



prof. dr hab. inż. Adam Wojciechowski
Instytut Informatyki
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej
Politechnika Łódzka
Al. Politechniki 8, 93-590 Łódź

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: Zastosowanie zaawansowanych metod sztucznej inteligencji do klasyfikacji stanu zużycia narzędzia na podstawie danych obrazowych i sygnałowych pozyskanych podczas obróbki płyty wiórowej

Autor rozprawy: mgr Michała Bukowskiego

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Jarosław Kurek, prof. SGGW

Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrywane w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez Autora? Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Pan mgr Michał Bukowski podjął w swojej pracy doktorskiej zagadnienie zastosowania metod sztucznej inteligencji w analizie danych rejestrowanych podczas obróbki laminowanych płyt wiórowych. Celem jest klasyfikacja stanu urządzeń skrawających, od których zależy jakość produktów meblarskich. W pracy przyjęto założenia dotyczące nierówności brzegów wierconych otworów, które implikują jakość narzędzia (wiertła, frezu, in.). Założenie jest klarowne dla płyt laminowanych, ale w przypadku nielaminowanych płyt wiórowych, czego nie doprecyzowuje wyraźnie temat rozprawy, można spodziewać się komplikacji. Niemniej zagadnienie naukowe zostało precyzyjnie sformułowane i wyjaśnione oraz znajduje praktyczne zastosowanie w przemyśle.

W rozprawie postawiono kilka hipotez badawczych, które moim zdaniem powiązane są bezpośrednio z publikacjami, przedstawionymi jako cykl prac, stanowiących o dokonaniach Doktoranta. W głównym cyklu nie zawarto wszystkich publikacji, których Doktorant jest współautorem i są merytorycznie powiązane z tematem pracy, zaś umieszczono pracę, która analizuje możliwość zastosowania sieci kapsułowych do klasyfikacji pisma symbolicznego i moim zdaniem nie jest bezpośrednio związana z oceną jakości obróbki płyt wiórowych. Postawione hipotezy są miejscami bezpieczne (wysoka dokładność klasyfikacji nie została wyraźnie sprecyzowana, np. w pracy 1), a miejscami ambitne (efektywniejsza klasyfikacja w pracy 4 nie wykazuje jawnie wartości odniesienia).

Niemniej udowodnienie postawionych hipotez wymagało opracowania zbioru danych obrazowych i sygnałowych zarejestrowanych podczas obróbki laminowanych płyt wiórowych. Zbiór danych został zarejestrowany, ale nie był spójnie wykorzystywany w całym cyklu prac. Czasami Doktorant jawnie wspominał o zbalansowaniu klas, a czasami wręcz celowo pozostawiał oryginalną, niezbalansowaną licznosc klas. Brak konsekwencji w operowaniu danymi skutkuje problemami z analizą porównawczą metod, a brak odniesienia do innych dziedzinowych zbiorów danych oraz bazujących na nich rozwiązań, utrudnia odniesienie stanu prac Doktoranta do poszczególnych rozwiązań literaturowych. W badaniach Doktorant posługiwał się głównie miarą skuteczności klasyfikacji, która preferuje klasy większościowe i stanowi wyzwanie dla niezbalansowanych zbiorów danych.

Tematyka rozprawy jest aktualna oraz dobrze postawiona, ale opis badań nie straciłby na jakości gdyby w pracach Doktoranta pojawiły się ilościowe i jakościowe odniesienia do rozwiązań referencyjnych, w tym na przykład prac Promotora. Dyskusji pomogłyby też rozważania odnośnie użytkowych warunków brzegowych (wydajność, skuteczność, in.), przy których zaproponowane rozwiązania, bazujące na uczeniu maszynowym, zyskują realny wymiar praktyczny.

