

dr hab. inż. D. Robert Iskander, prof. PWr
Katedra Inżynierii Biomedycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wroclawska
robert.iskander@pwr.edu.pl

Recenzja pracy doktorskiej
mgra inż. Karola Kakarenko
nt. „Analiza przydatności soczewki typu miecz świetlny
do korekcji starczowzroczności”

1. Konstrukcja i treść rozprawy

Praca doktorska, formalnie przedstawiona w postaci książkowej, posiada streszczenie, wstęp (oznaczony, jako rozdział pierwszy), cztery rozdziały, wnioski, spis oznaczeń oraz bibliografię (oznaczone kolejno, jako rozdziały sześć, siedem, oraz osiem). Łącznie, praca zawiera 102 strony, 53 ilustracje, siedem tabel, oraz 147 pozycji bibliograficznych.

We wstępie oznaczonym, jako rozdział pierwszy, autor zawarł krótki zarys poruszanego tematu, przedstawił główny cel pracy (tj. analiza przydatności soczewki typu miecz świetlny do korekcji starczowzroczności), postawił jawnie tezę dysertacji oraz opisał ogólny zakres pracy. Warte podkreślenia jest, że założone cele badawcze są adekwatne do postawionej tezy pracy. Ten rozdział wylicza również główne osiągnięcia autora pracy.

W rozdziale drugim pracy, autor opisuje przedmiot badawczy, jakim jest oko ludzkie. Opisuje jego budowę wraz z aparatem ochronnym oraz ruchowym, a następnie bardziej szczegółowo skupia się na kilku jego elementach, ważnych pod względem optyki oka i jakości widzenia. W końcowej części rozdziału, autor opisuje zagadnienie głębi ostrości.

Rozdział trzeci autor poświęca zagadnieniom związanym z procesem starczowzroczności oraz metodami jej korekcji. Autor opisuje krótko akomodację oka oraz procesy naturalnie zachodzące w oku z wiekiem hamujące ten mechanizm. Następnie autor omawia metody korekcji starczowzroczności poczynawszy od prostych metod jednoogniskowych soczewek do bardziej zawansowanych wieloogniskowych (dwu- jak i trzyogniskowych) oraz progresywnych soczewek korekcyjnych. Na koniec rozdziału, autor opisuje soczewkę typu aksikon i przedstawia koncept soczewki typu miecz świetlny.

Pierwsze trzy rozdziały pracy stanowią logiczny, spójny wstęp teoretyczny do pracy. W rozdziałach tych, autor odwołuje się do 110 pozycji bibliografii, obejmujących zarówno klasyczne prace jak i najnowsze doniesienia naukowe, co świadczy o dość dobrze przeprowadzonym przeglądzie literaturowym.

W rozdziale czwartym, autor dokładnie opisuje zasadę działania soczewki typu miecz świetlny, jej właściwości, zalety i wady. W rozdziale podsumowane też są wyniki

numeryczne – rozkłady MTF (z ang. *modulation transfer function*) uzyskane dla soczewki typu aksikon oraz miecz świetlny, jak i rozkłady PSF (z ang. *point spread function*) uzyskane eksperymentalnie, dla specjalnie do celów pracy zbudowanego fantomu oka (opisanego w rozdziale piątym).

Rozdział piąty autor poświęca korekcji starczowzroczności za pomocą soczewki typu miecz świetlny. Autor opisuje w nim konstrukcję refrakcyjną soczewki, po czym omawia sposoby badania wzroku (ostrość i kontrast) oraz przedstawia budowę zaprojektowanych specjalnie do celów pracy optotypów. Następnie autor opisuje konstrukcję fantomu oka i przechodzi do wyników badań, zarówno tych dotyczących fantomu oka jak i tych związanych z grupą badawczą (badania subiektywne ostrości widzenia i wrażliwości na kontrast). W rozdziale, autor zawarł również szczegóły dotyczące zgody komisji bioetycznej na przeprowadzenie badań na grupie osób.

Rozdziały czwarty i piąty stanowią zasadniczy raport z głównego celu pracy.

W rozdziale szóstym, autor zwięźle przedstawił wnioski pracy.

