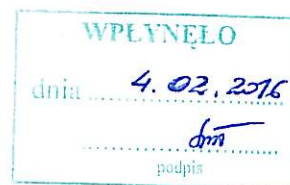


---

Dr hab. Zbislaw Tabor, prof. PK  
Instytut Teleinformatyki  
Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki  
Politechnika Krakowska  
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków  
ztabor@pk.edu.pl

Kraków, 4 lutego 2016



## **Recenzja**

rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Mirosławy Długosz pt.:  
**„System wspomaganie decyzji fizjoterapeutów w ocenie postawy ciała ludzkiego na  
podstawie analizy taśm anatomicznych”**

wykonanej pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Ryszarda Tadeusiewicza  
na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

### **I. Ogólna charakterystyka podjętego przez Doktorantkę problemu badawczego**

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy problemu stworzenia obiektywnej, ilościowej metody oceny zaburzeń postawy ciała człowieka. Skuteczne rozwiązanie tego problemu jest istotne przede wszystkim w kontekście terapii zaburzeń postawy ciała człowieka i terapii uzupełniającej terapię schorzeń, w których efekcie dochodzi do rozwoju zaburzeń postawy.

Na system informatyczny wspomagający ilościową metodę oceny zaburzeń postawy ciała człowieka składają się, według koncepcji przedstawionej przez Doktorantkę, następujące elementy:

1. system wizyjny, służący do akwizycji zdjęć pacjenta stojącego w pozycji swobodnej;
2. moduł pomiarowy, wyznaczający parametry ilościowe charakteryzujące postawę ciała człowieka, oparty o analizę przebiegu taśm anatomicznych na obrazach dostarczanych przez system wizyjny;
3. system ekspertowy wskazujący zaburzenia postawy ciała w oparciu o reguły wnioskowania rozmytego oraz bazę wiedzy, zawierającą m.in. fizjologiczne przedziały parametrów określających geometrię taśm anatomicznych.

---

Jako potencjalny obszar zastosowań wyżej opisanego systemu informatycznego wymienić należy przede wszystkim planowanie zabiegów fizjoterapeutycznych (wspomagany przez system ekspertowy wybór zabiegu w zależności od rodzaju wykrytego zaburzenia postawy) oraz obiektywna oceny efektów terapii (sprowadzająca się do odpowiedzi na pytanie, czy prowadzone zabiegi fizjoterapeutyczne skutkują osiągnięciem zamierzonego efektu, którym jest redukcja rozbieżności między parametrami określającymi postawę ciała pacjenta, a normami fizjologicznymi).

Podjęty temat badawczy oceniam jako ważny i doskonale wpisujący się we współczesne trendy rozwoju biocybernetyki i inżynierii biomedycznej, w szczególności w obszar wykorzystania technologii informacyjnych w planowaniu i kontroli efektów terapii.

## **II. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Oceniana rozprawa doktorska składa się z sześciu rozdziałów zakończonych podsumowaniem i uzupełnionych dwoma dodatkami. Pierwsze trzy rozdziały składają się na analizę źródłową podjętego przez Doktorantkę problemu badawczego oraz opis metodologii badań. Kolejne trzy rozdziały to opis wyników przeprowadzonych eksperymentów wraz z dyskusją wniosków wpływających z uzyskanych wyników.

W rozdziale pierwszym przedstawione są związane z tematyką badań ogólne informacje dotyczące medycznej strony zagadnienia (anatomia w zakresie odpowiednim do podjętego tematu, kliniczne i laboratoryjne metody oceny postawy ciała człowieka, narzędzia wykorzystywane w systemach do ilościowej oceny postawy ciała). Prezentacja jest poparta licznymi odwołaniami do najnowszej literatury przedmiotu. Rozdział zawiera również opis systemu wizyjnego użytego do akwizycji obrazów na których wyznaczane były parametry charakteryzujące postawę ciała pacjenta.

Rozdział drugi również zawiera treści dotyczące medycznej strony zagadnienia, uszczegóławiając prezentację modelu taśm anatomicznych. Ponieważ zaproponowany przez Doktorantkę system informatyczny do oceny zaburzeń postawy ciała człowieka bazuje na modelu taśm anatomicznych, prezentacja w takim zakresie jest niezbędna dla wyjaśnienia metodologii wykonywanych przez Doktorantkę pomiarów.

