



**Politechnika Warszawska**  
Wydział Elektryczny

Warszawa, 04.02.2025

dr hab. inż. Żaneta Świdarska-Chadaj, prof. PW  
Instytut Elektrotechniki Teoretycznej  
i Systemów Informacyjno-Pomiarowych  
Wydział Elektryczny  
Politechnika Warszawska

Recenzja rozprawy doktorskiej

**mgr Adrianny Borowej**

sporządzona w oparciu o cykl publikacji

**pt. „*Deep Learning Techniques For Accelerating Microscopy Image Analysis*”**

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo o sygnaturze 1199.5101.03.2025 Pana dr hab. Przemysława Spurek, prof. UJ, Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Uniwersytetu Jagiellońskiego, wysłane w związku z uchwałą nr 17/11/2024 z dnia 21 listopada 2024 r. o powołaniu mnie na recenzentkę w postępowaniu o nadanie stopnia doktora Pani mgr Adriannie Borowej. Ocena została przygotowana na podstawie rozprawy przesłanej razem z wymienionymi powyżej pismami oraz z wykorzystaniem ogólnie dostępnych informacji dotyczących działalności naukowej Doktorantki znajdujących się w bazie Web of Science, zgodnie z wymaganiami i kryteriami oceny zawartymi w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742, 1088).

**Ocena doboru tematyki rozprawy**

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Adrianny Borowej została oparta na cyklu czterech monotematycznych publikacji naukowych, co stanowi dopuszczalną formę zgodnie z art. 187 ust. 3 Ustawy. Praca była realizowana w ramach programu Doktorat Wdrożeniowy we współpracy z firmą Ardigen SA. Tematem rozprawy jest zastosowanie metod uczenia



# Politechnika Warszawska

## Wydział Elektryczny

głębokiego, w szczególności uczenia wieloinstancyjnego oraz uczenia wieloinstancyjnego z uczeniem samonadzorowanym, w analizie obrazów mikroskopii świetlnej i fluorescencyjnej. Badania obejmują dwa główne obszary: identyfikację gatunków bakterii w polikulturach oraz klasyfikację komórek mikrogleju na obrazach mikroskopii fluorescencyjnej. Ponadto, istotnym aspektem pracy jest analiza wyjaśnialności modeli uczenia maszynowego. Celem rozprawy jest nie tylko rozwój teoretyczny, ale również praktyczne zastosowanie opracowanych metod w rzeczywistych problemach technologicznych, co znajduje potwierdzenie w implementacji wyników badań w usługach i produktach firmy Ardigen SA, prezentacji rezultatów na wydarzeniach branżowych oraz złożeniu wniosku patentowego. **Praca wyróżnia się interdyscyplinarnym charakterem, łączącym najnowsze osiągnięcia w zakresie uczenia głębokiego z analizą danych biomedycznych, przyczyniając się zarówno do rozwoju nauki, jak i praktyki inżynierskiej.**

Przedstawione do oceny artykuły naukowe zostały napisane w języku angielskim i obejmują dwa artykuły konferencyjne (prace II i III), opublikowane na konferencjach sklasyfikowanych w kategorii A według rankingu CORE, oraz dwa artykuły (prace I i IV). Publikacje zostały opublikowane w latach 2021–2024, a mgr Adrianna Borowa jest pierwszą współautorką we wszystkich z nich. Zbiór publikacji poprzedza 41-stronicowy autoreferat w języku angielskim, który omawia badaną problematykę, odnosząc się zarówno do przedstawionych publikacji, jak i do literatury przedmiotu.

Przedstawiona rozprawa doktorska obejmuje zagadnienia z dwóch dyscyplin naukowych: Informatyki Technicznej i Telekomunikacji oraz Inżynierii Biomedycznej. Praca ma charakter multidyscyplinarny, ze szczególnym naciskiem na aspekty praktyczne, w tym opracowanie rozwiązań umożliwiających zwiększenie dokładności, szybkości i efektywności diagnostyki mikroskopowej przy jednoczesnym obniżeniu kosztów. Istotnym elementem rozprawy jest również transfer opracowanych metod oraz uzyskanych wyników badań do zastosowań przemysłowych. W mojej ocenie rozprawa wykazuje wyraźną przewagę w zakresie Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.