Rozprawa ma charakter eksperymentalny i nosi w sobie potencjał praktyczny. Przedstawione w pracy rozważania koncentrują się zarówno na wybranych modelach sieci neuronowych jak i technikach uczenia maszynowego, których zadaniem jest przetwarzanie wielomodalnych danych rejestrowanych podczas obróbki płyt wiórowych, ale adresują również zagadnienia istotne z punktu widzenia klasyfikacji wieloklasowej. Przedstawione analizy są pogłębione, choć nie pozbawione wątpliwości. Analiza wyników jest inspirująca i otwiera konteksty dla kolejnych badań. Praca z racji podjętej problematyki, zakresu oraz metodologii badawczej jest pełnoprawnym osiągnięciem o charakterze naukowym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej i stanu zagadnień w przemyśle) świadczącą o dostatecznej wiedzy Autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

W przedstawionej do oceny rozprawie doktorskiej, zlokalizowanie jednego spójnego przeglądu literatury jest kłopotliwe z racji na konstrukcję dysertacji – cykl tematycznie powiązanych prac z lat 2020-2024. Tym samym każda z prac posługuje się swoim, częściowo pokrywającym się, przeglądem literatury.

Ogólne wrażenie, po przeanalizowaniu zagregowanego przeglądu literatury jest pozytywne, chociaż zastanawia brak uwzględnienia niektórych referencyjnych rozwiązań literaturowych w analizie ilościowej wyników przeprowadzonych eksperymentów. Dobór rozwiązań referencyjnych nie jest intuicyjny. Przydałaby się też dyskusja na temat funkcjonalnych i poza-funkcjonalnych wymagań procesu obróbki płyt wiórowych, które warunkowałyby realną przydatność opracowanych rozwiązań. W wielu miejscach rozwiązania referencyjne zostały przedstawione ogólnikowo i dlatego wyluskanie spójnej referencyjnej skuteczności klasyfikacji jest nieco skomplikowane. Niemniej zastosowane architektury i usprawnienia odpowiadają współczesnym trendom i osiągnięciom badawczym w zakresie technik uczenia maszynowego. Cennym uzupełnieniem przeglądu literatury byłyby z pewnością prace dotyczące metodologii badawczej dla niebalansowanych zbiorów danych.

Bibliografia łączna jest obszerna, w tym aż 13 prac powstało z udziałem Doktoranta, przy czym prawdopodobnie tylko 6 prac ma Jego istotny udział i dlatego zostało uwzględnione w cyklu, celem zrecenzowania wkładu w rozwój dyscypliny ITT. W pracach z cyklu, Doktorant raportuje większościowy wkład i był odpowiedzialny m.in. za opracowanie metod, konceptualizację i przeprowadzenie badań, analizę wyników, czy redakcję manuskryptów. Prace powiązane z doktoratem ukazały się w latach 2020-2024, co świadczy o dużej dynamice badań. W dorobku znajdują się prace w czasopiśmie z listy JCR, takich jak *Biuletyn PAN* (IF=1.2), czy *Sensors* (IF=3.9). Całokształt dokonań publikacyjnych Doktoranta jest pokaźny.

Czy Autor rozwiązał postawione zagadnienie, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Podjęta w rozprawie problematyka została zaadresowana w zbiorze sześciu publikacji naukowych, których Doktorant jest wiodącym współautorem. Doktorant poprzedził cykl publikacji odpowiednim

wprowadzeniem i zagregowanym omówieniem wyników, ale były one dość ogólne i dlatego dyskusja osiągnięć naukowych Doktoranta została przeprowadzona w kontekście poszczególnych Jego prac.

