



UNIWERSYTET
WARSZAWSKI

CeNT CENTRUM
NOWYCH
TECHNOLOGII

dr hab. Krzysztof Kazimierczuk, prof. ucz.

Warszawa 16.03.2021

email: k.kazimierczuk@cent.uw.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Bartosza Kossowskiego:

"Magnetic resonance spectroscopy - method and measurement

for dyslexia and age related effects"

Powołanie na recenzenta otrzymałem na podstawie uchwały Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego z 3 lipca 2020 r. oraz na uchwały Rady Naukowej z dnia z 7 października 2020 r. o wyrażeniu zgody na poprawienie pracy doktorskiej. Przedłożona do recenzji dysertacja dotyczy zastosowania zlokalizowanej spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego (MRS) do badań chemicznych biomarkerów dysleksji. Doktorant postawił sobie za cel zbadanie, czy dysleksja rozwojowa wiąże się z charakterystycznymi zmianami stężeń metabolitów w mózgu. W pracy przypomniano dwie dominujące w literaturze teorie wyjaśniające to zagadnienie przez zaburzenia stężeń. Pierwsza wskazuje na nierównowagę stężeń glutaminy i kwasu gamma-aminomasłowego (GABA) jako źródło nadmiernej pobudliwości neuronów. Druga, oparta na badaniach elektroencefalograficznych, podaje jako powód niewłaściwe uwalnianie neuroprzekazników: acetylocholiny, glutaminy i GABA, a także zmian cytoarchitektonicznych mózgu wyrażających się w zmianie stężenia N-acetyloasparaginy (NAA). Wyniki uzyskane przez mgr. inż. Bartosza Kossowskiego w przedstawionym badaniu na grupie 36 dorosłych oraz 52 dzieci nie potwierdzają w pełni żadnej z dwóch hipotez. Wskazują jednak na wyraźne obniżony poziom NAA w obszarze kory wzrokowej dyslektyków oraz na znaczną zmienność wielu metabolitów (np. NAA, choliny, kreatyny i glutaminy) z wiekiem. Wyniki te z pewnością są interesujące i stanowią ważny

ul. Banacha 2c, 02-097 Warszawa
tel.: 22 5543600, 22 5543603

e-mail: ,

wkład w dziedzinę, a spostrzeżenie dotyczące zależności wiekowej może być użyteczne również w szerszym kontekście. Rezultaty zostały opublikowane w prestiżowym piśmie Scientific Reports (Kossowski, B. et al. (2019). Dyslexia and age related effects in the neurometabolites concentration in the visual and temporo-parietal cortex. Scientific Reports, 9(1)). Ponadto, należy zwrócić uwagę na skuteczne zastosowanie w badaniach zaawansowanej techniki detekcji kwasu gamma-aminomasłowego. Technika MEGA-PRESS została w pracy dokładnie omówiona i części dysertacji jej poświęcone można uznać za użyteczny przewodnik dla naukowców chcących zastosować ją w praktyce.

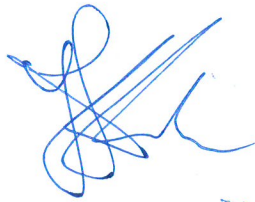
Praca składa się z trzech części: omówienia stanu wiedzy i podstaw teoretycznych stosowanych metod (State of the art), kalibracji metody i sprawdzenia jej powtarzalności (Approach) oraz zastosowania we wspomnianym badaniu biomarkerów dysleksji (Application).

Wstęp w poprawionej rozprawie znacznie lepiej niż oryginalny tekst przygotowuje czytelnika do zrozumienia stosowanych technik i ich praktycznych aspektów. Omawia on zjawisko magnetyzmu jądrowego i przedstawia model eksperymentu w ujęciu wektorowym oraz przy użyciu formalizmu operatorów iloczynowych. Omówione są także badane metabolity i biologiczne mechanizmy w które są zaangażowane, zwłaszcza w kontekście opublikowanych przez innych autorów hipotez badawczych związanych z tematem dysertacji. Szczególnie ważny rozdział 1.4.1 przedstawia sposób obliczania stężeń metabolitów. Wreszcie, podsumowane są procedury przetwarzania danych i dostępne oprogramowanie. Mam kilka drobnych zastrzeżeń do konkretnych sformułowań pojawiających się we wstępie teoretycznego, w szczególności:

