe z 25 i 50 warstwami ukrytymi. W procesie decyzyjnym systemu sieci te realizują „główne zadanie systemu”. Niestety w rozprawie nie zamieszczono jakiegokolwiek opisu, który uzasadniałby strukturę sieci, sposób uczenia i testowania. Ocenę sieci podsumowuje lakoniczne stwierdzenie o 60% rozpoznawalności przebiegu wzorcowego.
3. Na etapie rozpoznawania krzywej cukrowej do uczenia sieci wykorzystano pomiary jednego pacjenta. Czy, zdaniem Autora, dane są wystarczająco reprezentatywne dla całej populacji pacjentów z badanej grupy? Czy przeprowadzone były odpowiednie badania weryfikujące taką hipotezę? Ponadto wyniki przedstawione na wykresach i w tabelach (str. 95 – 98) są pozbawione wymiaru. W pracach naukowych przyjmuje się podstawową zasadę: osie muszą

być opisane wraz z podaniem jednostek. Błędy w tabelach 3.7 i 3.8.

4. Brak weryfikacji systemu oraz analizy błędu poddają w wątpliwość możliwość wykorzystania systemu dla potrzeb klinicznych. Narzuca się pytanie, czy umieszczenie w Internecie systemu nie stwarza możliwości jego niekontrolowanego przez lekarza wykorzystania w diagnostyce i terapii.
5. Brak rozdziału opisującego weryfikację opracowanych algorytmów.

Uwagi szczegółowe:

1. Kopiowanie ze strony Internetowej schematów poglądowych dotyczących transformat Fouriera oraz falkowej (rys. 2.8 – 2.10), uważam za zbędne.
2. Usterki edytorskie lub brak precyzji
 - a. Brak precyzji w nazwie kolumn w tabelach. Co oznacza kolumna „ilość” w tabeli (rys. 3.2)? „Wartość” (rys. 33) powinno być zastąpione przez „dawka insuliny”
 - b. Brak odwołań do niektórych rysunków (np. rys. 3.2, 3.3)
 - c. Brak jednostek na wykresach (np. wykres 3.1). „Ilość pomiarów” powinna być zastąpiona przez „liczba pomiarów”. „Ilość” odnosi się do wielkości nieprzeliczalnych.
 - d. Brak opisu próbek dla sygnału wzorcowego (str. 58₆).
 - e. Brak zależności 3.16.

Punkt 2 wymienia jedynie najbardziej rażące usterki edytorskie. Niezręcznie sformułowanych zdań w rozprawie jest znacznie więcej. Przykład „Średnia zależność rozkładu stężenia cukru w czasie 2 godzin” (str. 55) - zależność rozkładu od czego?

Podsumowanie

Mgr inż. Rafał Doniec posiada odpowiednią wiedzę z zakresu modelowania struktur biologicznych metodami sztucznej inteligencji. Przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera sformułowany i rozwiązany problem badawczy oraz stanowi ciekawy i wartościowy wkład w dziedzinę komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej w zakresie diagnostyki cukrzycy. Zawarta w pracy metodologia, obejmując analizę falkową oraz sztuczne sieci neuronowe i neuronowo-falkowe, jest oryginalna.

Reasumując uważam, że mgr inż. Rafał Doniec wykazał się wiedzą i umiejętnościami wymaganymi do uzyskania stopnia doktora nauk technicznych. Przedstawiona do recenzji praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ca. 2014