Pierwsza z prac, zatytułowana *Application of Siamese Networks to the Recognition of the Drill Wear State Based on Images of Drill Holes*, przedstawia zastosowanie syjamskich sieci neuronowych do rozpoznawania (formalnie klasyfikacji) stanu zużycia narzędzia na podstawie analizy wizyjnej otworów w płycie wiórowej. Mechanizm sieci syjamskich został zaadaptowany do poruszanego problemu poprzez utworzenie dwóch bliźniaczych podsieci analizujących pary obrazów: wzorcowych i analizowanych. Zaproponowany mechanizm ma na celu sprawdzenie do jakiej klasy jakościowej otworów (poziom wystrzępienia brzegu determinuje zużycie narzędzia) należy analizowane zdjęcie, co przekłada się na ocenę stopnia zużycia wiertła/frezu. Chociaż sieci syjamskie znajdują zastosowanie w różnych obszarach badań to ich zastosowanie do oceny jakości brzegu otworu i tym samym zużycia narzędzia jest ciekawym pomysłem. W pracy zabrakło jednak odniesienia ilościowego do rozwiązań referencyjnych oraz sprecyzowania rozważań na temat stosowanych w eksperymentach zbiorów danych. W pracy pojawia się bowiem zapis, że badania były prowadzone na zbiorach danych „podobnych”, do tych, które były stosowane w poprzednich pracach. Na czym polega różnica ilościowa i jakościowa pomiędzy zbiorami danych, z których korzysta Doktorant na różnych etapach badań? Analogicznie, pogłębiona dyskusja powinna dotyczyć samej skuteczności klasyfikacji, szczególnie, że wartości skuteczności klasyfikacji uzyskane przez Doktoranta sięgały 82% podczas gdy wcześniejsze prace Jego Promotora w czasopiśmie *Machine Graphics and Vision*, dotyczące analogicznego problemu, uzyskiwały nawet 96% skuteczności klasyfikacji. Spostrzeżenia dotyczące uśredniania wyników z sekwencji obserwacji (mechanizm okienkowania) był skutecznym udoskonaleniem zaproponowanego rozwiązania i zwrócił uwagę na indywidualne wartości poziomu istotności, poszczególnych wywołań klasyfikatora.

Tym samym kolejna praca z cyklu, zatytułowana *Decision Confidence Assessment in Multi-Class Classification*, dotyczyła oszacowania poziomu ufności w klasyfikacji wieloklasowej. Doktorant przeprowadził badania porównawcze wybranych funkcji ufności pod względem dokładności klasyfikacji i pokrycia analizowanego zbioru. Badania nad współzależnością skuteczności klasyfikacji i pokrycia zbioru, w zależności od przyjętych wartości progowych, jest ciekawa i nowatorska w przyjętym obszarze badań. Odsetek jednoznacznie i poprawnie sklasyfikowanych obrazów w sposób intuicyjny maleje wraz ze wzrostem oczekiwanego poziomu ufności, ale pozwala lepiej zrozumieć warunki separowalności klas i świadomie zarządzać (minimalizować) odsetkiem krytycznych błędów klasyfikacji. O ile samo podejście do analizy zadania klasyfikacji jest ciekawe to z pewnością dyskusja wyników mogłaby być pogłębiona w zakresie analizy zbalansowania zbioru danych, który dla poszczególnych podzbiorów (*foldy* z Tabeli 1) niejednokrotnie się różni. Dyskusję wzbogaciłoby również wyjaśnienie własności generalizacyjnych rozwiązania, w świetle zamiany obrazów kolorowych na obrazy w skali szarości – przecież nie każda płyta wiórowa musi być pokryta białym laminatem, a ubytki w laminacie mają kolor podobny do wnętrza otworu. W rozdziale 2.3, poświęconym sformułowaniu problemu, autorzy wspominają o zdefiniowaniu dodatkowej „pseudo-klasy”, która adresuje przypadki nieoczywiste. Dlaczego zatem rysunek 6 z tej pracy demonstruje macierz konfuzji wyłącznie dla 3 klas (czerwona, żółta, zielona)? Jaki wpływ na macierz pomyłek miało niezbalansowanie klas w poszczególnych *foldach*?

Kolejną pracą, która moim zdaniem nawiązuje do podjętego tematu, jest publikacja zatytułowana: *Multiple Input CNN Architecture for Tool State Recognition in the Milling Process Based on Time Series Signals*. Praca jest ukierunkowana na weryfikację przydatności wielomodalnych danych, zarejestrowanych podczas procesu frezowania, na ocenę stanu urządzenia (frezu). Z racji wybranej architektury sieci splotowej CNN, wektor wejściowy został przekonwertowany na skalogramy przy

użyciu ciągłej transformaty falkowej. Agregacja wyników z jedenastu kanałów odbywała się wewnątrz zaproponowanej architektury, która była inspirowana mechanizmem głosowania znanym z komitetu klasyfikatorów. Otrzymane rezultaty były dobre, chociaż nie porównano ich wprost z rozwiązaniami referencyjnymi, co wzbogaciłoby ewidentnie opracowanie. W pracy można jednak napotkać pewne nieścisłości. Przykładowo zastanawiające jest zdefiniowanie klas, które nie pokrywają wartości wskaźnika *VB-max* z przedziału 0.25-0.3 (sekcja 2 pracy). W kontekście użyteczności warto przedyskutować wydajność rozwiązania, bo jak przyznają we wstępie autorzy, obliczenia ciągłej transformaty falkowej są bardzo czasochłonne. Jaka jest odporność metody na zmiany warunków akwizycji skoro, jak przyznają autorzy w sekcji 4, nawet małe zmiany mogą spowodować znaczące zmiany w wydajności rozwiązania?

