

Warszawa, 18 czerwca 2021 r.

Prof. dr hab. inż. Przemysław Rokita
Kierownik Zakładu Grafiki Komputerowej
Instytut Informatyki
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych
Politechnika Warszawska
Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY INFORMATYKI
POLSKO-JAPOŃSKIEJ AKADEMII TECHNIK KOMPUTEROWYCH**

Tytuł rozprawy:

Klasyfikacja materiałów przy niepełnej informacji w obrazach rentgenowskich

Autor rozprawy:

mgr Krzysztof Dmitruk

*1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Praca pt. „Klasyfikacja materiałów przy niepełnej informacji w obrazach rentgenowskich” liczy 208 stron tekstu i zawiera 85 pozycji bibliografii. Autor przedstawia w niej zaprojektowany przez siebie i zaimplementowany system rentgenowskiego skanera bagażu, a w szczególności opracowane przez siebie na potrzeby tego systemu algorytmy przetwarzania i syntezy obrazu. Praca składa się z wstępu, czterech rozdziałów, podsumowania, czterech dodatków oraz bibliografii. We wstępie przedstawiono cel i tezę pracy, przegląd treści rozprawy oraz skrótowy przegląd literatury i istniejących rozwiązań. Rozdział 1 zawiera ogólne wprowadzenie do zagadnień obrazowania rentgenowskiego wraz z omówieniem zasad konstrukcji skanerów rentgenowskich wykorzystywanych do kontroli bagażu. Rozdział 2 to przegląd problemów akwizycji obrazów rentgenowskich, w szczególności występujących w rentgenowskich skanerach bagażu. W rozdziale 3 Autor przedstawił oryginalne algorytmy segmentacji opracowane przez niego dla potrzeb systemu analizy obrazów rentgenowskiego skanera bagażu. Rozdział 4 zawiera opis opracowanych przez Doktoranta algorytmów klasyfikacji pikseli oznaczonych w procesie segmentacji na podzbiory odpowiadające klasom materiałów. W podsumowaniu zostały przedstawione wnioski z przeprowadzonych prac.

Tytuł rozprawy jest zbyt szeroki - może sugerować, że jest to monografia dotycząca problemów klasyfikacji materiałów przy niepełnej informacji we wszelkiego rodzaju obrazach rentgenowskich. Sama praca dotyczy wąskiej problematyki algorytmów segmentacji i klasyfikacji na potrzeby rentgenowskich skanerów bagażu.

W wstępie pracy Autor określił, że „Celem rozprawy jest zaproponowanie nowatorskich metod analizy obrazu rentgenowskiego, powstałego za pomocą pojedynczego rzutu na dwuwymiarową powierzchnię”. Sformułowanie to nie do końca odpowiada treści rozprawy - w istotnej jej części Autor zajmuje się przetwarzaniem nie pojedynczego obrazu, lecz par obrazów pozyskanych przy różnych energiach wiązki (za pomocą dwuenergetycznych kart detekcyjnych). Pary te stanowią dane wejściowe dla opracowanych przez Autora algorytmów segmentacji i klasyfikacji.

Teza rozprawy jest nieprecyzyjna. Mówi ona, że „Na podstawie pojedynczego rzutu obrazu rentgenowskiego, wykonanego z zastosowaniem standardowego skanera bagażowego, możliwa jest dokładna klasyfikacja znajdujących się na nim materiałów oraz określenie grubości ich warstw”. Niejasne jest co znaczy „dokładna klasyfikacja” - nie jest to jednoznaczne sformułowanie naukowe, (jakimi są np. różne liczbowe miary dokładności klasyfikacji). Ponadto brak w tej tezie istotnej informacji o tym, że przyjęty przez Autora „standardowy skaner bagażowy” musi być wyposażony w dwuenergetyczne karty detekcyjne - wyposażone w dwa detektory analizujące promienie o różnym widmie energii, co daje w jednym przebiegu skanowania dwa obrazy pozyskane przy różnych energiach wiązki, a opracowane algorytmy bazują na tych parach rzutów (obrazów).