Rozdział trzeci prezentuje informacje dotyczące rozmytych systemów ekspertowych. W rozdziale tym wprowadzone są definicje dotyczące zbiorów rozmytych, operacji na zbiorach rozmytych, reguł rozmytych i wnioskowania w oparciu o takie reguły.

---

Zaprezentowane są również przykładowe zastosowania teorii zbiorów rozmytych w medycynie. Prezentacja jest poparta licznymi odwołaniami do literatury przedmiotu.

W rozdziale czwartym przedstawiono wyniki badań statystycznych, których celem było wyznaczenie – w oparciu o pomiary wykonane na obrazach uzyskanych z systemu wizyjnego – fizjologicznych wartości parametrów określających geometrię taśm anatomicznych.

W rozdziale piątym wykazano, że zaproponowane parametry charakteryzujące geometrię taśm anatomicznych mogą być użyteczne diagnostycznie, tzn. różnicują w pewnym stopniu pacjentów ze zdiagnozowanymi różnymi schorzeniami w efekcie których dochodzi do rozwoju zaburzeń postawy ciała. Przedstawiona w rozdziale piątym analiza wyników wykorzystuje w szerokim zakresie metody statystyczne.

Rozdział szósty to prezentacja systemu ekspertowego, który w oparciu o pomiary geometrii taśm anatomicznych na obrazach uzyskanych z wykorzystaniem systemu wizyjnego przeprowadza wnioskowanie rozmyte i wskazuje rodzaj zaburzenia postawy ciała pacjenta. Wyniki zwracane przez system ekspertowy mogą być w mojej ocenie wykorzystane bezpośrednio do planowania terapii i oceny efektów terapii zaburzeń postawy.

Podsumowując tą część recenzji, problem zaprezentowany w rozprawie sformułowałbym szerzej niż zrobiła to Doktorantka, stawiając tezę swojej rozprawy. Doktorantka nie tylko wykazała, że analiza geometrii taśm anatomicznych i zaburzeń postawy ciała jest możliwa w oparciu o wyniki pomiarów fotogrametrycznych. Doktorantka zaprezentowała w rozprawie koncepcję i realizację kompletnego systemu do obiektywnej ilościowej oceny postawy ciała człowieka w oparciu o model taśm anatomicznych. Przedstawiony system informatyczny stanowi w mojej ocenie oryginalne rozwiązanie problemu obiektywnej ilościowej oceny postawy ciała, a projektując architekturę tego systemu Doktorantka zademonstrowała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### **III. Uwagi szczegółowe**

Ponieważ do części rozprawy zawierającej analizę źródłową tematu nie mam uwag, w uwagach szczegółowych odnoszę się wyłącznie do części rozprawy dotyczącej realizacji systemu informatycznego wspomagającego ocenę zaburzeń postawy ciała.

1. Na stronie 35 Doktorantka pisze: „Rozkład empiryczny zmiennej wiek jest prawie symetryczny”. Rozkład zmiennej wiek nie może być oczywiście symetryczny z uwagi na zakres wartości zmiennej wiek. Nie jest jasne, co oznacza, że rozkład jest „prawie” symetryczny.

