

prof. dr hab. inż. Anna Cysewska-Sobusiak
Politechnika Poznańska
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
Zakład Metrologii i Optoelektroniki
ul. Piotrowo 3A
60-965 Poznań

Poznań, dnia 28 grudnia 2016 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Gryncewicza

nt.: Sakadometr. Synteza systemu pomiarowego do oceny reakcji refleksji sakadycznej oka

Przedmiotem recenzji jest w/w rozprawa doktorska mgra inż. Wojciecha Gryncewicza, wykonana w Pracowni Badań Czynności Okoloruchowej Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Jan K. Ober, prof. IBIB PAN, a przewód doktorski jest prowadzony przez Radę Naukową Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Recenzja została opracowana na podstawie zlecenia Z-cy Dyrektora Instytutu d.s. Naukowych prof. dr hab. Jacka Waniewskiego z dnia 17 października 2016 roku.

1. Tematyka i charakter rozprawy

Tematyka pracy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Gryncewicza mieści się w dyscyplinie biocybernetyka i inżynieria biomedyczna, przy czym głównie dotyczy problemów związanych z możliwością oceny w różnych warunkach dynamiki odruchu refleksji sakadycznej oka w odpowiedzi na skokową zmianę położenia punktu celu. Sakady pełnią istotną rolę w czynności ośrodkowego układu nerwowego. Monitorowanie czasu reakcji sakadycznej może być wskaźnikiem obiektywnej oceny zachodzącego spowolnienia czynności tego układu. Autor przedstawia warianty sakadometru opracowane na potrzeby takie jak: współpraca z aparaturą MRI, zdalne monitorowanie stanu pacjenta w warunkach domowych, programowalny system do wspomaganie realizacji eksperymentów diagnostycznych.

Rozprawa liczy 148 stron i jest bogato ilustrowana. Jej zasadnicza część składa się z 5 rozdziałów i Bibliografii, a rozdział 6 stanowią 3 specyficzne załączniki: załącznik A: „*Lista publikacji, opartych o wyniki badań przeprowadzonych Sakadometrem*”, załącznik B:

„Informacja o prawach autorskich ilustracji oraz prawach do wizerunku” oraz załącznik C: „Wkład autora w opracowanie systemu Sakadometru. Chronologia rozwoju systemu”.

Przedmiotem rozdziału 1 jest przegląd stanu wiedzy dotyczącego zagadnień związanych z bardzo szybkim sakadycznym ruchem oka, które stanowią bazę wyjścia do konstruowanego systemu pomiarowego. W rozdziale 2 Autor przedstawił uzasadnienie wyboru tematu i przyjęte założenia oraz sformułował tezę i postawione pytania badawcze. Wyniki dotyczące wykonanych przez Autora badań zawarto głównie w najważniejszym i najbardziej obszernym rozdziale 3. Rozdział ten jest poświęcony przedstawieniu szczególnych uwarunkowań i wymagań, które powinien spełnić opracowywany pomiarowy system sakadometryczny. Przedstawione zostały techniki pomiaru ruchu oka, w tym wybrana przez Autora metoda bezpośredniej podczerwieni IROG (*Infra-Red Oculography*), wykorzystująca szerokokątne oświetlenie powierzchni oka, z przeznaczeniem do stymulacji i pomiaru reakcji sakadycznej w osi poziomej. Bardzo szczegółowo, wręcz skrupulatnie, został przedstawiony przebieg badań i dyskusja dość licznych czynników wpływających na podjęte "*decyzje konstrukcyjne*". Z merytorycznego punktu widzenia szczególnie ważna część pracy to podrozdział 3.6, którego przedmiotem jest opis sakadometru jako systemu oraz wyniki jego badań technicznych. W dość zwięzłym rozdziale 4 zestawiono parametry czterech wariantów systemu opracowanych na potrzeby nowych obszarów zastosowań takich jak: badania w środowisku funkcjonalnego MRI, pomiar sakad w osi pionowej, monitorowanie w warunkach domowych oraz otwarty programowalny system badawczy. Syntetyczne podsumowanie uzyskanych rezultatów rozprawy przedstawiono w rozdziale 5.