# Politechnika Warszawska

Wydział Elektryczny

## **Hipoteza badawcza i szczególne cele (zadania) badawcze**

Hipoteza badawcza nie została jednoznacznie sformułowana. We wstępie pracy określono dwa główne cele badawcze, które zostały uzupełnione o szczególne zadania badawcze.

- Cel 1. Analiza danych pozyskanych przy użyciu mikroskopii świetlnej:
  - opracowanie metody przyspieszającej diagnozę mikrobiologiczną (identyfikacja gatunków bakterii w obrazach z polikultury) poprzez zastosowanie klasyfikacji wieloetykieterowej;
  - opracowanie metody automatycznego rozróżniania klonów bakterii wyłącznie na podstawie obrazów mikroskopowych.
- Cel 2. Analiza danych pozyskanych przy użyciu mikroskopii fluorescencyjnej – analiza zmian morfologicznych w komórkach mikrogleju:
  - opracowanie metody klasyfikacji aktywnych i nieaktywnych komórek mikrogleju wyłącznie na podstawie etykiet na poziomie obrazu;
  - opracowanie uniwersalnego modelu do reprezentacji danych z HCS (High Content Screening) oraz porównanie różnych technik uczenia nadzorowanego i samonadzorowanego w celu identyfikacji najskuteczniejszych strategii tworzenia ekspresyjnych modeli reprezentacji.

Realizacja celu przedstawionej rozprawy doktorskiej opierała się na wykonaniu szeregu szczegółowych zadań, obejmujących pozyskiwanie, przetwarzanie i analizę danych, sformułowanie celów cząstkowych, dobór oraz zastosowanie odpowiednich narzędzi informatycznych, implementację i weryfikację zaproponowanych rozwiązań, a także interpretację wyników i sformułowanie wniosków.

**W mojej ocenie cele badawcze zostały precyzyjnie określone, a zaplanowane zadania zrealizowane w pełnym zakresie, co pozwoliło na osiągnięcie założeń pracy.**

Plac Politechniki 1,  
00-661 Warszawa  
tel.: 22 628 59 85,  
fax 22 234 72 04

## **Treść rozprawy**

Autoreferat składa się ze wstępu oraz pięciu głównych rozdziałów. W rozdziale drugim Doktorantka nakreśliła kontekst prowadzonych przez siebie badań naukowych oraz



## Politechnika Warszawska

### Wydział Elektryczny

uzasadniła potrzebę rozwijania metod uczenia głębokiego w celu wspomagania analizy danych mikroskopowych. W rozdziale trzecim przedstawiono szczegółowy opis przeprowadzonych badań oraz wkład poszczególnych publikacji (prace I-IV). Rozdział ten został podzielony na trzy główne części, które są powiązane z najważniejszymi osiągnięciami pracy oraz są spójne z przedstawionymi celami. Poszczególne podrozdziały odnoszą się do: I- uczenia wieloinstancyjnego (prace I, II, III), II- analizy bakterii na podstawie danych z mikroskopii świetlnej (prace I i II) oraz III- analizy komórek na podstawie danych pozyskanych z mikroskopii fluorescencyjnej (prace III i IV). Każda z publikacji została omówiona z uwzględnieniem motywacji, zbioru danych, opisu zastosowanej metody, przedstawienia wyników oraz podsumowania.

Doktorantka, w przedstawionych pracach naukowych (prace I-III), udowadnia, że rozwój dedykowanych algorytmów opartych na metodzie MIL (Multiple Instance Learning) pozwala na usprawnienie analizy danych mikroskopowych, w tym formułowanie nowych zagadnień badawczych (np. detekcja klonów bakterii). Wartym podkreślenia jest również fakt zaadresowania aspektu wyjaśnialności działania poszczególnych algorytmów, co jest kluczowe przy wdrażaniu rozwiązań do przemysłu.

Prace I i II dotyczą analizy danych bakteryjnych zarejestrowanych za pomocą mikroskopu świetlnego. Publikacje te są ze sobą spójne, a praca II stanowi rozwinięcie badań zaprezentowanych w pracy I. W obu publikacjach opracowano nowatorskie metody, których skuteczność potwierdzono za pomocą analizy ablacyjnej. Na potrzeby badań pozyskano dedykowane zbiory danych. Skuteczność opracowanych metod nie została jednak zweryfikowana na zewnętrznych zbiorach danych.

