

Prof. dr hab. inż. Jacek Rumiński,  
Katedra Inżynierii Biomedycznej  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
Politechnika Gdańska

Gdańsk, 23.12.2024 r.

## Recenzja

pracy doktorskiej mgr. Jacka Kałużnego

pt. „Generowanie i walidacja syntetycznych zbiorów danych obrazów do trenowania modeli sztucznej inteligencji w wizji komputerowej”.

Promotor: dr hab. Krzysztof Dyczkowski, prof. UAM  
Promotor pomocniczy: dr Wojciech Pałubicki

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Dziekana Wydziału Matematyki i Informatyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, prof. Krzysztofa Dyczkowskiego (z dnia 24.10.2024 r.) informującego, że decyzją Rady naukowej dyscyplin matematyka i informatyka UAM z dnia 22 października 2024 r. zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra Jacka Kałużnego pt. „Generowanie i walidacja syntetycznych zbiorów danych obrazów do trenowania modeli sztucznej inteligencji w wizji komputerowej”.

### 1. Tematyka, cele i tezy rozprawy

Tematyka pracy dotyczy tworzenia danych z wykorzystaniem technik komputerowych, w szczególności metod sztucznej inteligencji. W sposób szczególny Autor rozważa znaczenie danych syntetycznych w problemach związanych z segmentacją i klasyfikacją danych w zastosowaniach dotyczących drzew i roślin.

Rozprawa jest napisana w języku polskim. We wstępie Doktorant definiuje trzy hipotezy:

H1: „Sztuczne sieci neuronowe mogą być wykorzystywane do zbierania, wyodrębniania i analizy danych”.

H2: „Modele proceduralne generujące zbiory danych syntetycznych są rozwiązaniem problemu małych zbiorów danych”.

H3. „Integracja danych syntetycznych z rzeczywistymi zbiorami danych zwiększa odporność i uogólnialność modeli uczenia maszynowego.”

Hipotezy są interesujące, ale są zbyt ogólne. Doktorant powinien sformułować je bardziej szczegółowo, co jest pośrednio zawarte w rozdziałach 2, 3 i 4. W pracy rozwiązywane są konkretne problemy naukowe, ale powinny być we wstępie rozprawy doprecyzowane wskazując określone założenia i bardziej szczegółowe hipotezy lub cele badawcze. Również w podsumowaniu pracy (rozdział 5) Autor bardzo uprościł odniesienie do hipotez. Przykładowo „Hipoteza 1: Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych”. Prawdopodobnie w rozdziale piątym Doktorant użył skróconych wersji hipotez, ale w rozprawie doktorskiej powinno stosować się precyzyjne zapisy.

## **2. Zawartość rozprawy doktorskiej**

Rozprawa napisana jest w języku polskim i składa się z pięciu rozdziałów i spisu literatury.

W rozdziale pierwszym Autor wprowadza do tematyki rozprawy oraz przedstawia i krótko komentuje przedstawione wyżej hipotezy badawcze.

Rozdziały 2-4 zawierają opis konkretnych problemów badawczych wraz z ich rozwiązaniem i są powiązane ze wskazanym hipotezami. Rozdział drugi podejmuje problematykę rekonstrukcji geometrii pojedynczego drzewa na podstawie jednego obrazu. W rozdziale trzecim Doktorant prezentuje metodę generacji obrazów liści. Rozdział czwarty związany jest generacją danych syntetycznych i tworzeniem map głębokości dla sadzonek prezentowanych na zdjęciu.

Autor cytuje 99 pozycje literatury. Większość cytowanych prac, to recenzowane publikacje w czasopismach lub materiałach konferencyjnych. Wykaz zawiera dziesięć pozycji, z ostatnich trzech lat (2022-2024). W rozprawie doktorskiej nie znalazłem informacji o dwóch publikacjach Doktoranta związanych z tematyką rozprawy, co opiszę w dalszej części recenzji.

## **3. Ocena i oryginalne osiągnięcia rozprawy**

W pracy bardzo ciekawie podjęto problemy naukowe związane z zastosowaniem technik komputerowych i sztucznej inteligencji do generacji i przetwarzania obrazów roślin, w szczególności drzew. Do szczególnych, oryginalnych osiągnięć zaliczam:

- O1: Opracowanie i weryfikacja zautomatyzowanej metody rekonstrukcji geometrii drzew z pojedynczej fotografii z wykorzystaniem masek semantycznych drzew, identyfikacji gatunku drzew oraz oszacowania struktury 3D drzew na podstawie informacji wyodrębnianej z obrazów 2D.
- O2: Opracowanie i weryfikacja zautomatyzowanej metody generowania syntetycznych danych do przewidywania powierzchni liści, wykorzystując modele proceduralne i architekturę sieci neuronowej MobileNet.
- O3: Opracowanie i weryfikacja rozbudowanej metody (względem O2) generowania danych syntetycznych sadzonek roślin wraz z rekonstrukcją map głębokości, co może

zostać zastosowane do określenia wzrostu roślin w dalszych praktycznych zastosowaniach metody.