2. Sposób przeprowadzenia analizy źródeł literaturowych i sformułowania wniosków z ich przeglądu

Doktorant dokonał wnikliwego przeglądu specjalistycznej literatury. Bibliografia stanowi obszerny zbiór 172 cytowanych prac, przy czym ich zdecydowana większość została opublikowana w ostatnich 15 latach. W tym zbiorze znajduje się także 9 współautorskich publikacji Doktoranta mających związek z tematyką rozprawy (w 3 publikacjach jest pierwszym autorem). W rozdziale 6, w załączniku A, Autor zamieścił listę 71 publikacji, "*opartych o wyniki badań przeprowadzonych Sakadometrem*". W liście tej uwzględnił 3 artykuły, których jest współautorem, w tym jeden z nich ([S57]) został opublikowany w bieżącym roku w czasopiśmie *Journal of Vision*, znajdującym się w bazie JCR. Nasuwa się pytanie: czy należy rozumieć, że wszyscy autorzy tych 71 publikacji dysponowali opracowanym Sakadometrem, który stosowali w badaniach opisanych w tych publikacjach?

Pytanie to ma także związek z informacjami podanymi na internetowej stronie <http://www.ober-consulting.com>, wśród których znajduje się: *"The list of conditions and publications where the Saccadometer systems are being used, or are about to be used"* (updated August 29th, 2016). Wykaz ten liczy 40 publikacji (w tym 1 współautorstwa Doktoranta z 2014 roku) i jest opatrzony informacją, że stanowi jedynie ilustrację potencjalnych zastosowań pomiaru reakcji sakadycznej i nie stanowi dowodu na bezpieczeństwo i efektywność wykorzystywania Sakadometru w badaniach.

3. Rozwiązanie postawionych zadań, poprawność przyjętych założeń i użytych metod

Cel pracy jest sformułowany nieco odmiennie w trzech miejscach pracy: „*synteza przenośnego systemu, umożliwiającego pomiar latencji oraz dynamiki odruchu refleksji sakadycznej oka w warunkach poza-laboratoryjnych*” (str. 4), „*synteza systemu pomiarowego, umożliwiającego pomiar i parametryzację refleksji sakadycznej w warunkach poza-laboratoryjnych*” (str. 25), „*opracowanie systemu pomiarowego, pozwalającego na pomiar parametrów reakcji refleksji sakadycznej w sposób automatyczny, nie wymagający precyzyjnego ustawiania systemu ani specjalistycznego przygotowania od prowadzących badanie, u każdej osoby, w warunkach ambulatoryjnych i klinicznych, w tym przyłóżkowych*” (str.124). Pytanie: Dlaczego występują takie różnice w stopniu szczegółowości określenia celu pracy?

Autor postawił następującą tezę:

"Opracowany system pomiarowy, wykorzystujący wiedzę o badanym procesie fizjologicznym na etapach pozyskiwania, przetwarzania sygnału ruchu oka oraz sterowania eksperymentem, umożliwia automatyczny pomiar parametrów reakcji refleksji sakadycznej, u każdej osoby, w warunkach pozalaboratoryjnych, np. ambulatoryjnych. "

W celu weryfikacji tezy Autor wykonał liczne badania eksperymentalne, mające na celu uzyskanie wiarygodnych informacji dotyczących takich interdyscyplinarnych kwestii, jak:

- zmienność poszczególnych składowych sygnału odbieranego przez pasywną część przetwornika ruchu oka;
- efektywność zaproponowanych metod kompensacji różnic sprzężenia optycznego przetwornika ruchu oka z oczodołem i powierzchnią oka;

- możliwość ograniczenia udziału artefaktów okołoruchowych przy zastosowaniu pobudzeń sakadycznych generowanych przez projektor montowany na głowie badanej osoby;
- liczność próby reakcji refleksacji sakadycznej niezbędnej dla uzyskania wystarczającej dokładności;
- wpływ różnic w sprzężeniu optycznym przetwornika z oczodołem oraz różnic długości czasu trwania sakady na błąd pomiaru latencji sakadycznej;
- rozszerzenie możliwości pomiarowych sakkadometru o pomiar ruchu oka zarówno w osi poziomej, jak i pionowej, przy zastosowaniu alternatywnych konfiguracji geometrii przetworników.