2. Uwagi merytoryczne

Autor podkreśla we wstępie do pracy, że badania dotyczące soczewki typu miecz świetlny trwają już od ponad 25 lat, a przeglądając wykaz osiągnięć autora można śmiało powiedzieć, że uczestniczył w nich od 2010 roku. Niewątpliwym jest fakt, że autor posiada bardzo duży udział w badaniach dotyczących tego rodzaju soczewki. Niestety, autor pracy wybrał styl, w którym pierwsza osoba liczby mnogiej przeplata się ze stroną bierną, i nie podkreślił konkretnych elementów jego indywidualnego wkładu naukowego do badań, których wyniki opublikowane zostały w zespołach, co najmniej siedmioosobowych. W konsekwencji recenzent zdany jest na zaufanie do promotora pracy, który w swojej opinii ocenia pracę, jako wystarczający wkład indywidualny do pracy doktorskiej. Recenzent chętnie usłyszałby podczas obrony deklarację autora w sprawie udziału w przeprowadzonych badaniach oraz omówienia, które z dokonań zespołu należy zaliczyć do indywidualnych osiągnięć doktoranta.

Rozdział 1

Przedmiotem badań autora jest naturalny proces starczowzroczności i jego korekcja. Dziwi więc fakt, że autor zalicza ten fizjologiczny proces do schorzeń oka oraz mylnie sugeruje, że proces ten leczy się farmakologicznie.

Rozdział 2

Warto zastanowić się, do kogo adresowana jest praca, laika czy specjalisty? Przedstawiony w pracy materiał o oku ludzkim jest dobrze opisany w wielu podręcznikach. Recenzent rozumie, że autor potrzebował spójnie i zwięźle zawrzeć odpowiednią część tego materiału w pracy. Niestety styl, jaki wybrał autor ma charakter popularno-naukowy i w kontekście

pracy doktorskiej wydaje się powierzchowny. Na przykład, autor znajduje miejsce w rozdziale na porównanie odległości jednego milimetra do dziesięciu arkuszy papieru lub też zastanawianie się, czy któryś z czytelników nie miał dotychczas kłopotów z widzeniem, a pomija fakt, że na rogówce musi znaleźć się film łzowy, aby światło nie zostało rozporoszone na nabłonku czy też, że promień rogówki dotyczy centralnego promienia krzywizny powierzchni, która wcale nie jest sferyczna. W opinii recenzenta, biorąc pod uwagę charakter pracy naukowej i jej cele, więcej uwagi autor mógł poświęcić w tym rozdziale soczewce ocznej oraz opisie różnych modeli optycznych przedniej części oka odpowiadającej za proces akomodacji.

Rozdział 3

Rozdział ten jest najważniejszym w pracy rozdziałem teoretycznym. Pomimo że, jak podkreślono wyżej, autor dość solidnie przeprowadził przegląd literatury, istnieją w tym rozdziale fragmenty, które powinny być podparte dodatkowymi źródłami literaturowymi, zwłaszcza tam, gdzie autor odnosi się do wartości liczbowych parametrów opisujących oko ludzkie. W przeciwnym przypadku rozdział ten, tak jak poprzedni, przyjmuje charakter popularno-naukowy.

Niezrozumiałe dla recenzenta jest przypisywanie tylko okulistom badań nad starczowzrocznością. Wielu autorów cytowanych w dysertacji prac są fizykami (tacy jak Mellanie Campbell, Pablo Artal, czy św. pamięci George Smith) lub też optometrystami lub psychologami (np. David Atchison, Adrian Glasser, Susan Resnick, Philip Morgan, i inni). Autor wydaje się przejmować również żargon okulistyczny wspominając tzw. nieregularny astygmatyzm, chociaż istnieją standardy opisu aberracji oka, na przykład ANSI Z80.28:2004, które zaadoptowała OSA (The Optical Society of America). W opinii recenzenta, okuliści, na świecie, zajmują się leczeniem oczu w przeciwieństwie do innych grup zawodowych zajmujących się fizjologicznym procesem starczowzroczności oraz projektowaniem optycznych rozwiązań jej korekcji.

W podrozdziale 3.3.1.2, autor mylnie przypisuje właściwości soczewek dwuogniskowych soczewkom progresywnym.

W opinii recenzenta, zabrakło też w pracy opisu metod kontrastujących głębię ostrości z jakością widzenia, jak i opisu różnych teorii mechanizmów akomodacji (np. według Helmholtza, Schachara czy też Goldberga).