- O4: Opracowanie zbiorów danych jako efektu metod wymienionych w opisie powyższych osiągnięć, tak ważnych dla zespołów naukowych zajmujących się powiązaną tematyką.

Warto również podkreślić, że rozwiązywanie problemów naukowych dotyczących powyższych osiągnięć, wiązało się często ze stawianiem dodatkowych hipotez i powiązanych metod szczegółowych. Przykładowo, na podkreślenie i pozytywną ocenę zasługuje badanie przeprowadzone wśród użytkowników w zakresie podobieństwa percepcyjnego w odbiorze wygenerowanych drzew. Autor postawił hipotezę, że drzewa reprezentowane w przestrzeni danych w centrum uzyskanych klastrów, powinny być odbierane przez użytkowników jako bardziej podobne, względem tych, które w przestrzeni nowej reprezentacji danych są bardziej odległe. To ważny element walidacji, ponieważ metody sztucznej inteligencji mogą generować różne reprezentacje danych, których analiza podobieństwa nie musi być spójna z oceną podobieństwa właściwą dla zdolności percepcyjnych różnych osób. Autor właściwie przeprowadził stosowne badanie na grupie stu uważnie dobranych obserwatorów, weryfikując stosowną hipotezę pomocniczą.

W zakresie osiągnięć należy także podkreślić duże znaczenie praktyczne uzyskanych wyników prac. Przykładowo, na stronie 50 rozprawy czytamy: „*Doprowadziło to do przyjęcia tego modelu przez badaczy biologii w TUM do dalszych eksperymentów, co czyni ręczne oznaczanie zbędnym*”. Z kontekstu pracy wynika, że TUM to Uniwersytet Techniczny w Monachium (prawdopodobnie School of Life Sciences). Praktyczne wykorzystanie wyników związane jest ze współpracą Doktoranta z pracownikami tej jednostki.

Powyższe osiągnięcia oceniam pozytywnie i uważam, że mieszczą się w obszarze dyscypliny informatyka. Bezpośrednie odniesienia w rozprawie, wskazujące na autorstwo Doktoranta (np. str. 65, „Widać, że wewnątrz lizymetru różnice są mniejsze przy użyciu mojej metody w porównaniu do modelu Depth Anything.”) oraz opis procedur badawczych wskazują na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Autor przedstawił oryginalne rozwiązania problemów naukowych.

#### **4. Uwagi krytyczne i pytania**

Uwagi krytyczne do rozprawy i powiązane z nimi pytania podzieliłem na trzy części: ocena oryginalnego wkładu Doktoranta w rozprawę, uwagi szczegółowe związane z metodą badawczą oraz uwagi edytorskie.

Główna merytoryczna część rozprawy to w mojej ocenie rozdziały 2, 3 i 4 (rozdział 1 to wstęp, rozdział 5 to podsumowanie).

Rozdział 2 to praktycznie przetłumaczony na język polski artykuł *Bosheng Li, Jacek Kałużny, Jonathan Klein, Dominik L Michels, Wojtek Pałubicki, Bedrich Benes, Sören Pirk, Learning to reconstruct botanical trees from single images, ACM Transactions on Graphics (TOG), 2021*. Rozdział 2 zawiera te same rysunki, co artykuł, praktycznie identyczną strukturę, tak samo prezentowane wyniki oraz praktycznie ten sam tekst, prawdopodobnie przetłumaczony

automatycznie przez dostępne programy typu Google Translate (lub podobne), z drobnymi korektami edytorskimi.

Rozdział 3 to praktycznie przetłumaczony na język polski artykuł *Jacek Kałużny, Yannik Schreckenberg, Karol Cyganik, Peter Annighöfer, Sören Pirk, Dominik L Michels, Mikolaj Cieslak, Farhah Assaad-Gerbert, Bedrich Benes, Wojciech Pałubicki, LAESI: Leaf Area Estimation with Synthetic Imagery, Synthetic Data for Computer Vision Workshop @ CVPR (arXiv:2404.00593) 2024*. Podobnie jak w przypadku poprzednim, w rozdziale trzecim występuje praktycznie ta sama struktura i treść, co we wskazanym artykule. Nie znalazłem w rozprawie doktorskiej cytowań ww. artykułów (brak również w spisie literatury). Ponieważ artykuły są wieloautorskie (należy przy tym podkreślić czołową pozycję Doktoranta w spisie autorów) dlatego uważam, że w dalszym etapie postępowania Autor rozprawy powinien precyzyjnie wyjaśnić, co jest jego bezpośrednim wkładem w zakresie samodzielnego rozwiązywania problemu naukowego.