Praca I pt. „*Identifying bacteria species on microscopic polyculture images using Deep Learning*” dowodzi, że metody oparte na głębokim uczeniu, zastosowane do analizy obrazów mikroskopowych, mogą skrócić czas diagnozy mikrobiologicznej, która tradycyjnie opiera się na badaniu mikroskopowym i rutynowej hodowli, o 1-2 dni. W pracy zaproponowano algorytm klasyfikacji wieloetykietowej oparty na uczeniu wieloinstancyjnym. W badaniach wykorzystano zbiór danych zawierający obrazy



## Politechnika Warszawska

### Wydział Elektryczny

mikroskopowe czterech gatunków bakterii (*Escherichia coli*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus*) oraz ich kombinacji. Przeprowadzono porównanie możliwości wykorzystania sieci konwolucyjnych (CNN), uczenia wieloinstancyjnego (MIL) oraz metod agregujących informacje z całego obrazu. Główną innowacją pracy jest zaproponowanie i zbadanie modyfikacji metody uczenia wieloinstancyjnego, która przypisuje instancjom interpretowalne wagi, umożliwiając klasyfikację wieloetykiętową bez utraty zdolności interpretacyjnych.

W publikacji II pt. „*Deep learning classification of bacteria clones explained by persistence homology*” podjęto wyzwanie klasyfikacji klonów bakterii wyłącznie na podstawie obrazów mikroskopowych, co, jak twierdzi Doktorantka, „*weześniej uznawano za niemożliwe ze względu na ich duże podobieństwo wizualne*”. W pracy zastosowano metodę Attention-based Multiple Instance Learning Pooling (AbMILP) oraz zaadresowano aspekt wyjaśnialności poprzez wykorzystanie oprogramowania CellProfiler oraz metod homologii trwałych. Uzyskana wartość miary F1 wynosząca około 0,64 wskazuje na możliwość dalszego rozwoju i ulepszania metody. Głównym osiągnięciem pracy jest udowodnienie, że problem klasyfikacji klonów bakterii na podstawie obrazów mikroskopowych może zostać skutecznie rozwiązany przy użyciu metod uczenia głębokiego. Przedstawione rozwiązanie jest nowatorskie, a jego dalszy rozwój może prowadzić do praktycznego zastosowania metody.

Drugim obszarem badawczym podjętym przez Doktorantkę w rozprawie, a przedstawionym w pracach III i IV, jest zastosowanie metod sztucznej inteligencji do analizy danych z mikroskopii fluorescencyjnej.

W artykule III pt. „*Weakly-supervised cell classification for effective High Content Screening*” zaproponowano metodę do automatycznej klasyfikacji aktywnych i nieaktywnych komórek mikrogleju na podstawie analizy danych z mikroskopii fluorescencyjnej. Techniczną podstawą pracy jest zastosowanie metod Multiple Instance Learning oraz Self-Supervised Multiple Instance Learning (SSMIL). Metoda SSMIL została wybrana ze względu na możliwość nauki użytecznych reprezentacji danych bez konieczności korzystania z etykiet, co, jak podkreśla Doktorantka, stanowi wąskie gardło w



## Politechnika Warszawska

### Wydział Elektryczny

tym i wielu innych problemach biomedycznych. Zaletą pracy jest porównanie zaproponowanego rozwiązania z innymi metodami, takimi jak CNN, MIL pooling oraz SimCLR. Głównym osiągnięciem pracy jest wykazanie, że metody uczenia kontrastowego pozwalają uzyskać wyniki porównywalne z modelami nadzorowanymi, co umożliwia skuteczne radzenie sobie z nierównoważonymi lub ograniczonymi zbiorami danych.