Rozdział 4

Rozdział ten jest napisany dużo lepiej od poprzednich. W opinii recenzenta, widać wyraźnie, że autor „porusza się” tu z większą swobodą świadczącą o dobrym rozeznaniu tematu i ugruntowanej wiedzy zarówno teoretycznej jak i praktycznej. Jakkolwiek, również i w tym rozdziale pojawiają się nienaukowe sformułowania typu: „funkcja rozmycia pozostaje silnie wypikowana” lub zdania niepoparte danymi liczbowymi takie jak: „obrazowanie z wykorzystaniem soczewki LSL pozwala otrzymać *stosunkowo* duży kontrast”. W stosunku do czego? – Pyta recenzent. W rozdziale tym, autor przedstawia wszystkie swoje wyniki

w sposób jakościowy (obrazy PSF, mapy współczynników Strehla, oraz wyniki symulacji obrazu siatkowego). Autor nie podaje żadnych szczegółów czy też metod numerycznego wyznaczania przedstawionych w postaci graficznej wyników. A przecież wyniki symulacji obrazowania, takie jak przedstawione na rysunkach 29-31 zależą od przyjętej funkcji apodyzacji, funkcji aberracji falowych, częstotliwości próbkowania, czy też ilości tzw. „zero-padding”, jeżeli szybka transformata Fouriera została użyta do obliczeń. Podsumowując, w opinii recenzenta brakuje w tym rozdziale wyników ilościowych podpartych analizą numeryczną lub statystyczną.

Przedstawione wyniki pracy autora dotyczą dwóch średnic źrenicy (tj. 2 mm oraz 4,5 mm). 4,5 mm jest typową wartością przyjmowaną w badaniach wzroku u osób młodych. Jednakże, 2 mm wydaje się zbyt małą w przypadku starszych osób, chyba, że są one pod wpływem leków (np. na jaskrę, a takie osoby nie były brane pod uwagę w badaniach). W literaturze przyjmuje się, że średnica źrenicy zmniejsza się średnio o około 0,03 mm na rok. Jeżeli założymy, że 20 letnia osoba posiada typową źrenicę o średnicy 4,5 mm to osoba 62 letnia (najstarsza w grupie osób badanych przez autora) powinna posiadać źrenicę o średnicy $4,5 - (62 - 20) \times 0,03 = 3,24$ [mm]. W opinii, recenzenta, średnica 2 mm ma zastosowanie dla osób w podeszłym wieku (po 80 roku życia), niebadanych w ramach pracy doktorskiej.

Ponadto, jest wiele alternatywnych metod określania jakości obrazu siatkówkowego do przyjętego przez autora jako miarę współczynnika Strehla, które biorą pod uwagę funkcję czułości oka na kontrast. Według prac Davida Williamsa, Raya Applegate'a oraz Larryego Thibosa niektóre z nich są uważane za lepsze od współczynnika Strehla. Do nich należą, np. *Visual Strehl Ratio* oraz *Neural Sharpness*. Zasadne, zatem jest pytanie, czy wyniki badań przedstawione w pracy zależą od przyjętej definicji miary jakości obrazu siatkówkowego? Recenzent chętnie usłyszałby podczas obrony opinię autora w tej sprawie.

Rozdział 5

To najważniejszy rozdział w pracy odpowiadający za postawioną w pracy tezę. Dotyczy pomiarów jakości widzenia oraz wrażliwości na kontrast w grupie ochotników zaliczanych do starczowzrocznych. W badaniach wzięły udział 34 osoby. Autor nie podaje, na jakiej podstawie dobrał wielkość tej próby, a przecież badania były prospektywne. Autor nie wykonał również żadnej analizy wielkości próby typu post-hoc. Osoby były w wieku od 47 do 62 lat. Pierwsze pytanie, jakie się więc nasuwa, dotyczy szczątkowej akomodacji każdej z osób badanych. W opinii recenzenta pomiar akomodacji został tu zupełnie zignorowany, a przecież nawet według zamieszonego w pracy Rys. 7, można wnioskować, że 47-letnia osoba powinna statystycznie posiadać możliwość akomodacji do około 3 D, a 62-letnia do około 1 D. Co ciekawe, autor cytuje Dondersa (pozycja literatury 30), który opracował już ponad 100 lat temu metodę pomiaru akomodacji typu push-up. Istnieją też metody typu push-down, z soczewką ujemną czy też zmodyfikowany push-up. Wszystkie te metody są dość łatwe w przeprowadzeniu. Reasumując, uzyskane w pracy wyniki dotyczące ostrości wzroku korygowanej soczewką typu miecz świetlny są obciążone różnym poziomem szczątkowej akomodacji osób badanych.

