

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. **Daniela Ledwonia**
„Model matematyczny dynamiki ruchów spontanicznych dzieci w I roku życia w aspekcie wczesnego wykrywania dysfunkcji motorycznych”

Recenzowana rozprawa doktorska przedstawiona została na 129 stronach, obejmujących wprowadzenie, 7 rozdziałów treści zasadniczej, podsumowanie, wnioski, 174 pozycji literatury, na które autor powołuje się w treści rozprawy oraz 2 dodatków, streszczenia w wersji polskiej i angielskiej.

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Doktorant postawił sobie za cel naukowy zbadanie przydatności modelowania matematycznego dynamiki ruchu dzieci w pierwszym roku życia do wykrywania dysfunkcji motorycznych na tle neurologicznym. Poza tym sformułował cel praktyczny – opracowania systemu metrologicznego wspieranego specjalistycznym oprogramowaniem do wspomaganie rehabilitanta w zakresie identyfikacji a także redukcji zaburzeń neuromotorycznych małych dzieci. Przyjął, że można badać rozwój neuromotoryczny małego dziecka i diagnozować nieprawidłowości rozwojowe poprzez wyłączną obserwację motoryki spontanicznej. Zakłada, że akwizycja nagrań wideo i ich przetwarzanie z wykorzystaniem metod wizji komputerowej pozwoli opracować system analizy danych motorycznych, prowadzącej do wsparcia wnioskowania w diagnostyce neurorozwojowej. Definiowanie ilościowych wskaźników ruchu niemowlęcia jest tu istotnym elementem pracy, pozwalającym na wsparcie diagnostyki przesiewowej i planowanie profilaktyki zdrowotnej.

Sformułował przy tym tezę ogólną sugerującą, że możliwe jest opracowanie modelu matematycznego dynamiki ruchów spontanicznych dla potrzeb analizy zaburzeń neuromotorycznych i trzy szczegółowe tezy naukowe, z których pierwsza odnosi się do możliwości modelowania dynamiki za pomocą krzywej β a druga dotyczy wykorzystania modeli formalnych do wspomaganie diagnostyki przesiewowej niemowląt. Trzecia szczegółowa teza nawiązuje do komputerowego wspomaganie diagnostyki neurorozwojowej. Cały późniejszy wywód polega na pokazaniu osiągalności sformułowanych tez. W moim odczuciu można byłoby doprecyzować te trzy tezy w taki sposób, aby pokazać przewagę proponowanego podejścia nad innymi

metodami. Sama praca jednak zawiera szereg wątków porównawczych z innymi podejściami, co dowodzi słuszności mojej sugestii.

Postawione zadania badawcze w rozprawie są jasne i poddające się weryfikacji. Rozprawa ma charakter zarówno teoretyczny jak i eksperymentalny. Teoretyczny w zakresie modelowania dynamiki ruchów spontanicznych i formułowania charakterystyk oceniających nieprawidłowości motoryczne niemowląt. Eksperymentalny w zakresie konstrukcji systemu pomiarowego i komputerowego wspomagania diagnostyki dysfunkcji motorycznych.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle/ świadcząco o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Autor rozprawy przeprowadził szeroką analizę źródeł w zakresie modelowania i analizy dynamiki ruchów spontanicznych a także prowadzonych badań eksperymentalnych w tym zakresie. Odwołania do literatury wraz z komentarzem pojawiają się w różnych miejscach rozprawy, odpowiednio do treści merytorycznych. Bibliografia zawiera 174 pozycje literatury, na które Doktorant powołuje się w treści rozprawy. Formułuje wnioski w sposób jasny, świadcząco o wystarczająco wysokim stanie wiedzy w obszarze, będącym przedmiotem analizy.

Do interesujących w tym zakresie rozdziałów pracy należy rozdział 3 i 6. W szczególności w rozdziale 3 Autor definiuje podstawowe zagadnienia i opisuje stan wiedzy w odniesieniu do zagadnień biocybernetycznych aspektów rozwoju motorycznego, co stanowi doskonałe wprowadzenie czytelnika w rozważane w rozprawie doktorskiej kwestie. W rozdziale 6 poświęconym architekturze systemu pomiarowego Doktorant szeroko komentuje rozwiązania prezentowane w różnych pozycjach literatury, by na tym tle przedstawić swoje, dedykowane rozwiązanie systemu pomiarowego motoryki niemowląt w pozycji leżącej. Praca dzięki temu posiada pewien walor edukacyjny. Do bardzo ciekawych pomysłów w zakresie przeglądu literatury należy zaliczyć chronologiczne zestawienie publikacji różnych zespołów badawczych, zajmujących się problematyką komputerowego wspomagania diagnostyki neurorozwojowej niemowląt (rys.3.10), obejmujące lata 2009-2021.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Doktorant rozwiązywał postawione zagadnienia, przedstawiając w pierwszej kolejności biocybernetyczne aspekty rozwoju motorycznego w pierwszych miesiącach życia. Przyjął prawidłowe podejście polegające na prezentacji prawidłowego rozwoju neuromotorycznego, wykorzystując modelowe podejście w postaci uproszczonego