Ostatnia praca to publikacja IV pt. „*Decoding phenotypic screening: A comparative analysis of image representations*”, w której zaproponowano uniwersalny model reprezentacji danych z High Content Screening (HCS) oraz porównano różne techniki uczenia nadzorowanego i samonadzorowanego w celu identyfikacji najskuteczniejszych strategii tworzenia ekspresyjnych modeli reprezentacji. W przeciwieństwie do poprzednich trzech prac, publikacja ta nie skupia się na rozwoju metod typu MIL oraz wykorzystano w niej publiczne zbiory danych, co umożliwia porównania benchmarkowe. Praca szczegółowo omawia problematykę tworzenia ekspresyjnych modeli reprezentacji. Uzyskane wyniki numeryczne, związane z zastosowaniem różnych metod uczenia głębokiego, zostały poddane szczegółowej dyskusji. Dodatkowo przeanalizowano możliwość wzbogacenia modeli o cechy morfologiczne uzyskane za pomocą oprogramowania CellProfiler. Wyniki przedstawione w pracy mogą mieć znaczenie dla przemysłu farmaceutycznego, ponieważ odnoszą się do wsparcia procesu opracowywania nowych leków.

W ostatnim rozdziale pracy zamieszczono krótkie podsumowanie oraz wskazano na praktyczne (przemysłowe) zastosowanie uzyskanych wyników oraz przedstawiono planowane dalsze kierunki prac badawczych.

W ostatnich latach algorytmy uczenia wieloinstancyjnego oraz uczenia nienadzorowanego odgrywają coraz istotniejszą rolę w analizie danych biomedycznych, dla których pozyskanie dużych zbiorów nadzorowanych jest niemożliwe (np. ze względu na czas adnotacji, koszty, dostępność danych). Z roku na rok przybywa publikacji i projektów eksplorujących tę tematykę, co potwierdza zasadność wyboru tej tematyki rozprawy doktorskiej.



# Politechnika Warszawska

## Wydział Elektryczny

### Dorobek naukowy Doktorantki

W dalszej części Autoreferatu Doktorantka przedstawia swój dorobek naukowy, obejmujący publikacje nie wchodzące w skład cyklu (cztery kolejne prace), wystąpienia konferencyjne, udział w trzech grantach oraz współpracę naukową. Zaprezentowano również dorobek zawodowy, ponieważ recenzowana rozprawa doktorska była realizowana jako doktorat wdrożeniowy, przeprowadzony we współpracy z firmą Ardigen SA. Wyniki badań przedstawione w pracach I-IV znalazły zastosowanie przemysłowe i doprowadziły do wprowadzenia dwóch nowych usług oraz produktu do portfolio firmy.

Kolejno załączone są pełne treści artykułów wchodzących w skład cyklu publikacji naukowych. Wskaźniki, które mówią o oddziaływaniu cyklu publikacji na rozwój nauki, to: sumaryczny Impact Factor w chwili składania rozprawy, wynoszący 12,1, oraz liczba punktów MNiSW równa 520. Wszystkie prace zostały opublikowane w latach 2021-2024.

W Autoreferacie brakuje podstawowych metryk, które mówią o wkładzie prac Doktorantki w rozwój dyscypliny naukowej. Należy zaznaczyć, że Doktorantka była pierwszym współautorem we wszystkich czterech pracach. Kwerenda do Scopus.com wykazała 11 cytowań czterech publikacji oraz indeks Hirsha równy 5, podczas gdy serwis Web of Science podaje 11 cytowań i indeks Hirsha równy 4. Wskaźniki te, choć nie najwyższe, należy rozpatrywać w kontekście stosunkowo krótkiego czasu, jaki upłynął od publikacji artykułów. Z tego względu obecna widoczność publikacji w środowisku naukowym może być ograniczona. Niemniej jednak, uzyskane wyniki można uznać za satysfakcjonujące na tym etapie rozwoju kariery naukowej, co stanowi podstawę do uzasadnienia celowości złożenia rozprawy doktorskiej.

### Podsumowanie

Całość rozprawy, rozumianej jako zbiór artykułów naukowych, ma charakter interdyscyplinarny, łącząc informatykę, inżynierię biomedyczną oraz sztuczną inteligencję.

W mojej ocenie praca jednoznacznie mieści się w ramach dyscypliny **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**, jednocześnie wnosząc istotny wkład w rozwój tej dziedziny.



## **Politechnika Warszawska**

### **Wydział Elektryczny**

Przedstawione artykuły tworzą logiczny ciąg badań naukowych obejmujących dwa zagadnienia: rozwój metod MIL na potrzeby analizy danych z mikroskopii świetlnej związanych z hodowlą bakterii oraz analizę danych z mikroskopii fluorescencyjnej przy użyciu metod uczenia głębokiego.