W podrozdziałach 5.2.1 oraz 5.2.2 autor poświęca dość dużo uwagi opracowaniu tablic do badania ostrości wzroku oraz wrażliwości na kontrast. Ta część pracy jest dość szczegółowo opisana. W szczególności autor opisuje tzw. tablice ETDRS, przypisując znów okulistom ustanowienie tego standardu, a pomijając fakt, że tablice te stworzyli optometryści (Ian Bailey z University of California, Berkeley oraz Jan Lovie-Kitchen z Queensland University of Technology) wiele lat wcześniej (1976). To, co było standardem w badaniach optometrycznych od kilku dziesięcioleci stało się okulistycznym standardem dopiero w 2002 roku i dotyczyło, tak naprawdę, tylko badań związanych z wczesnym leczeniem retinopatii cukrzycowej (z ang. Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study), skąd pochodzi skrót ETDRS. W opinii, recenzenta, nieznanomość historii nie pomniejsza wartości merytorycznej tej części rozdziału, ale świadczy o powierzchownym traktowaniu rozważanych w pracy tematów.

W podrozdziale 5.3.1 autor opisuje zbudowany do celów pracy fantom oka ludzkiego. Na początku podrozdziału autor krytykuje większość współczesnych modeli oka ludzkiego (bez wymieniania konkretnych modeli), a następnie przechodzi do modelu fantomu oka, który bazuje na przeszło stuletnim modelu Gullstranda. Co więcej, autor stwierdza, że model ten jest najbardziej popularny. Recenzent nie zgadza się z tym twierdzeniem. W opinii recenzenta, krytyka wysiłków wielu zespołów badawczych w tworzeniu zaawansowanych optycznych modeli oka jest tu bezpodstawna. Abstrahując od sposobu przedstawienia tematu, warto podkreślić, że zbudowany do celów pracy fantom oka ludzkiego jest zasadny i adekwatny do badań przywidzianych w dalszej części rozdziału.

W rozdziale 5.3.3 autor opisuje wyniki eksperymentu z fantomem oka. Niezrozumiałe dla recenzenta jest uzasadnienie obiektywnego sposobu oceny tych wyników przez 10 młodych (nie starczowzrocznych) ochotników. W fantomie autor używa kamery acA1300-30gc o rozdzielczości (niepodanej w pracy) 1.3MP; dokładniej 1294×964 pikseli. Proste obliczenia wskazują, że dla rozdzielczości kątovej 0 logMAR, każdy z optotypów ma około 9 pikseli. Autor nie opisał, na jakim ekranie komputera uzyskane obrazy optotypów były wyświetlane. Osoby oceniające obraz optotypu mogły go dowolnie powiększać, co w konsekwencji oznacza, że zmieniały one wielkość kątową zarejestrowanych optotypów. W konsekwencji, oś rzędnych na Rys 44 nie powinna być opisana, jako ostrość wzroku. Lepszym rozwiązaniem wydaje się użycie, po pierwsze, kamery o wyższej rozdzielczości, następnie wydrukowanie wyników oraz przedstawienie ich osobom oceniającym w takiej odległości, aby były zachowane wielkości kątovej. Dodatkowo, autor nie opisuje stanu refrakcji oraz możliwości akomodacyjnych tych 10 ochotników oceniających wyniki obrazowania fantomu. W podsumowaniu tego rozdziału autor pisze, że przy wykorzystaniu soczewki typu miecz świetlny ostrość wzroku (co tak naprawdę nie jest ostrością wzroku *sensu stricto*) wzrasta powyżej 0,8 od 33 cm do nieskończoności. Stwierdzenie to nie jest zgodne z prawdą, gdyż dla (5 m) oceniona przez ochotników „ostrość wzroku” jest dużo mniejsza od wartości referencyjnej (0,93 vs. 1,33).

W podrozdziale 5.5.1 autor opisuje przebieg badań przeprowadzonych na ochotnikach starczowzrocznych. Autor nie wspomina czy i jak był korygowany astygmatyzm. Dopiero w podrozdziale 5.5.2 autor pisze, że osoby badane mogły mieć astygmatyzm do poziomu

0.75 D. Dodatkowo, recenzent nie zgada się ze stwierdzeniem, że użycie otworu stenopecznego jest powszechnie stosowaną, przez optometrystów, metodą zwiększania głębi ostrości. W XXI wieku optometryści stosują, z powodzeniem, soczewki progresywne.