W pomiarach wykorzystywano optoelektroniczny system pomiarowy Sakkadometer Research (produkowany przez Ober Consulting, według projektu koncepcyjnego prof. Jana Obera). Przy wykorzystaniu tej wersji urządzenia, ruch oka oraz stan pobudzeń jest zapisywany na karcie pamięci w celu późniejszej analizy. Udział Doktoranta w opracowaniu systemu polegał przede wszystkim na opracowaniu platformy sprzętowej, procedur zapisu i odczytu karty pamięci oraz metody autoprogramowania pamięci nieulotnej urządzenia. Na stronie 123 Autor, opisując swój udział w opracowaniu tego systemu, wymienia m.in. „*prace koncepcyjne*”, ale występuje tu rozbieżność w szczegółach podziału pracy w zespole podanych w załączniku C.

W zaprojektowanym przetworniku fotoelektrycznym Doktorant zastosował czujnik o konfiguracji typu Cyklop, który ma małe rozmiary, może być połączony z okularami i wprowadza mniejsze ograniczenie pola widzenia. W warunkach nielaboratoryjnych jest ważne, aby czujnik do monitorowania funkcji okołoruchowych był nieinwazyjny i prosty w obsłudze, umożliwiając przeprowadzanie zautomatyzowanych badań sakadymetrycznych bez znajomości szczegółów technicznych, przez różne osoby niebędące ekspertami w zakresie pomiarów ruchu oka. Relacje między przetwornikiem fotoelektrycznym a badanym obiektem mogą w znaczący sposób wpływać na parametry rejestrowanego sygnału. Przedstawiona metodyka badań jest właściwa.

Postawioną tezę można uznać za udowodnioną. Proponowane rozwiązania konstrukcyjne zostały opisane, a wnioski z testowania działania prototypów urządzeń zostały przedstawione, ale czasem Autor sformułował je w mało komunikatywny i chaotyczny sposób. Należy też zauważyć mało staranną korektę tekstu pracy, w którym jest duża liczba usterek omówionych w punkcie 8 recenzji.

4. Oryginalność pracy i wkład Autora do stanu wiedzy w dziedzinie

W pierwszym akapicie załącznika C Autor stwierdza, że system sakadometryczny jest wspólnym opracowaniem firmy Ober Consulting oraz Pracowni Badań Czynności Okołoruchowej i był rozwijany przez realizujący go zespół przez wiele lat. Ale w zdaniu kończącym ten akapit znajduje się także informacja, że wszystkie badania i ich analizy przedstawione w pracy zostały zrealizowane przez autora. Autor nie zastosował jednak komunikatywnego zestawienia w zwarty sposób otrzymanych przez **siebie** wyników i uzyskanych osiągnięć **własnych**. Informacje te są rozproszone w różnych częściach rozprawy, co zmusza do cofania się lub wybiegania w przód i utrudnia zarówno lekturę, jak i ocenę pracy.