- 
2. W Tabeli 4.2 użyto nadmiernej liczby miejsc dziesiętnych w zapisie wartości procentowych.
  3. Nie jest dla mnie jasny sens wprowadzania „wzorców a priori” (strona 39). Ostatecznie system ekspertowy wykorzystuje przedziały wartości parametrów, wyznaczone dla grupy kontrolnej, więc w mojej ocenie testy porównania wyników dla grupy kontrolnej z wzorcami a priori są nadmiarowe.
  4. Na stronie 42 Doktorantka pisze „grupy kontrolnej,..., bez stwierdzonych wad postawy”. Rozumiem wobec tego, że zaburzenia postawy lub ich brak były oceniane metodą alternatywną do metody zaprezentowanej w rozprawie. Niestety, w rozprawie metoda alternatywna nie została opisana i nie jest jasne, czy była to metoda ilościowa, czy jakościowa. Byłoby bardzo interesujące porównanie oceny wad postawy dokonanych tą metodą alternatywną i metodą opracowaną przez Doktorantkę.
  5. Na stronie 43 Doktorantka analizuje asymetrię TPT-TPP i przypisuje ją różnemu obciążeniu lewej i prawej nogi przy swobodnej postawie stojącej. Czy w przyszłości nie należałoby rozważyć modyfikacji systemu akwizycji danych fotogrametrycznych w ten sposób, aby tą potencjalnie wprowadzającą błędy do wnioskowania asymetrię usunąć? Jedno z rozwiązań mogłoby polegać na zastosowaniu niezależnych wag mierzących nacisk na lewą i prawą stopę w celu wymuszenia symetrycznego obciążenia. Podobnie, można by wymusić standardowe ustawienie stóp stosując odpowiednie wzorce ustawienia.
  6. Na stronie 62 i następnych Doktorantka porównuje współczynniki korelacji wyznaczone dla grup pacjentów z różnymi schorzeniami i używa sformułowań w rodzaju „w odróżnieniu od grupy kontrolnej dla pacjentów ze zdiagnozowaną chorobą...zależności nie są statystycznie istotne” lub „wartości współczynnika korelacji ... w stosunku do grupy kontrolnej uległy zmniejszeniu”. Stwierdzenia te należałoby koniecznie uzupełnić o analizę istotności różnic pomiędzy współczynnikami korelacji – tego typu testy oferuje np. używana przez Doktorantkę Statistica.
  7. Przedstawiona w rozdziale 5.2.3 analiza aglomeracji metodą Warda jest bardzo interesująca. Byłaby jednak w mojej opinii znacznie bardziej znacząca, gdyby została uzupełniona o analizę ilościową (np. topologii dendrogramów). Bez takiej analizy twierdzenie, że „istotne różnice pomiędzy badanymi jednostkami chorobowymi można zaobserwować” jest trudne do udowodnienia.

- 
8. Wnioski wypływające z analiz przedstawionych w rozdziale 5.3 byłyby znacznie mocniejsze, gdyby Doktorantka poparła je wynikami testu ANOVA i odpowiednimi testami post-hoc. Również tego typu analizy można łatwo wykonać w programie Statistica.
  9. W mojej opinii zaprojektowany przez Doktorantkę system informatyczny do oceny zaburzeń postawy ciała działa poprawnie. Ponieważ jest to jednak rozwiązanie nowe i oryginalne, wyniki zwracane przez system ekspertowy powinny być skonfrontowane – w celu walidacji tego systemu – z wykonaną niezależnie (np. przez eksperta) oceną zaburzeń postawy.
  10. Wyniki pomiarów geometrycznych taśm anatomicznych dla grupy kontrolnej i pacjentów z różnymi schorzeniami dowodzą, że przyjęty model oceny postawy ciała ma duży potencjał kliniczny. Nie można jednak oczywiście oczekiwać, że ocena postawy ciała na podstawie zaprezentowanej metody będzie elementem składowym diagnozy np. skoliozy, koksartrozy, czy depresji. Prawdziwy potencjał metody tkwi w mojej opinii w możliwości wspomagania planowania terapii i oceny efektywności terapii. Czy Doktorantka ma dostęp do danych lub planuje uzyskanie danych, które pozwoliłyby na weryfikację takiej hipotezy?

#### IV. Wnioski

Oceniając część rozprawy składającą się z pierwszych trzech rozdziałów stwierdzam, że Doktorantka przeprowadziła analizę źródłową podjętego tematu badawczego w zakresie świadczącym o ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki w dyscyplinie biocybernetyki i inżynierii biomedycznej.

Oceniając część rozprawy składającą się z ostatnich trzech rozdziałów stwierdzam, że Doktorantka przedstawiła oryginalne rozwiązanie problemu badawczego oraz zademonstrowała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska pani mgr inż. Mirosławy Długosz pt.: „System wspomagania decyzji fizjoterapeutów w ocenie postawy ciała ludzkiego na podstawie analizy taśm anatomicznych” spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 Ustawy o stopniach i tytule naukowym i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Zbigniew Talar