W słowniku pojęć:

- „magnetization” powinno być zdefiniowane jako „vector sum of magnetic moments”, reszta zdania wprowadza tylko zamieszanie i jest zbędna
- określenie „RF pulse” jest używane, ale nie zdefiniowane

Zdanie na str. 10 : „Firstly, size of magnetization is proportional to an external magnetic field, which gives a linear increase in signal magnitude.” sugeruje liniową zależność między magnetyzacją próbki a



zewnątrznym polem magnetycznym. W rzeczywistości, jest ona określona modelem wykładniczym (rozkład Boltzmanna).

Równanie (14) : różniczkowanie odbywa się po czasie (t), ale żadna ze zmiennych nie jest oznaczona jako funkcja czasu

W równaniu (16) pojawia się α_k , ale w tekście k nie jest wyjaśnione.

Na stronie 24 brak jest wyjaśnienia, że (ściśle rzecz biorąc) ekranowanie opisywane jest tensorem.

Zdanie na str. 29 : „page 29: A similar effect to the right-hand truncation could be applied artificially to the data by a windowing weighting in the time domain called line broadening.” jest mylące.

Określenie right-hand truncation jest dość niezrozumiałe. Ponadto apodyzacji używa się zazwyczaj, żeby niekorzystne zmniejszyć efekty ucięcia sygnału tzw. *sinc wiggles*.

Na stronie 33 pojawiają się sformułowania świadczące o słabym rozumieniu fizycznej interpretacji formalizmu operatorów iloczynowych:

„Such a process will introduce the new operator $2I_{1j}I_{2k}$, which describes the tendency of the nuclei to polarize along directions j and k respectively.” - to nie jest prawda. Obecność takiego operatora w opisie stanu, świadczy o względnej korelacji składowej j spinu 1 i składowej k spinu 2. Nie ma ona nic wspólnego z bezwzględną „polaryzacją wzdłuż kierunków j i k ”. Polecam np. wyjaśnienia w książce „Spin Dynamics” Malcolm Levitta, rozdział 15.6.3 Spin orientations (*What do the product operator terms mean physically?*)

Zupełnie nie mogę się też zgodzić ze zdaniem: „The macroscopic (observable) magnetization is represented by a sum of product operator terms: $M_x I_x + M_y I_y + M_z I_z$, where M_x , M_y , and M_z are the components of the macroscopic magnetization and I_x , I_y , and I_z are the product operator terms.” Przedstawione wyrażenie nie jest makroskopową magnetyzacją, ale iloczynem skalarnym wektora magnetyzacji i wektora spinu.

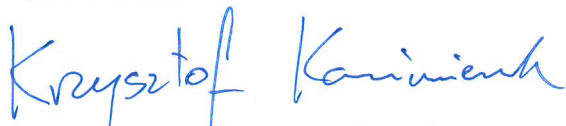
Chociaż poprawiona praca wciąż zawiera nieco błędów językowych, to jest ona zrozumiała i może stanowić cenne źródło informacji dla naukowców chcących zająć się zlokalizowaną spektroskopią



NMR. Nie jestem ekspertem w medycznych aspektach pracy, ale odniosłem wrażenie, że wywód dotyczący weryfikowanych hipotez przeprowadzony został w sposób logiczny i przekonujący.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668) oraz Regulaminu Rady Naukowej z 13.04.2018 r. załącznik nr. 1 (ze zm. z 06.12.2019 r.)

Z poważaniem,

A handwritten signature in blue ink, reading "Krzysztof Kazimierz". The signature is written in a cursive, flowing style.

dr hab. Krzysztof Kazimierz, prof. ucz.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Bartosza Kossowskiego pt.
“Magnetic resonance spectroscopy - method and measurement for dyslexia and age related effects”

Do wykonania recenzji pierwszej wersji przedmiotowej rozprawy zostałem powołany pismem Dyrektora Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego PAN z dnia 3 lipca 2020 roku. W piśmie z 22 lutego 2021 roku zostałem powołany do wykonania recenzji poprawionej wersji Rozprawy. W obu pismach jako kryterium, poza obowiązującą Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, wskazano Regulamin Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej PAN.