Praca ma przede wszystkim charakter doświadczalny, a w szczególności projektowo konstrukcyjny. Autor na podstawie literatury oraz własnych doświadczeń i przemyśleń zaprojektował, zaimplementował i uruchomił oryginalny system przetwarzania, analizy i syntezy obrazów dla potrzeb standardowego rentgenowskiego skanera bagażu. Opracowane przez niego rozwiązanie zostało wdrożone i pozytywnie zweryfikowane w ramach działalności komercyjnej.

*2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącej o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Stan literaturowy dotychczasowych badań i stosowanych rozwiązań w głównym zakresie tematycznym rozprawy przedstawiono bardzo skrótowo we wstępie pracy (w akapicie zatytułowanym „Zbliżone prace”). Szkoda, że ograniczono się w nim do skrótowych opisów znanych rozwiązań, nie podjęto natomiast próby syntetycznego opracowania wniosków - zestawienia wad i zalet rozwiązań znanych z literatury. W pewnym sensie wnioski te zawarte są w rozdziałach 3 oraz 4, jednak praca zyskałaby gdyby przegląd literatury został rozbudowany, a wnioski z niego wyodrębnione w podsumowaniu przeglądu literatury. Tekst pracy świadczy o znajomości przez Doktoranta obszernej literatury z dziedziny akwizycji, przetwarzania i analizy obrazów rentgenowskich. Opracowany przez niego system przetwarzania i analizy obrazu dla potrzeb rentgenowskiego skanera bagażu, świadczy o umiejętności analizy literatury oraz poprawnego formułowania na jej podstawie wniosków.

3. *Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione? **

Podstawowe zagadnienie rozwiązane w pracy to projekt, implementacja i uruchomienie oryginalnego toru przetwarzania, analizy i syntezy obrazów dla potrzeb standardowego systemu rentgenowskiego skanera bagażu. System ten autor opracował w oparciu o własne doświadczenia oraz analizę rozwiązań opisanych w literaturze. W warstwie dotyczącej analizy istniejących rozwiązań praca jest dość powierzchowna, ale poprawna.

4. *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? **

Samodzielny i oryginalny dorobek autora ma charakter konstrukcyjny. Autor na podstawie aktualnego stanu wiedzy zawartego w literaturze oraz własnych doświadczeń i przemyśleń opracował oryginalny system przetwarzania, analizy i syntezy obrazów dla potrzeb standardowego rentgenowskiego skanera bagażu. Skanery takie są aktualnie powszechnie wykorzystywane w celu zapewnienia bezpieczeństwa. Oryginalne rozwiązania z zakresu wizualizacji opracowane przez Doktoranta mogą istotnie poprawić skuteczność wykrywania groźnych substancji i obiektów za pomocą takich systemów. Do najistotniejszych problemów rozwiązanych w pracy przez Doktoranta zaliczam:

- opracowanie algorytmu segmentacji dostosowanego do analizy obrazów w torze wizualizacji rentgenowskich skanerów bagażu (opisanego w rozdz. 3),
- oraz
- opracowanie dwuetapowego algorytmu klasyfikacji pikseli analizowanego obrazu do podzbiorów odpowiadających określonym typom wykrywanych przez system materiałów (opisanego w rozdz. 4)

Opracowanie, uruchomienie i optymalizacja przez Doktoranta oryginalnego systemu przetwarzania, i analizy obrazów dla potrzeb rentgenowskiego skanera bagażu stanowi rozwiązanie istotnego problemu naukowego. Rezultaty prac Doktoranta z zakresu przetwarzania i analizy obrazów dla potrzeb rentgenowskich skanerów bagażu zostały zaprezentowane na międzynarodowej konferencji naukowej *International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications – VISAPP 2020* oraz opublikowane w dwóch międzynarodowych czasopismach naukowych. Stanowią one oryginalny wkład Doktoranta do stanu wiedzy oraz literatury z dziedziny cyfrowego przetwarzania i analizy obrazów.