Po wnikliwym zapoznaniu się z treścią rozprawy mogę stwierdzić, że do szczególnie wartościowych wyników pracy można moim zdaniem przede wszystkim zaliczyć:

1. Udział w opracowaniu systemu umożliwiającego wykonywanie pomiarów ruchu sakadycznego w warunkach pozalaboratoryjnych, przez różne osoby, co wyróżnia ten system na tle innych istniejących rozwiązań.
2. Przeprowadzenie licznych badań eksperymentalnych w trudnych i specyficznych warunkach, na różnych osobach, i dokonanie rzetelnej analizy uzyskanych wyników. Jest to bardzo ważna, pozytywna cecha dokumentowania badań eksperymentalnych. Warto zaznaczyć, że specyficzne problemy pomiarowe wynikają m.in. z trudności z zapewnieniem powtarzalności wyników. Należy zauważyć prawidłowe dociekanie powodów występowania błędów i niekorzystnych efektów.
3. Opracowanie wariantów czujnika Cyklop zastosowanego w przetworniku fotoelektrycznym do detekcji ruchu sakadycznego w pionie oraz eksperymentalne przebadanie ograniczeń i możliwości pomiarowych wariantu czujnika o zmodyfikowanej konstrukcji na potrzeby pomiaru latencji sakadycznej.
4. Zaproponowanie mechanizmów kompensacji sprzężenia optycznego pomiędzy przetwornikiem ruchu oka a gałką oczną, które umożliwiają znaczne zmniejszenie różnic odpowiedzi dynamicznej przetwornika pozyskiwanej od różnych osób.
5. Zaproponowanie sposobu generowania pobudzenia w eksperymencie sakadycznym za pomocą projektora punktów laserowych umieszczonego na głowie osoby badanej i przeprowadzenie badań eksperymentalnych jego efektywności przez porównanie z innym stosowanym podejściem, wymagającym unieruchomienia głowy osoby badanej.
6. Sprawdzenie poprawności działania algorytmu automatycznej detekcji sakad oraz pomiaru latencji sakadycznej na potrzeby mobilnego systemu Sakadometr przy wykorzystaniu skonstruowanego środowiska testowego do symulacji reakcji sakadycznej o zadanych parametrach.
7. Udział w opracowaniu, na drodze ewolucji systemu sakadometrycznego, jego przenośnych prototypów na potrzeby nowych obszarów zastosowań, w tym urządzeń służących do: pomiaru sakad w osi pionowej, monitorowania osób w warunkach domowych, badania przetwarzania informacji wzrokowej z możliwością połączenia kompaktowego zestawu z funkcjonalnym obrazowaniem metodą rezonansu

magnetycznego fMRI (*functional Magnetic Resonance Imaging*), realizacji testów klinicznych z możliwością programowania eksperymentu sakadometrycznego.

5. Umiejętność poprawnego przedstawiania uzyskanych wyników i ich interpretacji

W rozprawie zostały podjęte zarówno złożone problemy analityczne, jak i badania eksperymentalne. Część eksperymentalna pracy zasługuje na szczególne podkreślenie. We właściwy sposób zostały opisane warunki badań i sposób ich przeprowadzania, co pozwala na sformułowanie rzetelnych wniosków możliwych do wykorzystania w praktyce. W rzetelny sposób przedstawiono sposób i kolejne etapy wykonywania procedur przeprowadzenia prac doświadczalnych. Osiągnięcie postawionego celu głównego dostarczyło interesujących wyników, w szczególności doświadczalnych. Autor nie nakreślił planu dalszych prac nad rozwojem i zastosowaniem rozpatrywanych w pracy metod i algorytmów.

6. Słabe strony rozprawy

Z punktu widzenia celu i postawionej tezy praca przedstawiona do recenzji została zrealizowana poprawnie, ale ma także słabe strony. Nasuwające się wątpliwości i niejasności dotyczą głównie mało komunikatywnego sposobu przedstawiania przez Doktoranta własnego naukowego udziału w opracowaniu końcowego efektu zespołowych badań, jakim jest zestaw prototypów Sakadometru powstałych w latach 2001–2016. Związane z tymi kwestiami uwagi zawarto we wcześniejszych punktach recenzji. Na podstawie wnikliwej analizy pracy mogę stwierdzić, że nie nasuwają się zasadnicze uwagi krytyczne o charakterze merytorycznym. Natomiast niewątpliwie słabą stroną rozprawy jest jej mało staranna edycja oraz to, że niektóre fragmenty zostały nadmiernie rozbudowane a niektóre są nadmiernie zwięzłe.