Uważam, że biorąc pod uwagę zapisy w rozprawie oraz czołową pozycję mgr. Jacka Kałużnego w spisie autorów, Doktorant rozwiązał szereg problemów naukowych uzyskując wskazane wcześniej osiągnięcia. Niemniej brak cytowania artykułów i brak odniesienia się do ich uważam za niedopatrzenie Autora rozprawy. Sprawę tę Doktorant powinien wyjaśnić w dalszym toku postępowania i dlatego formułuję następujące pytania/prośby:

P1. W zakresie metody rekonstrukcji geometrii drzew z pojedynczej fotografii opisanej w artykule (ACM 2021) proszę szczegółowo, w kontekście rozdziału 2, wskazać swój wkład merytoryczny w zakresie opisanych badań.

P2. W zakresie metody generowania syntetycznych danych do przewidywania powierzchni liści opisanej w artykule (CVPRW 2024) proszę szczegółowo, w kontekście rozdziału 3, wskazać swój wkład merytoryczny w zakresie opisanych badań.

W zakresie oceny merytorycznej części rozprawy pragnę zaadresować jeszcze kolejne uwagi i pytania.

P3. Proszę o doprecyzowanie, czy blok ekstrakcji cech sieci neuronowej (rys. 2.7 b) jest uczony niezależnie dla problemu klasyfikacji (rys. 2.7 c) i oddzielnie dla problemu predykcji RBV na podstawie uzyskanych poprzez wykorzystaną sieć DeepLab-V3 masek segmentacji semantycznej?

P4. Czy biorąc pod uwagę niską złożoność masek semantycznych (jedynie trzy klasy, w tym jedna „tło”) zasadne jest stosowanie tak złożonej sieci ekstrakcji cech prezentowanej na rys. 2.7 b? Dlaczego wejście ma liczbę kanałów równą 3?

Dokładność klasyfikacji gatunków drzew została w pracy wskazana jako 94%. Biorąc pod uwagę wiele klas, lepszymi metrykami oceny byłyby czułość i precyzja oraz F1. Dlatego stawiam kolejne pytanie:

P5. Czy w klasyfikacji gatunków drzew Autor obliczał metryki czułości i precyzji i jak uzyskane wyniki można porównać do innych metod z literatury?

Ponieważ uważam, że opracowanie metod generacji danych syntetycznych w omawianej dziedzinie jest bardzo wartościowe, dlatego sformułowałem kolejne pytanie.

P6. Czy dane powstałe w wyniku prac badawczych opisanych w rozprawie zostały udostępnione? Jest to duża wartość dla innych naukowców, a nie znalazłem szczegółowych informacji na ten temat w rozprawie.

Ponadto chciałbym wskazać kilka uwag w zakresie redakcji pracy. Układ rozprawy powinien przyjmować standardy wydawnicze stosowane w Polsce, według których, numeracja rozdziałów, podrozdziałów, podpisów rysunków itp. kończy się kropką, ponieważ nazwa tych elementów jest zapisywana wielką literą. Czyli np. zamiast: „3.4 Implementacja” powinno być „3.4. Implementacja”, itd.

Wielokrotnie Doktorant stosuje kalkę językową, prawdopodobnie wynikającą z automatycznego przetłumaczenia zdań z języka angielskiego na język polski, w wyniku czego powstały zapisy nazw z wszystkimi słowami pisanymi z wielkich liter (np. rysunek 3.1, podrozdziały 3.4, 3.5.3, itd.), np. „Proceduralne Generowanie Tła z Papieru Milimetrowego i Kształtu Liścia”. Nie wiem również, dlaczego Doktorant stosuje w rozprawie skrót „Fig.” przy podpisie rysunków. Ponadto niektóre tłumaczenia wygenerowały żargonowe i wręcz niezrozumiałe zdania, np.: „Wartości stóp atrous zostały ustawione na (...)” (str. 20). W edycji rysunków (np. 2.7) warto stosować takie kolory, aby barwa tekstu miała odpowiedni kontrast względem koloru tła, poprawiając czytelność.

Oczywiście błędy redakcyjne zdarzają się nam wszystkim, ale wskazuję je w celach porządkowych i edukacyjnych.

Powyższe uwagi i pytania wskazują pewne problemy dotyczące wybranych aspektów rozprawy. Będę wdzięczny za ustosunkowanie się do nich w przypadku publicznej obrony.

## 5. Konkluzja recenzji

Podsumowując, stwierdzam, że Doktorant rozwiązał postawione problemy badawcze. Metody badawcze zostały w większości właściwie dobrane i zastosowane, a eksperymenty interesująco przeprowadzone.

Biorąc pod uwagę przedstawione wyżej analizy i uzasadnienia stwierdzam, że rozprawa doktorska prezentuje również ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie informatyka. Doktorant wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a rozprawa doktorska zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Dlatego stwierdzam, że rozprawa mgr. Jacka Kałużnego spełnia wymagania sformułowane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. 2018, poz. 1668, z późniejszymi zmianami. Wnioskuje do Rady naukowej dyscyplin matematyka i informatyka UAM o dopuszczenie mgr. Jacka Kałużnego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora.

  
prof. dr hab. inż. Jacek Ruminski, prof. PG  
Katedra Inżynierii Biomedycznej, ETI, PG