

**Recenzja pracy doktorskiej mgr. inż. Tomasza Krzywickiego pt.: „Metody rozpoznawania obrazów w badaniu dna oka dla celów diagnostyki medycznej” przygotowanej pod kierunkiem promotora: prof. dra hab. Lecha Polkowskiego, w dyscyplinie: Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**

Recenzja została sporządzona w związku z powołaniem przez Radę Naukową Dyscypliny Informatyki Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych w Warszawie w dniu 22.12.2023 roku przez przewodniczącą tej rady prof. dr hab. Marię Elżbietę \Orłowską do pełnienia funkcji recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja panu mgr. inż. Tomaszowi Krzywickiemu.

Niniejsza recenzja ma za zadanie zgodnie z Art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (t.j. Dz.U. 2017 poz. 1789) ocenić, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wkład w dyscyplinę, zgodnie z art. 175 ust. 1 Przepisów wprowadzających ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 3.7.2018 r. (Dz.U. 2018 r. poz. 1669).

W ramach przeprowadzonej recenzji zostaną ocenione następujące punkty:

**1. Tematyka pracy doktorskiej i jej wkład w dyscyplinę.**

**Ad. 1.** Temat pracy doktorskiej brzmi: „Metody rozpoznawania obrazów w badaniu dna oka dla celów diagnostyki medycznej”.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie innowacyjnych metod lokalizowania środków cech anatomicznych na podstawie zdjęć dna oka. W ramach pracy badawczej wykorzystano dwie różne strategie: podejście oparte na technikach przetwarzania obrazów i analizie kształtów oraz podejście wykorzystujące metody oparte o sztuczną inteligencję, takie jak głębokie sieci neuronowe, uczenie transferowe i uczenie zespołowe.

Praca ta ma charakter interdyscyplinarny i łączy w sobie dyscypliny naukowe takie jak informatyka techniczna i telekomunikacja, inżynieria biomedyczna oraz medycyna. W mojej ocenie – wybrany temat rozprawy, jest aktualny i stanowi bardzo istotny wkład w dyscyplinę naukową **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**.

## 2. Zagadnienia naukowe rozprawy – cel i teza pracy.

**Ad. 2.** Głównym celem pracy było opracowanie nowych metod lokalizujących dołeczek (punkt centralny plamki żółtej) oraz tarczę nerwu wzrokowego na zdjęciu dna oka. W pracy zostały postawione aż cztery tezy:

- Dokładność i pokrycie wyznaczonych lokalizacji cech anatomicznych na zdjęciach dna oka przy użyciu sieci neuronowych będzie wyższa, niż w przypadku zastosowania technik przetwarzania obrazów.
- Czas wykonania obliczeń i zużycie pamięci operacyjnej będzie niższe w przypadku lokalizacji cech anatomicznych na zdjęciach dna oka przy użyciu technik przetwarzania obrazów, niż w przypadku zastosowania sieci neuronowych.
- Zastosowanie przyspieszania sprzętowego zaproponowanych metod za pomocą równoleglenia obliczeń na procesorach graficznych skróci czas obliczeń potrzebny na wyznaczenie lokalizacji cech anatomicznych na zdjęciach dna oka.
- Dokładność i pokrycie lokalizacji cech anatomicznych na zdjęciach dna oka przy użyciu zespołu sieci neuronowych będą wyższe, niż w przypadku pojedynczej sieci neuronowej.

Na podstawie wyników przedstawionych w recenzowanej pracy, uważam, że tezy zostały spełnione, a niniejsza rozprawa spełnia wszystkie standardy obowiązujące w przypadku prac doktorskich oraz, iż w znacznym stopniu przyczynia się do rozwoju dyscypliny naukowej jaką jest **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**.

## 3. Struktura pracy

**Ad. 3.** W ramach realizacji niniejszej pracy doktorskiej podjęto się tematyki związanej z analizą zdjęć dna oka w celu lokalizacji dołeczka oraz tarczy nerwu wzrokowego. Sama praca składa się z **226** stron (wliczając stronę tytułową, podziękowania, streszczenie w języku polskim oraz angielskim i polskim, spis treści, spis rysunków, spis tabel, przedmowę, załączniki (dodatki) - **A, B, C i D**, wykaz cytowanej literatury oraz skorowidz). Rozprawa składa się ona z **8** rozdziałów (wliczając nieponumerowany - bibliografię), **69** (w tym **1** w załącznikach) rysunków, **28** (w tym **6** w załącznikach) tabel, **36** (w tym **6** w załącznikach) wzorów oraz aż **208** pozycji literaturowych.

