

Profesor Jerzy Z. Sasiadek

Warszawa, 10 października 2021

Centrum Badan Kosmicznych

Polska Akademi Nauk (CBK PAN)

Ul. Bartycka 18A

00-716 Warszawa

Recenzja pracy doktorskiej mg.inz. Michala Bledowskiego **“Analiza biosygnalow dla sterowania decyzyjnego proteza dloni”**

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Zastosowanie bioprotez konczyn ludzkich jest dziedzina znana od wielu lat. Tematyka rozprawy zwiazana jest ze sterowaniem robotyczna bioproteza dloni. Efektywne sterowanie protezami dloni jest trudne miedzy innymi ze wzgledu na ograniczona mozliwosc szybkiej akwizycji i przekazywania sygnalow bionicznych. Poprawa szybkości akwizycji sygnalow i wykorzystanie ich w sterowaniu bioprotezami jest wazna i potrzebna dziedzina badan naukowych.

2. Analiza zrodel

Badania nad sterowaniem protez konczyn ludzkich sa prowadzone od wielu lat w licznych osrodkach naukowych [17,18,19]. Podobne badania prowadzili juz wczesniej jeden z promotorow wraz z zespolem [42], a takze wczesniej sam kandydat wraz z promotorem i zespolem [28]. Badania nad sterowaniem bioprotez byly prowadzone rownolegle z badaniami na konstrukcja bioprotez i nowymi materialami uzywanymi do budowy protez. Do sterowania uzywano roznego typu sygnalow o charakterze biologicznym. Rodzajow sygnalow jest duzo, np. EEG, ECG, EMG, MMG, EOG, GSR, MEG. Pelne nazwy i omowienie roznic miedzy tymi sygnalami jest omowione na str. 12 w niniejszej rozprawie.

3. Poprawność rozwiązania

Tak jak wspomniano już wcześniej sposób używania sygnałów bionicznych i ich obróbka ma poważny wpływ na właściwe działanie układu sterowania bioproteza. Po akwizycji, sygnał musi być poddany procesowi rozpoznawania składającego się z trzech etapów: ekstrakcji, selekcji i klasyfikacji. Ogólnie rzecz biorąc, wszystkie te czynności odbywają się szeregowo, tzn. klasyfikacja może się odbyć jedynie po zakończeniu dwóch poprzednich etapów. To powoduje, że obróbka i przetwarzanie sygnału trwa dość długo i może wpływać na brak płynności i opóźnienia pomiędzy intencją wykonania ruchu a samym ruchem.

Możliwym rozwiązaniem uniknięcia wspomnianych problemów jest tzw. podejście wieloetapowe. Metoda ta pozwala na częściową akwizycję sygnału i równoczesnej wstępnej obróbce sygnału polegającej na równoległej ekstrakcji, selekcji i klasyfikacji. Taka metoda pomaga uzyskać szybsze przetwarzanie danych (sygnału) i poprawienie płynności i dokładności ruchu bioprotezy. Metoda ta jest wynikiem wieloletnich doświadczeń i użycie jej do sterowania bioproteza wydaje się być jak najbardziej uzasadnione.

4. Wkład autora

Originalnym wkładem autora jest zaadoptowanie metody przetwarzania wieloetapowego do obróbki sygnału bionicznego oraz przeprowadzenie eksperymentu polegającego na wykonaniu pomiarów i przygotowaniu bazy pomiarowej. Eksperymenty polegały między innymi na porównaniu wybranych algorytmów ekstrakcji i klasyfikacji. Przy badaniu klasycznego procesu rozpoznawania porównano dziewięć różnych metod, co pozwoliło oszacować dokładność obliczeń. Przy badaniu procesu rozpoznawania wieloetapowego ponownie użyto osiem metod i przedstawiono wyniki na wykresach 4.10, 4.11 i 4.12. Dla obu metod przeprowadzono obszerną dyskusję opisując dokładność poszczególnych metod i ich użyteczność do sterowania bioproteza.