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

Autor wykazał w rozprawie umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia swoich przemyśleń, wniosków oraz propozycji rozwiązań. Niestety nie wykazał się umiejętnością zwięzłej i precyzyjnej prezentacji wyników swych prac.

6. *Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?**

Podstawową wadą pracy jest poświęcenie dużych fragmentów tekstu ogólnym historycznym przeglądom rozwiązań z zakresu obrazowania rentgenowskiego przy jednoczesnym braku pogłębienia dyskusji do temat aktualnego stanu wiedzy zawartego w literaturze. Przykładowo w pracy mamy wiele stron opisu rozwiązań z ponad stuletniej historii obrazowania rentgenowskiego (obiektywnie ciekawych, ale w pracy doktorskiej z informatyki niekoniecznie potrzebnych) natomiast przegląd dotychczasowych badań i stosowanych rozwiązań w głównym zakresie tematycznym rozprawy zajmuje niecałe półtorej strony tekstu (akapit *Zbliżone prace*, str. 16-17).

W pracy nie zdefiniowano znaczenia kluczowego dla tezy określenia „dokładna klasyfikacja”. Przy niezaprzeczalnej wartości naukowej opracowanego systemu, teza rozprawy sprawia wrażenie dodanej bez głębszego przemyślenia.

W pracy brak rozwinięcia dyskusji zastosowania odpowiednich algorytmów poprawy jakości obrazów i ich wpływu na segmentację. Jest to etap bardzo istotny dla otrzymywanych wyników. W tekście pracy można znaleźć tylko pojedyncze zdania na ten temat. Przykładowo na stronie 73 Autor pisze „Wpływ na zwiększenie tego promienia ma będący na obrazie szum. Redukcja szumu, zarówno metodami algorytmicznymi, jak i poprzez zwiększenie próbkowania pozwala częściowo wyeliminować ten problem.” - bez jakiegokolwiek dalszego wyjaśnienia i rozwinięcia tego tematu. Przedmiotem pracy było opracowanie przez Doktoranta oryginalnego systemu przetwarzania, i analizy obrazów dla potrzeb standardowego rentgenowskiego skanera bagażu. Autor ma w dorobku dwie ciekawe publikacje na temat opracowanego przez siebie algorytmu wyostrażania dla potrzeb dwuenergetycznych skanerów rentgenowskich. Prace te w rozprawie zostały zaledwie wymienione. Powinny one zostać włączone do pracy w ramach dyskusji podstawowych problemów poprawy jakości obrazów, jakimi są redukcja szumów i wyostrażanie.

Powyższe uwagi mają charakter przede wszystkim redakcyjny i nie wpływają bezpośrednio na niezaprzeczalny dorobek merytoryczny Doktoranta zawarty w rozprawie.

7. *Jaka jest praktyczna przydatność rozprawy?**

Praktyczna przydatność opracowanych przez Doktoranta algorytmów i całego systemu jest bardzo duża. Główne osiągnięcie pracy - system przetwarzania, analizy i syntezy obrazów dla potrzeb rentgenowskiego skanera bagażu, ma bardzo duże znaczenie praktyczne. Opracowane rozwiązania mogą być wykorzystywane do poprawy skuteczności kontroli bagażu oraz ładunków. Na podkreślenie zasługuje że rozwiązania przedstawione w pracy zostały wdrożone i pozytywnie zweryfikowane w ramach działalności komercyjnej.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c/ spełniająca wymagania
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca, zawiera prezentację istotnego dorobku naukowego Doktoranta w postaci opracowanego oryginalnego systemu przetwarzania i analizy obrazów dla potrzeb rentgenowskiego skanera bagażu. Opracowany system wymagał rozwiązania przez Autora pracy szeregu nietrywialnych problemów. Uważam, że recenzowana praca **spełnia wymagania** stawiane rozprawom doktorskim, określone w obowiązującej ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Przemysław Rolka

.....
podpis

* Powyższe pytania mają charakter pomocniczy. Recenzja jest tak sformułowana, by można ją było odczytywać bez treści pytań.