Szczegółowe uwagi merytoryczne i redakcyjne zamieszczono w punkcie 8 recenzji.

7. Co rozprawa wniosła do nauki i techniki

Przyjęty cel i teza pracy są ważne z poznawczego punktu widzenia, ale na szczególną zasługują cechujące je walory praktyczne. Ważną częścią pracy jest podrozdział 6.1, stanowiący Załącznik A, w którym mgr Gryncewicz wyszczególnił 71 publikacji (w tym 3 jego współautorstwa) z lat 2006–2016, "*opartych o wyniki badań przeprowadzonych Sakadometrem*". Z informacji podanych w rozdziale 4 na stronie 108 wynika, że Doktorant uczestniczył w opracowywaniu pierwszych prototypów tego urządzenia oraz rozwijaniu

systemu sakadometrycznego, który "szybko zyskał popularność w środowisku badawczym". Należy podkreślić, że *Saccadometer systems* są efektem współpracy naukowej między Instytutem Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN oraz firmą Ober Consulting. Zgodnie z informacjami podanymi w Załączniku C, indywidualny wkład mgr inż. Wojciecha Gryncewicza w opracowanie rozwiązań poszczególnych modeli systemu Sakadometr polegał na realizacji takich zadań technicznych jak: projekt obwodu pomiarowego, projekt płytek drukowanych, montaż, uruchomienie i testowanie, oprogramowanie wewnętrzne. W przypadku Sakadometru Mark3 w 9 wersjach płytki bazowej z lat 2006–2016, mgr Gryncewicz podaje, że wykonał także badania właściwości pomiarowych, które przedstawił w rozprawie. Nawiązując do tego, wskazane jest wyjaśnienie tej informacji w kontekście przywołanego już w pkt. 4 recenzji stwierdzenia podanego w pierwszym akapicie na str. 146: "*Wszystkie badania (z wyłączeniem danych wejściowych do analizy 3.42, co zostało zaznaczone w tekście) oraz ich analizy przedstawione w niniejszej pracy zostały zrealizowane przez autora*".

8. Szczegółowe uwagi merytoryczne i redakcyjne

1. Użyteczna kompilacja wiedzy literaturowej powinna stanowić syntetyczne i raczej zwarte ujęcie. Dość obszerne fragmenty o charakterze przeglądowym znajdują się w różnych miejscach pracy.
2. W pracy doktorskiej powinny być jednoznacznie uwypuklone osiągnięcia Autora – w recenzowanej rozprawie brak takiego komunikatywnego zestawienia dokonań własnych Doktoranta. Występuje często „przeplatanie” tych osiągnięć z danymi literaturowymi, które powinny być bardziej skondensowane.
3. W podpisach pod niektórymi rysunkami brak powołania na pozycje bibliografii lub inne źródła ich pochodzenia, np. wyniki własne. Informacje podane w załączniku B, ze względu na swą nadmierną zwięzłość, są niewystarczające.
4. str. 28. W jaki sposób można zapewnić "*dokładną kalibrację pozycji oka względem przestrzeni*" ?
5. str. 46. Wskazane bliższe wyjaśnienie określeń i wartości podanych w drugim akapicie.
6. str. 49. Wskazane uściślenie informacji dotyczących "*poziomu oświetlenia zewnętrznego*".
7. str. 84. Wskazane bliższe wyjaśnienie pojęć i wartości podanych w następującej niejasnej postaci: "*W zakresie 100-150 prób, dokładność obliczenia indywidualnej średniej czasu*

trwania sakady osiąga 1-milisekundową precyzję u każdej z ocenianych osób". Ponadto, wszystkie ważne informacje na str. 84-85 są przedstawione w dość zagmatwany sposób.