Kolejną pracą jest artykuł zatytułowany: *A Novel Approach Using Vision Transformer (ViT) for Classification of Holes Drilled in Melamine Faced Chipboard*. Praca dość zdawkowo opisuje eksperyment porównujący wydajność różnych głębokich modeli sieci neuronowych w zadaniu klasyfikacji obrazów otworów w płycie laminowanej, które implikują jakość/stan urządzenia wierzącego. Chociaż w zestawieniu najkorzystniej wypadł model wizyjnego transformera to niestety nie wyjaśniono dlaczego wynik skuteczności na poziomie 71% uznano za najwyższą skoro w innych pracach zareportowano dużo wyższą skuteczność, np. w pracy Promotora Doktoranta z 2019 roku w czasopiśmie MG&V skuteczność FGG19 sięgnęła ponad 96%. Czym zatem różniła się metodologia badań, że wyniki tak istotnie się różnią? Praca niestety nie doprecyzowuje metodologii w zakresie zbioru danych, zbalansowania klas i wykorzystania obrazów na etapie nauki modeli i testowania.

Ostatnią, moim zdaniem, pracą, która spośród wskazanych przez Doktoranta publikacji, bezpośrednio wiąże się z podjętym problemem badań, jest artykuł zatytułowany: *Custom Loss Functions in XGBoost Algorithm for Enhanced Critical Error Mitigation in Drill-Wear Analysis of Melamine-Faced Chipboard*. Praca wpisuje się w nurt klasyfikacji obrazów otworów w laminowanych płytach wiórowych. Porusza jednak wpływ typu funkcji straty na uczenie klasyfikatora XGBoost. Warianty funkcji straty kładą nacisk na rozróżnienie klas skrajnych, których pomyłki mają istotne znaczenie praktyczne. Badania są przekrojowe i ciekawie przeprowadzone, chociaż pewne aspekty wymagają, moim zdaniem, wyjaśnienia. Chociaż intuicyjnie, penalizacja nierozróżniania klas skrajnych, w ramach autorskich wariantów funkcji kosztu, pozytywnie wpływa na liczbę krytycznych pomyłek klasyfikatora to jednak niepokojąca jest malejąca ogólna skuteczność klasyfikacji. Szczególnie dotkliwie są wskaźniki dla klasy czerwonej, która w zbiorze uczącym była niedoreprezentowana. Czy ważniejsze jest rozróżnienie klas skrajnych (zielona-czerwona, czerwona-zielona) niż poprawne sklasyfikowanie (wykrycie) klasy czerwonej? Dlaczego konsekwentnie nie zastosowano metod augmentacji i, wydaje się, celowo zaakceptowano różne licznosci klas w zbiorze uczącym? W rzeczywistości liczba przypadków „czerwonych” jest zwyczajowo mniejsza niż pozostałych, ale na etapie nauki można je zbalansować lub stosować inne (dostosowane) miary skuteczności klasyfikacji (np. *G-mean*, *F-measure*). W przeciwnym przypadku narażamy się na ryzyko biasu w stronę klasy większościowej i wyniki przestają być wiarygodne. Chociaż w pracy otwarcie przyznano, że wektor cech wejściowych (1998 elementy) nie będzie modyfikowany (zmniejszany) celem zapewnienia generalizacji klasyfikatora to wciąż pozostaje pytanie czy rzeczywiście wszystkie wybrane cechy są równie istotne oraz czy nie obciążają wydajności klasyfikatora? Czy dla obrazów otworów zaprezentowanych na rysunku nr 2 (różna perspektywa akwizycji) HOG jest miarodajnym deskryptorem cech? Czy wykorzystanie ResNet-18 do ekstrakcji wysokopoziomowych i niskopoziomowych abstrakcyjnych cech obrazów odpowiednio koresponduje z własnościami klasyfikatora XGBoost i czy na podstawie przeprowadzonych eksperymentów można wskazać, które z cech obrazu były kluczowe w zadaniu klasyfikacji? Jakimi są praktyczne ograniczenia czasowe klasyfikacji w świetle zmierzonego czasu wybranych rozwiązań, sięgającego blisko 8 minut (473 s)?