Rozprawa spisana jest w języku angielskim na 135 stronach, z których Wstęp (rozdział 1., zatytułowany “State of the art”) zajmuje 46 stron, zaś rozdział 2. “Original studies”, opisujący badania własne, 54 strony. Ostatnie 22 strony zajmuje obszerna bibliografia.

Stanowiący połowę tekstu Rozprawy Wstęp jest próbą wprowadzenia czytelnika przede wszystkim w dziedzinę spektroskopii rezonansu magnetycznego (*magnetic resonance spectroscopy*, MRS), jak również krótkiego przedstawienia kontekstu neurobiologicznego. Niestety wynik wpada do szeroko reprezentowanej w podobnych pracach kategorii “nie wiadomo dla kogo pisane”: dla specjalistów w dziedzinie przepisywanie wyprowadzeń znanych równań nie jest chyba potrzebne, z kolei dla osób spoza dziedziny rozdział ten nie wystarczy jako wprowadzenie, gdyż forma i poziom narracji przypomina raczej odpowiedź na egzaminie. Dlatego jedyną wartością tego rozdziału jest prezentacja wiedzy teoretycznej Kandydata.

Cel pracy sformułowano w rozdziale 2.1. Ze względu na specyficznie interdyscyplinarny charakter pracy obejmuje on dwie części: wyzwania związane z zastosowaniem technologii spektroskopii rezonansu magnetycznego w pomiarach *in vivo* metabolitów neuronalnych i analizą wyników, oraz zastosowanie nabytej wiedzy i opracowanych procedur w konkretnym badaniu roli metabolitów w dysleksji oraz zmian ich stężenia z wiekiem.

Zasadnicza treść Dysertacji mieści się w części drugiej, zatytułowanej „Original Studies”. Opisywane w niej osiągnięcia podzielone są na dwie części, zatytułowane „Approach” (2.1) i „Application” (2.2). Szczególnie ciekawa jest pierwsza z nich, opisująca niejako “kuchnię”

zaawansowanych badań metabolitów neuronalnych za pomocą spektroskopii rezonansu magnetycznego. W odróżnieniu od cytowanych w artykułach wyników, przedstawianych zwykle w kontekście nerobiologicznym, opisuje ona kompletny, trudny i mozolny proces nabywania wiedzy, doświadczenia i know-how koniecznych dla odpowiedzialnego przeprowadzenia nowatorskich pomiarów, których przykładem jest opisane w rozdziale 2.2 badanie roli stężeń metabolitów mózgowych w dysleksji. Na proces tenłożyły się między innymi:

- konstrukcja własnego fantomu i jego kalibracja,
- samodzielne zaprogramowanie sekwencji i ich testowanie na różnych skanerach,
- eksperymentalna optymalizacja parametrów,
- stworzenie oprogramowania do fuzji wyników z obrazowaniem strukturalnym.

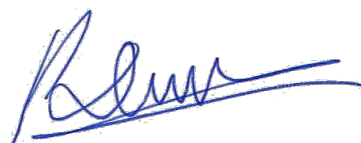
Niektóre z w/w procesów badawczych wspomniano krótko w artykule [2], jednak najczęściej prace tego typu traktowane są jako “rozwiązywanie problemów technicznych”. Określenie to będzie prawdziwe, jeśli weźmiemy pod uwagę, że są to problemy o najwyższym stopniu złożoności, dla których nie istnieją standardowe procedury, za to od ich rozwiązania zależy nie tylko jakość, ale też sens dalszych badań. Dlatego praca doktorska jest świetnym miejscem na dokładny opis zastosowanych metodologii i napotkanych problemów.

Rozdział 2.2 opisuje zastosowanie opracowanej wcześniej metodologii do weryfikacji ściśle sformułowanych hipotez badawczych oraz odpowiedzi na pytania badawcze. Badania wykonano na znaczącej grupie dzieci i dorosłych, której liczebność ustalono na podstawie analizy mocy. Wyniki opublikowano w prestiżowym czasopiśmie *Scientific Reports* [1], więc ponowna ich recenzja nie wydaje się w tym miejscu konieczna ani celowa. Należy jednak podkreślić, że badania tego nie należy traktować jako jedynego ani nawet głównego wyniku prac, składających się na niniejszą Dysertację. Głównym osiągnięciem jest rozwiązanie problemu naukowego, jakim jest poprawne wdrożenie, optymalizacja i weryfikacja metodologii użycia dostępnych skanerów MRI do pomiaru stężeń metabolitów i neuroprzekaźników, oraz zdobycie wiedzy praktycznej i know-how na najwyższym światowym poziomie, które umożliwią wykonywanie szeregu kolejnych, unikalnych badań, odpowiadających na kolejne pytania o neurochemiczne korelaty procesów mózgowych. Życzę Promotorom i Doktorantowi, aby ten szereg był jak najdłuższy i owocował równie świetnymi publikacjami.