8. str. 126. Wskazane szersze uzasadnienie treści zamieszczonego akapitu, a zwłaszcza dwóch ostatnich zdań.
9. W wielu miejscach pracy występuje niejednolity i nieprawidłowy zapis zakresów wartości „od–do”; zgodnie z obowiązującymi zaleceniami, zamiast np.: "**20 - 120 ms**" (str. 23) powinno być: "**(20 - 120) ms** lub "**20 ms - 120 ms**". Ponadto, w zapisie wyniku pomiaru zawierającego wartość zmierzoną i wartość błędu lub niedokładności tego wyniku, obie wartości muszą zawierać odpowiednią, uzasadnioną liczbę cyfr znaczących.
10. Wątpliwości budzi częste zamienne używanie określeń *dokładność* i *niedokładność*, które z metrologicznego punktu widzenia są przeciwstawne: duża dokładność oznacza małą niedokładność i mały błąd. Przykładowo: zapis "**dokładność wynosi 10%**" oznacza, że **niedokładność jest równa 90%**.
11. W tekście występują liczne niedostatki redakcyjne, usterki stylistyczne, gramatyczne i inne. Uwaga ta dotyczy m.in. takich kwestii, jak:
 - niestaranna korekta niektórych części pracy i pozostawienie błędów redakcyjnych wpływających na sens określeń merytorycznych użytych w tekście naukowym;
 - liczne usterki, takie jak: tzw. "literówki", brak liter lub zbędne litery w wyrazach, częsty brak przyimków, powtarzane wyrazy, zbędne lub nadmiarowe spacje, a także liczne błędy interpunkcyjne – w tym głównie brak lub nadmiar przecinków, co – szczególnie w często stosowanych przez Autora długich zdaniach – łamie główną myśl zawartą w ważnym merytorycznie fragmencie;
 - dość liczne niefortunne lub niejasne sformułowania, takie jak np.: "*zagadnienia występujące na styku systemu pomiarowego z obiektem biologicznym*" (str. 25), "*intensywność emiterów podczerwieni*" oraz "*słabsza odpowiedź dynamiczna*" (str. 50), "*manipulacja natężeniem emiterów IR*" (str. 52), "*zmiana odbicia oświetlaczy*" (str. 55), "*odchylenie standardowe spadło*" (str. 59), "*związanie celów z głową powoduje powstanie kontekstu poznawczego*" (str. 77), "*różne założenia czujnika*" (str. 97), "*Autor wykonał pomiary zakresu pomiarowego*" (str. 99), "*oko musi się obrócić o kąt większy od poziomu szumu w sygnale wyjściowym*" (str. 101), "*opartych o wyniki badań*" (str. 139);

- przedzielanie rysunkami lub tabelami tekstu, np. na str. 81 rozpoczęto w ostatnim akapicie zdanie, które dokończono dopiero na str. 84, bo strony 82 i 83 zajmują rysunki 3.29 i 3.30;
- nieprawidłowe sformułowania, których nie powinno się używać w naukowym tekście technicznym, np. na str. 81: „*rzędu kilkunastu* milisekund”, na str. 31: „*rzędu* 0,5 - 2”;
- stosunkowo częste stosowanie potocznego określenia "ok.", "około" lub symbolu "~" przy podawaniu danych liczbowych zawierających określoną liczbę cyfr znaczących, np. na str. 16: "ok. 40 ms" czy "średnio ~ 180 - 220 ms";

9. Jak oceniam rozprawę: spełniająca wymagania

Uzasadnienie: Oceniam pracę jako spełniającą w wystarczającym stopniu wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Celowe jest, aby podczas publicznej obrony Autor ustosunkował się do zauważonych niejasności i nasuwających się wątpliwości oraz wymienionych usterek.

Konkluzja

Reasumując uważam, że w opiniowanej rozprawie doktorskiej nt.: „*Sakadometr. Synteza systemu pomiarowego do oceny reakcji refleksacji sakadycznej oka*” mgr inż. Wojciech Gryncewicz rozwiązał postawione zadanie naukowe i wykazał się wiedzą oraz umiejętnościami wymaganymi dla uzyskania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna*. Stwierdzam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