Omawiane zagadnienia są aktualne i ważne. Rozwój metod wspomagających diagnostykę mikroskopową pozwala zaadresować problemy związane z długim czasem analizy preparatów, kosztami analizy oraz dokładnością i powtarzalnością. Podjęta tematyka badawcza ma duży potencjał przemysłowy. Przedstawione w rozprawie metody stanowią autorskie, nowatorskie rozwinięcie metod związanych z uczeniem głębokim, w szczególności z metodami MIL.

Zagadnienia poruszone w rozprawie są dobrze zdefiniowane i skutecznie rozwiązane, a sposób ich prezentacji świadczy o dojrzałości naukowej Doktorantki. Badane problemy zostały dogłębnie przeanalizowane, w każdej z publikacji przedstawiono porównanie proponowanych rozwiązań z innymi dostępnymi metodami, a także podjęto temat wyjaśnialności. Ten aspekt jest kluczowy, gdyż umożliwia odbiorcom końcowym zrozumienie działania opracowanych metod oraz buduje ich zaufanie do produktu. Warto podkreślić, że wyniki badań zostały wdrożone w formie usług i produktów, a także stanowiły wkład do trzech wniosków grantowych. Świadczy to o zaangażowaniu Doktorantki w prowadzone badania, wysokim potencjale opracowanych rozwiązań oraz ich znaczeniu dla przemysłu. Zastosowanie metod uczenia głębokiego do detekcji klonów bakterii posiada istotną wartość praktyczną i aplikacyjną, co może stanowić podstawę do dalszych badań w tym zakresie. Przedstawione algorytmy, będące rozwinięciem metod typu MIL, mogą znaleźć zastosowanie w podobnych problemach badawczych, stanowiąc cenną pomoc dla innych naukowców.

#### **Pytania i uwagi dyskusyjne**

W tej części recenzji chciałabym przedstawić pytania oraz omówić kwestie dyskusyjne, które jednak nie umniejszają znacząco osiągnięciom Autorki rozprawy.



# Politechnika Warszawska

## Wydział Elektryczny

### Pytania:

1. W przedstawionym Autoreferacie nie została zdefiniowana hipoteza badawcza dotycząca całej rozprawy. Proszę o jej przedstawienie.
2. W pracach związanych z analizą danych mikroskopowych podawane są parametry mikroskopu oraz kamery użytej do rejestracji danych, brakuje jednak informacji o ostatecznym rozmiarze piksela.
3. W pracy I oraz II przedstawiono autorskie rozwinięcie metod uczenia głębokiego, które zostały opracowane i zwalidowane przy użyciu pojedynczego zbioru danych. Brak walidacji metod na zewnętrznych zbiorach danych uniemożliwia ocenę odporności poszczególnych metod. Czy Doktorantka oceniła, jaki wpływ na działanie opracowanych algorytmów będzie miała zmiana parametrów technicznych związanych z akwizycją danych, np. zmiana urządzenia rejestrującego obraz mikroskopowy (zmiana producenta kamery)?
4. W pracy I wskazano, że zastosowanie proponowanej metody skraca czas diagnostyki o 2-4 dni oraz eliminuje konieczność wykonania dwukrotnej oceny mikroskopowej preparatu i oceny przy użyciu spektrometrii masowej. Czy Doktorantka przeanalizowała, o ile obniża to koszt diagnozy?
5. Wyniki przedstawione w pracy II są obiecujące (metryka F1 wynosi około 0,64), jednak pozostawiają przestrzeń do dalszych ulepszeń i rozwoju. Czy Doktorantka zbadła, co jest przyczyną nieprawidłowych klasyfikacji? Jakie mechanizmy mogą zostać zastosowane, aby poprawić uzyskane wyniki?
6. W pracy II dane wejściowe zostały przeskalowane przy użyciu współczynnika 0,5, co może prowadzić do utraty informacji. Czy sprawdzono, jaki wpływ ma ta operacja na działanie algorytmu?
7. W pracy IV Doktorantka przebadła liczne metody tworzenia ekspresyjnych modeli reprezentacji. Czy Doktorantka oceniła czas potrzebny na wygenerowanie poszczególnych reprezentacji oraz zasoby obliczeniowe potrzebne do tego?
8. Skrót użyty w autoreferacie powinny zostać wyjaśnione przy pierwszym ich użyciu – jest to drobna uwaga edytorska.