Na koniec trzeba niestety wspomnieć o największym mankamencie Rozprawy, jakim jest fatalny poziom języka angielskiego. Pomimo krytycznych uwag do pierwszej wersji, Autor nie zdecydował się najwyraźniej na skorzystanie z korekty językowej. Taki poziom gramatyki stawia pod znakiem zapytania sens pisanie rozprawy po angielsku, gdyż w samym przewodzie nie jest to do niczego potrzebne (a w takiej formie wręcz przeszkadza w recenzji). Pierwsza połowa pracy jest

kompilacją znanych faktów i równań, przepisanych — w poprzedniej wersji z błędami — z powszechnie dostępnych źródeł, więc w tej formie na pewno nie stanie się wartościowym odnośnikiem na skalę światową, a opisująca oryginalne badania część druga została już w większości zwięźle i elegancko opisana w opublikowanych artykułach, oczywiście po angielsku. Przykłady najbardziej drastycznych błędów językowych i formalnych przytaczałem w recenzji poprzedniej wersji Rozprawy; ogólny poziom niestety nie uległ znaczącej poprawie, jednakże nie będę tu przytaczał nowych przykładów w nadziei, że aktualna wersja będzie już ostateczna. Podobnie jak w poprzedniej recenzji przyjmuję, że opanowanie gramatyki angielskiej nie jest w tym kontekście najważniejszą umiejętnością, a błędną decyzją o wyborze języka nie należy w całości obarczać Doktoranta.

Podsumowując powyższą recenzję stwierdzam niniejszym, że przedmiotowa rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668) oraz wymogi Regulaminu Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN z dnia 13.04.2018 r. załącznik nr. 1 (ze zm. z 06.12.2019 r.).



Piotr Durka

Powołane w tekście referencje:

- [1] Kossowski, B., Chyl, K., Kacprzak, A., Bogorodzki, P., & Jednoróg, K. (2019). Dyslexia and age related effects in the neurometabolites concentration in the visual and temporo-parietal cortex. *Scientific Reports*, 9(1), 5096.
- [2] Kossowski, B., Orzeł, J., Bogorodzki, P., Wilson, M., Setkowicz, Z., & P. Gazdzinski, S. (2017). Follow-up analyses on the effects of long-term use of high fat diet on hippocampal metabolite concentrations in Wistar rats: Comparing Tarquin quantification of 7.0T rat metabolites to LCModel. *Biology, Engineering and Medicine*, 2(4).

Kraków, 23 kwiecień 2021

Dr hab. Władysław Węglarz, Prof. IFJ PAN
Zakład Tomografii Magnetyczno-Rezonansowej
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Bartosza Kossowskiego zatytułowanej “Magnetic resonance spectroscopy - method and measurement for dyslexia and age related effects”

Przedstawiona mi do recenzji praca mgr inż. Bartosza Kossowskiego wykonana pod kierunkiem Promotorów: dr hab. Katarzyny Jednoróg oraz dr hab. Piotra Bogorodzkiego, stanowi wersję poprawioną przez Autora, w odpowiedzi na krytyczne uwagi recenzentów do wersji oryginalnej. Ze względu na ten fakt, w tej recenzji ograniczę się do oceny zmian wprowadzonych przez Autora w tekście pracy, opisanych również w jego liście przewodnim do recenzentów, wyjaśniającym zakres i kontekst tych zmian.