W podrozdziale 5.5.2 autor opisuje grupę badawczą. Autor pisze, że badania były wykonane jednoocześnie zgodnie z *powszechną praktyką okulistyczną*, a wcześniej w podrozdziale 5.5.2 stwierdza, że były one wykonane zgodnie z *klasyczną metodyką optometryczną*. Takich niekonsekwencji jest w pracy więcej.

Tabela 5 powinna zawierać przedziały wartości parametrów. W przeciwnym przypadku (patrząc na średnie i odchylenia standardowe) można wnioskować, że grupa zawierała osoby krótkowzroczne i dalekowzroczne, co w przypadku badania akomodacji ma ogromne konsekwencje, gdyż grupy te różnią się spoczynkową wartością akomodacji.

W podrozdziale 5.5.3 autor przedstawia metodę analizy danych. Zaproponowana w pracy psychofizyczna metoda danych jest ciekawa, ale jej aplikacja do pomiaru ostrości wzroku wydaje się mało zasadna. Autor nie poparł uzasadnienia użycia tej metody referencjami. Dla recenzenta, ciekawy wynik jest zaprezentowany na Rys 51. Wynika z niego, że korekcja soczewką typu miecz świetlny ma sens w przypadku rozogniskowania większego od 1D. W związku z tym, postawiona w pracy teza powinna być skorygowana do tej wartości. To znaczy nie od 0 do 3D, tylko od 1 do 3D.

3. Uwagi redakcyjne

W swojej strukturze, praca napisana jest w stylu odpowiadającym rozprawom doktorskim. Natomiast sam styl pisarski bardziej przypomina prace popularno-naukowe lub też aplikacje o grant, gdzie badania muszą być „unikalne w skali światowej”, „innovacyjne”, czy też „pionierskie.” W kontekście braku solidnych naukowych metod badawczych tego typu sformułowania są tylko bezpodstawnymi ogólnikami. W opinii recenzenta w edytorskim aspekcie pracy brakuje rzetelnego prostoliniowego podejścia naukowego. Pracy brak samokrytyki.

Dodatkowo, redakcyjna strona pracy posiada niedociągnięcia, które z obowiązku recenzenta należy wymienić:

1. Streszczenie pracy w języku angielskim najprawdopodobniej nie zostało skonsultowane z anglistą. Posiada ono też kilka niezręcznych sformułowań dotyczących głównego tematu pracy, czyli ostrości wzroku: functional vision quality, vision quality, oraz vision acuity zamiast ogólnie przyjętego sformułowania: visual acuity.
2. Rysunek 1 nie wnosi nic konstruktywnego do pracy.
3. Praca posiada rysunki (4, 9, 14, 15, 16) zaczerpnięte z innych źródeł. Brak informacji o prawach autorskich.

4. Wstęp: „kwestia pogorszenia widzenia bliskich odległości”. Widzimy przedmioty - nie odległości.
5. Rozdział 4: Rys. 28. „iris” powinno być „pupil.” Rys. 29 i 30. 5000 cm nie odpowiada zeru Dioptriom tylko 0,20 D.
6. Rozdział 5: Tytuł. „Przy pomocy” powinno być „za pomocą”
7. Rysunek 46 nie powinien być zamieszczony w pracy. Na zdjęciu autor występuje w podkoszulku z krótkimi rękawami z napisem „Whatevea ...” co w najbardziej stonowanym przekładzie na język polski oznacza „na niczym mi nie zależy” lub „mam wszystko gdzieś”. Zainteresowanych niecenzuralnymi tłumaczeniami tego sformułowania recenzent odsyła do urbandictionary.com.
8. Literatura nie jest spójna. Inicjały imion przed lub po nazwisku, pełne imiona, skrócone lub pełne nazwy czasopism itp.

4. Uwagi końcowe

Rozprawa opisuje ciekawe badania związane z korekcją starczowzroczności za pomocą nietypowego elementu optycznego, jakim jest soczewka typu miecz świetlny. W posumowaniu uwag merytorycznych, pomimo wyraźnych niedociągnięć, jako recenzent doceniam dorobek naukowy przedstawiony w pracy. Jednocześnie, zwracam uwagę na powierzchowny opis tego dorobku, który nie oddaje sprawiedliwości wykonanej pracy naukowej.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana przeze mnie praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgra. inż. Karola Kakarenko do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wrocław, 24 października 2016

.....