**Pierwszy** rozdział pracy stanowi **Wstęp**, zawarto w nim wprowadzenie do tematy, tezy, cel oraz zakres pracy. Rozdział **drugi**, zatytułowany **“Wprowadzenie”** zawiera historię oraz terażniejszość sztucznej inteligencji oraz jej zastosowanie w procesie diagnostyki okulistycznej. W rozdziale tym omówiono także metody obrazowania dna oka, jego budowę anatomiczną. Rozdział **trzeci**, zatytułowany **“Metody rozpoznawania obrazów”** zawiera omówienie wybranych metod przetwarzania obrazów wykorzystywanych w ramach niniejszej pracy. W rozdziale **czwartym**, zatytułowanym **“Bazy danych wykorzystane w badaniach”**, opisano wykorzystywane przez autora rozprawy bazy danych zawierających zdjęcia dna oka. Rozdział **piąty** - **“Zastosowane metody”** opisuje proponowane przez

autora metody lokalizacji środka dołeczka oraz tarczy nerwu wzrokowego. W rozdziale tym zawarto także bieżący stan wiedzy. W rozdziale **szóstym**, zatytułowanym **“Wyniki własne i komparatystryka”**, przedstawiono uzyskane przez autora wyniki oraz porównano je z istniejącymi już metodami. W rozdziale **siódmym** zawarto krótkie podsumowanie pracy. Rozdział **ósmym** (nieponumerowany) stanowi literatura, na którą składa się **208** pozycji. Po nim autor zamieścił załączniki (określone przez autora “Dodatkami”) **A, B, C** oraz **D**, gdzie w załączniku **A** zostały przedstawione całościowe otrzymane wyniki; w załączniku **B** omówiono szczegółowo zaimplementowane metody; w załączniku **C** omówiono szczegółowo matematyczne rozwinięcia technik wykorzystanych w pracy badawczej; w załączniku **D** natomiast przedstawiono problemy, nierozwiązane w ramach niniejszej pracy.

#### **4. Uwagi redakcyjne, krytyczne oraz pytania do pracy.**

##### **Ad. 4.**

- Wzór w abstrakcie nie powinien się pojawiać.
- Bardzo nietypowy układ pracy, gdzie każdy rozdział posiada swoje osobne podsumowanie.
- W pracy zawarto “Wstęp” oraz “Wprowadzenie”.
- Rozdział “Wstęp” można było zatytułować np. “Cel oraz Zakres Pracy”.
- Brakuje osobnego rozdziału dotyczącego przeglądu dostępnych rozwiązań, który byłby także obszernym przeglądem literatury, zamiast tego jest krótki, pozostawiający pewien niedosyt, podrozdział w rozdziale szóstym.
- Dyskusja, która powinna być jednym z głównych rozdziałów pracy, została zawarta na zaledwie dwóch stronach i to w formie podrozdziału rozdziału szóstego.
- Podsumowanie całej pracy jest napisane w bardzo oszczędnej formie (również dwie strony) i pozostawia spory niedosyt.
- Nietypowo jak na pracę z informatyki ponumerowana literatura.
- Brakuje jakichkolwiek informacji na temat dalszych planów badawczych tej interesującej tematyki.
- W pracy nie napisano nic na temat dorobku autora, jego działalności naukowej, udziału w projektach, otrzymanych nagrodach.
- Czy autor zdaje sobie sprawę, że nie można już wykorzystywać wizerunku Leny w badaniach i publikacjach naukowych (str. 62 i 64) ?
- W rozdziale pierwszym, drugim, trzecim, czwartym, piątym oraz szóstym, autor od razu przechodzi do podrozdziałów, bez nawet jednego zdania wprowadzającego.
- Dlaczego autor używa określenia “Dodatek” zamiast “Załącznik”?
- Rysunek 1.1. (str. 29) - czcionka mogłaby być większa.
- Str. 36 - brak jakichkolwiek odniesień do literatury.
- Str. 39-40 - można było te oczekiwania przetłumaczyć na język polski.
- Str. 40 - czy dane z roku 2020 nie są już przestarzałe w dobie tak dynamicznego rozwoju technologii (chodzi o liczbę publikacji)?
- Rysunek 2.1. (str. 41) - czcionka mogłaby być większa.
- Rysunek 3.1. (str. 52) - jeśli piszemy pracę w języku polskim, to należy przetłumaczyć także opisy na rysunkach.