5. Sposób przedstawienia wyników

Większość wyników eksperymentalnych pokazano w rozdziale 4. Pokazano organizację bazy danych w postaci 11 klas ruchów, 200 powtórzeń każdego ruchu, 16 kanałów (8 EMG, 8 MMG) i 200 próbek na pomiar. Pokazano klasyczną metodę rozpoznawania i wieloetapową metodę rozpoznawania. Podano dokładność klasyfikacji dla wybranych algorytmów ekstrakcji i

klasyfikacji. Wyznaczono współczynnik algorytmu kNN. Wyniki dla tej części eksperymentów podano w postaci Tabel (paragraf 4.5.3). Większość wyników dla rozpoznawania wieloetapowego podano w postaci 18 wykresów (4.6.3). Omówiono też macierze błędów dla różnych klas. Przedstawiono też diagramy rozpoznawania wieloetapowego (rys. 4.10, 4.20). Przy każdej prezentacji wyników przeprowadzono dyskusję i omówienie rezultatów.

6. Przydatność rozprawy dla nauk inżynierjno-technicznych

Duży i szybki postęp w dziedzinie nauk medycznych powoduje stosowanie nowych metod leczniczych. Uwaga ta odnosi się także do różnego rodzaju nowych bioprotez. Tutaj właśnie nauki medyczne stykają się z naukami technicznymi i współpraca między tymi dziedzinami pozwala na dalszy rozwój obu tych dziedzin. W szczególności, projektowanie, konstruowanie i budowa bioprotez korzysta z rozwoju tej współpracy. Korzystamy z lepszych materiałów do konstrukcji protez, lepszego opisu sygnałów bionicznych i coraz lepszego, szybszego i bardziej dokładnego sterowania. Właśnie w tej ostatniej dziedzinie wpisuje się niniejsza praca doktorska. Niewątpliwie, proponowana metoda sterowania wieloetapowego może przyczynić się do lepszego i szybszego sterowania i związanej z tym jakości życia osób używających bioprotezy.

7. Uwagi i komentarze

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana mgr. inż. Michała Bledowskiego pod tytułem „Analiza biosygnali dla sterowania decyzyjnego protezą dłoni”, nasuwają się następujące uwagi:

1. Praca doktorska jest relatywnie krótka i zwykle jest to cecha prac czysto teoretycznych.
2. W pracy nie wykorzystano okazji do przedstawienia innej metody analizy sygnałów, np. przy pomocy metody logiki rozmytej. Taka metoda mogłaby być pomocna nie tylko do opisu ruchu dłoni ale także do analizy sygnałów bionicznych.
3. Opis 11 ruchów dłoni jest mało precyzyjny, tutaj też być może, metoda logiki rozmytej byłaby pomocna.
4. Szkoda, że nie przeprowadzono większej ilości eksperymentów. Na przykład ciekawym problemem jest połączenie metody rozpoznawania wieloetapowego z innymi metodami sterowania, jak MPC (Model Predictive Control).
5. W pracy nie przeprowadzono analizy sterowania układów z opóźnieniem co może być korzystne dla sterowania biosygnalami.
6. Użycie metody fuzji sygnałów może znacząco poprawić dokładność działania systemu sterowania.

7. Pomocnym wydaje się być dodanie do pracy ostatniego rozdziału pod tytułem Wnioski. Część wniosków została umieszczona w Podsumowaniu ale osobny rozdział z wnioskami zapewniłby klarowność pracy.
8. Praca powinna zawierać spis skrótów literowych używanych w pracy. Autor używa dużej ilości różnego rodzaju skróconych nazw i odpowiedni spis znacznie pomoże w rozumieniu pracy.
9. Programy i kody używane w pracy powinny się znaleźć w Aneksie.

Wyszczególnione w recenzji uwagi krytyczne, w części merytorycznej dyskusyjne, w niczym nie ujmują i nie podważają ogólnej bardzo pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej.

8. Wniosek końcowy

- 1) Doktorant wykazał się dużą wiedzą i bardzo dobrym merytorycznym przygotowaniem do pracy naukowo-badawczej oraz odpowiednimi umiejętnościami analitycznymi i eksperymentalnymi.
- 2) Przedstawione w rozprawie wyniki badań mają dużą wartość poznawczą i praktyczną, i mogą być przydatne zarówno w naukach technicznych jak i nowych projektach i konstrukcjach bioprotez.
- 3) Rozprawa charakteryzuje się dobrym poziomem merytorycznym.

Uwazam, że rozprawa doktorska magistra inżyniera Michała Bledowskiego pod tytułem „Analiza biosygnalów dla sterowania decyzyjnego proteza dłoni” spełnia kryteria i wymagania wymagania stawiane pracom doktorskim w obowiązującej Ustawie o stopniach naukowych i wnoszącej o jej przyjęcie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Jerzy Sasiadek