## Politechnika Warszawska

### Wydział Elektryczny

9. Na potrzeby realizacji prac badawczych przedstawionych w publikacjach I, II i III przygotowano dedykowane zbiory danych. Czy Doktorantka rozważa ich udostępnienie dla społeczności naukowej (research only) lub w postaci challenge'u?

#### **Oryginalne rezultaty uzyskane w rozprawie**

Do oryginalnych osiągnięć Doktorantki wymienionych w rozprawie należy zaliczyć:

- Identyfikację oraz sformułowanie problemów badawczych, które są ważne z punktu widzenia rozwoju metod wspomagających diagnostykę mikroskopową oraz rozwoju głębokich sieci neuronowych.
- Rozwój metod uczenia wieloinstancyjnego do wspomagania diagnostyki mikroskopowej
- Uwzględnienie aspektu wyjaśnialności w opracowanych rozwiązaniach.
- Opracowanie autorskiej metody bazującej na uczeniu wieloinstancyjnym do identyfikacji gatunków bakterii w obrazach mikroskopowych polikultury.
- Opracowanie nowatorskiej metody klasyfikacji klonów bakterii na podstawie danych z mikroskopii świetlnej.
- Zastosowanie metod uczenia wieloinstancyjnego z uczeniem samonadzorowanym do klasyfikacji komórek na obrazach pozyskanych z mikroskopii fluorescencyjnej.
- Opracowanie autorskiego modelu reprezentacji danych z HCS (High Content Screening).
- Opracowanie trzech dedykowanych baz danych zawierających obrazy z mikroskopii świetlnej oraz fluorescencyjnej.
- Sformułowanie wniosków wynikających z przeprowadzonych eksperymentów oraz identyfikację dalszych kierunków rozwoju.
- Udział w opracowaniu czterech publikacji naukowych omawiających zagadnienia wymienione w niniejszej rozprawie.
- Udział we wdrażaniu do przemysłu opracowanych metod.
- Udział w przygotowaniu trzech wniosków grantowych, które wykorzystują wyniki badań powstałe w ramach pracy nad doktoratem.

Plac Politechniki 1,  
00-661 Warszawa  
tel.: 22 628 59 85,  
fax 22 234 72 04

Doktorantka w recenzowanej rozprawie doktorskiej wykazała się wiedzą oraz umiejętnościami niezbędnymi do prowadzenia samodzielnej pracy badawczej na tym etapie



# Politechnika Warszawska

## Wydział Elektryczny

rozwoju naukowego. Zaproponowanie i opracowanie nowych metod, a następnie ich szczegółowa analiza i walidacja, stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej. Osiągnięcia te uzasadniają ubieganie się o nadanie stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. W mojej ocenie rozprawa doktorska przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, spełniając tym samym wymagania stawiane przez właściwą ustawę.

**Uważam, że założone w pracy cele zostały w pełni zrealizowane.** Sformułowane w recenzji uwagi mają głównie charakter dyskusyjny i nie wpływają na wartość opracowanych metod ani na wysoki poziom merytoryczny rozprawy.

### Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji **rozprawa mgr Adrianny Borowej pt. „Deep Learning Techniques For Accelerating Microscopy Image Analysis”** mieści się w dyscyplinie naukowej **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja** oraz spełnia **wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim**, zgodnie z art. 187 Ustawy z 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.).

**Wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.**

### Wniosek o wyróżnienie rozprawy

Dodatkowo, z uwagi na bardzo wysoki poziom naukowy recenzowanej rozprawy oraz ponadprzeciętne zaangażowanie Doktorantki w prowadzone prace badawcze, które obejmowało nawiązanie licznych współprac naukowych zarówno na arenie międzynarodowej, jak i krajowej, udział we wdrożeniu uzyskanych wyników badań, a także wykorzystanie tych wyników do przygotowania trzech kolejnych wniosków grantowych, **wnioskuję do Rady Dyscypliny o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Adrianny Borowej.**