Analiza poprawionej pracy wskazuje że, oprócz korekty szczegółowych uchybień, Autor dokonał pewnego przegrupowania i przeredagowania niektórych rozdziałów, jak również korekty językowej. Dotyczy to zwłaszcza części pierwszej – “State of the Art”, poświęconej wprowadzeniu w zagadnienia rozważane w rozprawie. Według mnie zmiany te trochę poprawiły strukturę i zawartość pracy, aczkolwiek zakres rzeczywistych zmian nieco rozczarowuje, jeśli wziąć pod uwagę zapowiedzi przedstawione przez Doktoranta w liście przewodnim. Części rozprawy, związane bezpośrednio z pracą rozwojową i badawczą wykonaną przez Doktoranta, a w szczególności ostateczne konkluzje nie uległy zmianom w stosunku do wersji oryginalnej, zatem moje ogólne uwagi dotyczące rozprawy, sformułowane we wcześniejszej recenzji, są aktualne.

Odnosząc się bardziej szczegółowo do wprowadzonych zmian uważam że szkoda że Autor, przeredagowując fragmenty dotyczące opisu matematycznego sygnału magnetycznego rezonansu nie pokusił się o chociaż krótkie wprowadzenie modelu wektorowego, równań Blocha oraz efektów relaksacyjnych. Porównawcze odwołania do modelu wektorowego, np. w rozdziale o formalizmie operatorowym na str. 33, byłyby wtedy bardziej adekwatne. Wprowadzone zmiany tekstu, niestety wygenerowały kolejne usterki redakcyjne, które z obowiązku recenzenckiego wymieniam. Są to między innymi braki w liście pozycji literaturowych (np. na s. 28 Hoult 1976, s. 43 Gussew 2012), czy niekonsekwentna notacja wektorowa (s. 27 wzór 13, s. 28 opis wzoru 14). Zastanawiający jest też powód podawania dwukrotnie analogicznych tabeli zawartości wody oraz wartości czasów relaksacji wody i metabolitów w mózgu (tab. 2 na str. 43 i tab. 3 na str. 55), przy czym wartości czasów relaksacji podane w tych tabelach różnią się między sobą. Autor wprowadził zaznaczył że zamieścił w tych dwu tabelach wartości z różnych źródeł literaturowych, ale nie wyjaśnił dlaczego wybrał akurat

takie a nie inne. Przegląd literatury wskazuje że rozrzut wartości czasów relaksacji dla poszczególnych obszarów mózgu (WM, GM, CSF), uzyskanych w różnych pomiarach jest dość spory. Ponadto sprawdzenie cytowanych źródeł wskazuje że wartości czasów relaksacji metabolitów uwzględnione w tabeli 2 odbiegają od podanych w źródłowym artykule, czego autor nie wyjaśnił. Brak też w tekście rozprawy wyraźnej informacji dla jakich pól magnetycznych zostały uzyskane podane w tabelach wartości czasów relaksacji, czy były to pomiary *in-vivo*, na zwierzętach laboratoryjnych czy na ludziach?

W rozdziale dotyczącym eksperymentalnej implementacji sekwencji MEGA-PRESS na skanerze Brukera, Autor pozostawił oryginalne, niezbyt czytelne wykresy na rys. 25 i 26, tłumacząc to brakiem możliwości ich edycji. Czy to oznacza brak oryginalnych danych lub ich elektronicznej kopii na podstawie których można byłoby wykonać wykresy ponownie w bardziej czytelnej formie? Nie jest do końca oczywiste jak te wykresy mają się do wykresów z rys. 24, zaś fakt że w objaśnieniach do nich Autor odwołuje się do nieistniejącego rozdziału 1.2.5, nie ułatwia śledzenia tekstu. Z kolei na wykresie na rys. 27 nie widać różnicy między widmami pre- i post- , więc nie bardzo wiadomo co Autor chciał przez nie pokazać.