schematu systemu regulacji aktywności motorycznych w ośrodkowym układzie nerwowym, schematu zależności w prawidłowym mechanizmie odruchu postawy oraz schematu przebiegu prawidłowego rozwoju napięcia posturalnego (rys. 3.3 – 3.5) a także zestawienia praw rozwoju neuromotorycznego. Daje to punkt odniesienia dla prezentacji zaburzeń rozwoju psychoruchowego – MPD, DCD, MND, kończące się schematem zależności poszczególnych zjawisk w kompensacyjnym mechanizmie antygravitacyjnym. Pozwoliło to również na przejrzystą prezentację metod diagnostyki i wspomagania rozwoju neuromotorycznego. Kluczowym elementem pracy jest model dynamiki ruchów spontanicznych, w którym za punkt wyjścia przyjęto model beta-eliptyczny (Bezine i inni) w postaci asymetrycznej funkcji dzwonowej $\beta(t)$. Następnie Doktorant uzupełnia opis motoryki niemowląt składową wynikającą z bezwładności w celu odwzorowania płynnego przejścia między kolejnymi ruchami bez zatrzymania. Tu ważną jest oczywiście trajektoria ruchu kończyn opisywana funkcją $T_j(t)$ zdefiniowaną w rozdziale 5.2. Autor nie ustrzegł się drobnego błędu w definicji (trzecia współrzędna powinna być $z(t)$, a nie $z(y)$). Kolejne lokalizacje w trajektorii stanowią podstawę estymacji funkcji szybkości wybranego punktu charakterystycznego na kończynie dziecka (np. stawu). Cały późniejszy wywód Doktoranta pokazuje dobór parametrów modelu motoryki tak, aby zminimalizować zdefiniowane błędy w postaci bezwzględnych lub względnych różnic funkcji szybkości wybranych punktów charakterystycznych rzeczywistej trajektorii i wynikającej z modelu. Autor dokonał weryfikacji modelu na danych wzorcowych z bazy MINI-RGBD. Nie poddając w wątpliwość przyjętego sposobu weryfikacji modelu, ze względu na niedeterministyczny charakter ruchów wybranych punktów na kończynach dziecka, sugerowałbym zbadanie poprawności estymacji na wielu powtórzeniach eksperymentu zaczynając wielokrotnie od $t=0$. Jest to oczywiście głos w dyskusji. W części równie istotnej dla realizacji zadań badawczych, dotyczącej architektury systemu pomiarowego Doktorant bardzo sprawnie przedstawia na tle bardzo wielu systemów pomiarowych ruchu własną propozycję systemu pomiarowego wraz z systemem komputerowego wspomagania diagnostyki neurorozwojowej. Sposób prezentacji tych elementów ma charakter opisowy. Pewnie można byłoby zaprezentować architekturę systemu poprzez przypadki użycia i diagramy przepływu oraz przypadki testowe, stosowane w pracach z zakresu informatyki, ale to w żaden sposób nie pomniejsza zalet recenzowanej rozprawy. Doktorant przedstawił szereg badań i wykazał poprawność stawianych tez.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa posiada oryginalne wątki, polegające na opracowaniu własnych modyfikacji znanych z literatury modeli i własnych środowisk pomiarowych do badania dynamiki ruchów spontanicznych dzieci w I roku życia oraz wspierających diagnostykę zaburzeń ruchowych na tle neurologicznym. Interesujące wydaje mi się

całe zaprezentowane podejście, które bazuje na badaniach całego ośrodka naukowego, w którym doktorant realizuje swoją rozprawę doktorską. Niewątpliwie wyniki badań teoretycznych i pomiarowych osiągnięte w pracy stanowią mocną część rozprawy. Sposób prezentacji wyników oceniam bardzo wysoko, aczkolwiek wymagałby pewnego komentarza w zakresie oceny jakości estymacji, w kontekście identyfikacji procesów losowych opisujących trajektorie charakterystycznych punktów dziecka. Do bardzo dobrych stron pracy należy zaliczyć uzyskaną implementację systemu pomiarowego i przeprowadzonych badań, co istotnie kwalifikuje pracę w dyscyplinie bioinżynierii medycznej.

5. Czy Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Doktorant zredagował pracę generalnie w sposób bardzo przejrzysty i niezwykle staranny. Może poszerzyłbym nieco analizę poprawności estymacji o czym wspominam w innych punktach recenzji, związaną z losowością trajektorii.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Nie dostrzegam ewidentnie słabych stron rozprawy. Jedyne dyskusyjne są te elementy, które podnosiłem w punkcie 3 recenzji i punkcie 5. Rozszerzając prezentowane w pracy zagadnienia o dodatkowe miary jakości estymacji parametrów modelu a także metody analizy tych charakterystyk co w efekcie wniosku o wynikach uzyskiwanych w trakcie eksperymentów podniosłoby jeszcze walory tej rozprawy. Prosiłby zatem o komentarz do tej wypowiedzi w trakcie obrony pracy doktorskiej.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla dyscypliny bioinżynieria medyczna ?

Przedstawione drobne uwagi w istocie dyskusyjne nie umniejszają wysokiej przydatności wyników rozprawy doktorskiej dla zagadnień modelowania i identyfikacji zaburzeń neuroruchowych niemowląt na wczesnym etapie życia, co jest istotne dla wielu dziedzin nie tylko nauk technicznych i w szczególności bioinżynierii medycznej ale także medycyny. Potrzeba prowadzenia badań zaburzeń motorycznych niemowląt szczególnie nadaje ważności prowadzonych przez Autora badań.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a. Nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b. Wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c. Spełniająca wymagania
- d. Spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e. Wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Na podstawie lektury recenzowanej rozprawy mgr. inż. Daniela Ledwonia stwierdzam, że autor rozprawy prezentuje wysoki poziom wiedzy w zakresie dyscypliny Inżynieria Biomedyczna oraz posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa zawiera opis oryginalnego rozwiązania problemu naukowego. Zatem spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Uważam, że praca doktorska mgr inż. Daniela Ledwonia jest wybitnie dobra, zasługująca **na wyróżnienie**. Wniosuję o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.



.....
podpis