Pracą umieszczoną w cyklu osiągnięć, która moim zdaniem nie jest bezpośrednio powiązana z głównym nurtem badań, jest publikacja zatytułowana: *Improved Efficient Capsule Network for Kuzushiji-MNIST Benchmark Dataset Classification*. Praca demonstruje możliwości zaadaptowania architektury sieci kapsułowych (*CapsNet*) to klasyfikacji znaków japońskiego pisma symbolicznego. Chociaż autorzy uzupełnili standardową architekturę *CapsNet* o mechanizm uwagi (*self-attention*) to uzyskali porównywalne wyniki do klasycznej architektury *CapsNet* oraz do rozwiązań referencyjnych. Niemniej opracowanie nosi znamiona wartościowego opracowania naukowego.

Podsumowując, przedstawione rozwiązania, eksperymenty oraz wyniki są ciekawe i nowatorskie z perspektywy podjętego obszaru zastosowań. Wzbogacają one dyskusję nad automatyzacją oceny wizyjnej otworów w laminowanych płytach wiórowych. Nieprecyzyjności w zakresie metodologii badawczej nie obniżają wartości samych rozwiązań, a jedynie rzucają cień na wiarygodność prezentowanych wyników.

Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek Autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy, czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność rozprawy doktorskiej leży przede wszystkim w szeroko podjętych eksperymentach związanych z klasyfikacją danych rejestrowanych podczas obróbki płyt wiórowych. W szczególności najważniejszymi, moim zdaniem, osiągnięciami są:

- opracowanie metod dobrze identyfikujących stopień zużycia narzędzi z wykorzystaniem algorytmów sztucznej inteligencji na podstawie danych wizyjnych i sygnałowych;
- weryfikacja przydatności współczesnych architektur sieci neuronowych (sieci syjamskie, wizyjne transformery, wielokanałowe sieci splotowe) do klasyfikacji stopnia zużycia narzędzi skrawających na podstawie danych wielomodalnych i różnorodnych form ich reprezentacji (skalogramy);
- integracja mechanizmów oceny pewności decyzji z modelami sztucznej inteligencji, co wpływa na interpretowalność wyników oceny stanu narzędzi;
- opracowanie i adaptacja niestandardowych funkcji straty dla algorytmu XGBoost, wpływających na obniżenie liczby krytycznych błędów klasyfikacji;

Wymienione osiągnięcia stanowią bezsprzecznie oryginalny wkład Doktoranta w rozwój dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Czy Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Praca stanowi wieloaspektowe opracowanie z zakresu klasyfikacji danych obrazowych i sygnałowych w zadaniu oceny stopnia zużycia narzędzi skrawających, wykorzystywanych w obróbce laminowanych płyt wiórowych. Praca została zredagowana w formie ogólnego wprowadzenia i kontekstowych opisów, ale główną jej część stanowi cykl sześciu publikacji naukowych. Tym samym ocena rozprawy sprowadza się do oceny poszczególnych publikacji, a one same przechodziły proces edycyjny w redakcjach czasopism i nie zawierają na tym polu istotnych uchybień.

Artykuły, z jednym wyjątkiem (praca w Biuletynie PAN), stanowią spójny cykl, powiązanych tematycznie i chronologicznie eksperymentów badawczych. Szkoda, że przy okazji opisu badań nie została uporządkowana kwestia metodologii badawczej, a w szczególności zbioru danych i jego szerszego udostępnienia środowisku naukowemu. Analogiczny niedosyt towarzyszy brakowi

praktycznych uwarunkowań obróbki skrawaniem płyt wiórowych, które nie muszą być oczywiste dla czytelników rozprawy, a warunkują próg przydatności opracowywanych technologii.