Drugi z wykresów na rys. 27, ilustruje wg. Autora, dopasowanie modelu dwu funkcji gaussowskich do piku GABA uzyskanego poprzez zastosowanie opisanej metodologii edycji spektralnej. Jeśli się sięgnie do dyskusji w oryginalnym artykule (Edden 2014) opisującym Toolbox Gannet, wykorzystany przez Doktoranta do ilościowej analizy widma GABA po edycji, wydaje się że zastosowanie sumy dwu funkcji gaussowskich, teoretycznie bardziej właściwe, w istocie nie poprawia jakości wyników w porównaniu z funkcją opisywaną pojedynczym gaussem. Patrząc na kształt dopasowania na rys. 27 w rozprawie doktorskiej, wydaje się że nawet jeśli dopasowane zostały dwie funkcje gaussowskie (co Autor stwierdza w poprawionym tekście) to ich parametry (częstość centralna, szerokość połówkowa) mogą być zbliżone, i opisywać w gruncie rzeczy pojedynczego gaussa. Czy wiadomo jakie uzyskano parametry dopasowania? Dwugaussowskie dopasowanie powinno raczej dać wynik w postaci podwójnego, lub przynajmniej poszerzonego piku, jeśli ma mieć sens. Czy Autor analizował jakość dopasowania w środowisku Gannet w zależności od wykorzystania modelu z funkcją pojedynczego lub podwójnego gaussa? Czy może zastosowanie funkcji Lorentza zamiast Gaussa miałoby w tym przypadku sens?

Kolejne pytanie związane jest z procedurą optymalizacji protokołu pomiarowego na skanerach medycznych, gdzie na str. 69, Doktorant podaje bez komentarza wartość częstości impulsu edycyjnego równą 1.7 ppm, różną od 1.9 ppm diskutowaną wcześniej. Nie jest też dla mnie jasne w jaki sposób podane w tym akapicie parametry mają się do tych podanych w tab. 4 na poprzedniej stronie jako "rekomendowane parametry akwizycji".

W poprawionej wersji nieco zmieniona została dyskusja związana z rolą tNAA, dla którego to metabolitu, zaobserwowane zostały różnice pomiędzy grupami dyslektyczną i kontrolną, wskazane w wersji oryginalnej. Niemniej zmiany te w tekście pracy są stosunkowo niewielkie. Szersze wyjaśnienie wraz z uzupełnioną listą artykułów źródłowych, Doktorant zamieścił w dołączonym liście przewodnim. Jednakże, dokładniejsza analiza wprowadzonych w tekście rozprawy zmian wskazuje że nie uwzględnił w nich kilku wskazanych w liście przewodnim artykułów źródłowych. Jakże były powody rezygnacji z uwzględnienia szerszego zakresu wcześniejszych prac w dyskusji wyników w rozprawie?

Reasumując, obecna wersja rozprawy doktorskiej, jest ulepszona w stosunku do oryginału w zakresie usunięcia części wad edycyjnych, związanych zwłaszcza z uproszczeniami w opisie teoretycznym, używaniem nieprecyzyjnej terminologii, usterkami językowymi czy zwykłymi pomyłkami. Niemniej, w mojej ocenie w tym zakresie trochę jej jeszcze brakuje do doskonałości.

Docenić jednak należy ambitne podejście Doktoranta do problemu efektywnego zaimplementowania na skanerach klinicznych MRI, metody ilościowego wyznaczenia poziomu ważnego metabolitu (edycja GABA), co nie jest możliwe z wymaganą dokładnością, przy zastosowaniu standardowej spektroskopii zlokalizowanej ^1H MRS. Trzeba też podkreślić że pomiary ilościowe, prowadzone w warunkach *in-vivo* zarówno na ludziach jak i na modelach zwierzęcych, są dużo trudniejsze niż badania materiałowe na nieożywionym materiale. Dodatkowo, skanery MRI różnych producentów, pomimo wykorzystywania tych samych podstaw fizycznych udostępnionych metod pomiarowych, różnią się w zakresie ich szczegółowej implementacji. W przedstawionej rozprawie Doktorant wykazał się umiejętnością wdrażania nowych metod pomiarowych na skanerach MRI trzech różnych producentów. Wykorzystał wdrożoną metodologię do określenia poziomu szeregu metabolitów w powiązaniu z występowaniem dysleksji i w rozróżnieniu na grupy wiekowe. Zaowocowało to obserwacją wpływu wieku na różnice poziomu metabolitów pomiędzy grupą dyslektyczną i zdrową, co jest jedną z ważnych konkluzji rozprawy.

Stwierdzam zatem że przedstawiona przez mgr inż. Bartosza Kossowskiego rozprawa doktorska zatytułowana "Magnetic resonance spectroscopy - method and measurement for dyslexia and age related effects", spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668) oraz Regulaminu Rady Naukowej z 13.04.2018 r. załącznik nr. 1 (ze zm. z 06.12.2019 r.).