- Rysunek 3.4. (str. 53) - j.w.
- Rysunek 3.6. (str. 55) - j.w.
- Rysunek 3.12. (str. 64) - nieczytelny, zbyt mała czcionka.
- Rysunek 3.23. (str. 81) - proszę o wyjaśnienie.
- Rysunek 3.25. (str. 91) - nieczytelny, zbyt mała czcionka.
- Rysunek 3.27. (str. 98) - jeśli piszemy pracę w języku polskim, to należy przetłumaczyć także opisy na rysunkach.
- Rysunek 5.2. (str. 114) - nieczytelny, zbyt mała czcionka.
- Rysunek 5.7. (str. 119) - j.w.
- Str. 138 - po podrozdziale 5.4. autor od razu przeskakuje do pod-podrozdziału 5.4.1.
- W całej pracy - w tabelach autor w żaden sposób nie zaznacza kluczowych/istotnych wyników, co utrudnia ich odbiór.
- Pytania do pracy:
  - Jak wygląda potencjalne wdrożenie kliniczne proponowanych metod?
  - Jakie jest największe osiągnięcie tej pracy?
  - Dlaczego autor zdecydował się omówienie napotkanych problemów badawczych w dodatku **D** zamiast rozwinąć rozdział poświęcony dyskusji?
  - Str. 39 - czy posiada Pan jakieś nowsze statystyki dotyczące czasu obsługi pacjenta? Czy wraz z rozwojem technologii od roku 2020 coś się zmieniło?
  - Rysunek 3.23. (str. 81) - proszę o wyjaśnienie.
  - Str. 81 - co autor miał na myśli formułując takie zdanie: "Poruszenie tematyki uczenia maszynowego (ang. Machine Learning, ML) dostarczy języka do dalszej dyskusji."?
  - Dlaczego autor wybrał te a nie inne bazy ze zdjęciami dna oka?
  - Dlaczego metody MSiLR i MSLW były testowane na tylko jednej bazie zdjęć dna oka, a nie na dwóch?
  - Jakie były skuteczności zastosowanych metod w porównaniu do tradycyjnych?

## 5. Podsumowanie.

**Ad. 5.** Uważam, że Doktorant z powodzeniem udowodnił postawione tezy, aczkolwiek praca jest pełna potocznych sformułowań i w moim odczuciu napisana w trochę niedbały sposób. Układ pracy jest nietypowy dla prac w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, co w znacznym stopniu utrudnia jej odbiór.

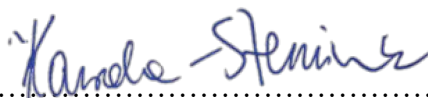
Pomimo tych niedociągnięć pozytywnie oceniam pracę, a moje pytania, postawione wyżej mają raczej dociekliwy charakter. Należy podkreślić, iż autor zdefiniował także aż cztery tezy badawcze, które udowodnił w pracy.

Na szczególną uwagę zasługują również ogólna działalność naukowa doktoranta, który jest współautorem **7** publikacji naukowych, w tym **3** posiadających współczynnik impact factor (IF). Jego H-index wynosi: **2** (Google Scholar), **2** (Scopus), **3** (Web of Science), a prace były cytowane następującą ilością razy: **9** (Google Scholar), **7** (Scopus) oraz aż **178**

(Web of Science), co świadczy o dobrej (na tym etapie kariery) rozpoznawalności w środowisku naukowym.

Moja ocena pracy **mgra inż. Tomasza Krzywickiego** jest **pozytywna**. Moim zdaniem niniejsza praca prezentuje cenne wyniki badań i jest znaczącym osiągnięciem naukowym w dyscyplinie naukowej **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja**. Spełnia ona również w mojej ocenie wszystkie wymogi zawarte w aktualnie obowiązującej Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" w sprawie warunków i trybu przeprowadzania przewodów doktorskich i może być przedmiotem publicznej obrony.

Wniosuję do Rady Naukowej Dyscypliny **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja** o dopuszczenie pana **mgra inż. Tomasza Krzywickiego** do dalszych etapów przewodu doktorskiego, a także o **wyróżnienie rozprawy**, gdyż spełnia ona warunki Regulaminu Wyróżniania Rozpraw Doktorskich w PJATK (2 publikacje po 140 punktów).



.....  
Dr hab. Inż. Aleksandra Kawala-Sterniuk, prof. uczelni  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Politechnika Opolska  
ul. Prószkowska 76  
45-758 Opole  
a.kawala-sterniuk@po.edu.pl