W dalszej pracy badawczej warto, aby Doktorant ostrożniej dobierał stwierdzenia, szczególnie jeśli eksperymenty nie adresowały jawnie wszystkich poruszanych kwestii. Przykładowo nie jest dla mnie oczywiste jak „sieci kapsułowe ... mogą kompensować brak dostępu do zaawansowanych czujników monitorujących i zapewniają najwyższą dokładność klasyfikacji zużycia narzędzi” (str. 37)? Na czym formalnie polegała „optymalizacja głębokich sieci konwolucyjnych” (str. 37) przeprowadzona przez Doktoranta? W którym z artykułów w cyklu „wykorzystywano techniki uczenia transferowego” (str. 37)?

Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Rozprawa doktorska nie zawiera istotnych uchybień, a poniższe uwagi mają przede wszystkim charakter dyskusyjny. Przykładowe kwestie, które mogłyby zostać omówione, lecz nie ujmują pozytywnej oceny rozprawy, dotyczą:

- uporządkowania metodologii badawczej, zarówno w kontekście zbioru danych obrazowych i sygnałowych stosowanego w eksperymentach jak również uwzględnienia miar klasyfikacji adekwatnych do zbalansowania klas w zbiorze danych.
- udokumentowania praktycznych wymagań formalnych, stanowiących o przydatności opracowywanych rozwiązań w przemyśle meblarskim (obróbki laminowanych płyt wiórowych). W szczególności uzasadnienia prymatu krytycznych błędów klasyfikacji (pomyłka klas skrajnych) względem wykrywania klasy czerwonej, świadczącej o zużyciu narzędzia oraz wrażliwości metod wizyjnych na kolor laminatu płyt wiórowych.
- zestawienia współczesnych badań literaturowych i nowo opracowanych rozwiązań w kontekście ilościowej i jakościowej oceny klasyfikacji otworów w płytach wiórowych, gdyż prace koncentrują się głównie na ocenie przedstawianej metody, zaś nie odnoszą się wprost do rozwiązań referencyjnych, nawet tej samej grupy badawczej.

Konkluzja

Uważam, że cele rozprawy doktorskiej zostały zrealizowane, a postawione hipotezy w dużej mierze udowodnione. Doktorant przedstawił w rozprawie nowe i oryginalne eksperymenty ewaluacji metod klasyfikacji danych obrazowych i sygnałowych, implikujące stan zużycia narzędzi skrawających w procesie obróbki płyt wiórowych. Uzyskane przez Doktoranta wyniki uważam za oryginalne, wartościowe i ciekawe poznawczo. Zakres prowadzonych badań był szeroki, analiza opracowanych rozwiązań wszechstronna, a warsztat badawczy Doktoranta jest akceptowalny.

Doktorant może poszczycić się 13 publikacjami w okresie 5 ostatnich lat prowadzenia badań (2020-2024), w tym przeważającą większość stanowią publikacje z listy *JCR*. Wśród tych publikacji znajduje się 6 prac, które stanowiły podstawę osiągnięcia i zostały szerzej przedstawione w recenzowanym opracowaniu.

Tym samym rozprawa prezentuje wartościowe osiągnięcia naukowe w obszarze dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja oraz potwierdza umiejętność prowadzenia przez Doktoranta pracy naukowej.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr Michała Bukowskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, przez obowiązującą ustawę. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

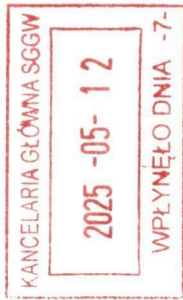


POLITECHNIKA ŁÓDZKA
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki
i Matematyki Stosowanej
Instytut Informatyki
al. Politechniki 8, 93-590 Łódź
tel. 42 631-39-57, e-mail: w772@adm.p.lodz.pl
REGON 000001583 NIP 7270021895
Adres do korespondencji
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź
(1)

172/34/2025



RPL/12250/2025 N
Data: 2025-05-12



OPLATA POBRANA
TAXE PERÇUE - POLOGNE
Umowa z Poczta Polską S.A.
iD nr 499183/E



109358 06.05.2025 02 POLECONA

(00)659007734680022924



(00)659007734680022924

R

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Biuro Obsługi Nauki
Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa

Poczta Polska	zł	gr
Opłata pobrana		

2024

06.05.2025

97867