

Warszawa, 08. 08. 2023 r.

prof. dr hab. inż. Mateusz Pasternak  
Wydział Elektroniki  
Wojskowa Akademia Techniczna  
ul. Sylwestra Kaliskiego 2  
00-908 Warszawa

**Recenzja rozprawy doktorskiej sporządzona dla  
Rady Dyscypliny Naukowej  
„Informatyka Techniczna i Telekomunikacja”  
Politechniki Warszawskiej**

**Tytuł rozprawy:** Big data w systemach rozpoznania wojskowego

**Autorka rozprawy:** mgr Kamila Matela

**1. Teza rozprawy i cel badań**

Teza recenzowanej rozprawy doktorskiej brzmi następująco: *„Zastosowanie metody punktów odniesienia w algorytmie „Multi-criteria active deep learning for image classification (MCADL)”, zwiększa dokładność analizy obrazu i wykazuje wyższość nad wykorzystywaną w tymże algorytmie metodą ważenia kryteriów.*

Kierując się treścią postawionej tezy Doktorantka przeprowadziła analizę wybranych zagadnień badawczych skupiających się wokół problematyki:

- automatycznego rozpoznawania obrazów,
- uczenia maszynowego,
- automatycznej klasyfikacji obrazów.

W ramach tejże problematyki Doktorantka sformułowała siedem celów szczegółowych dotyczących:

- analizy aktualnego stanu zaawansowania wiedzy technicznej związanej z tzw. widzeniem komputerowym oraz procesami uczenia maszynowego,
- analizy skuteczności wymienionej w tezie metody MCADL,
- propozycji modyfikacji ww. metody oraz analizy uzyskanych efektów,
- opracowania algorytmu opartego o metodę punktów odniesienia w miejsce stosowanego ważenia kryteriów,
- określenia strategii wyboru punktów odniesienia w proponowanym algorytmie,
- weryfikacji poprawności działania zaproponowanego algorytmu z wykorzystaniem bazy MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology database),

- potwierdzenia poprawności działania tegoż algorytmu z wykorzystaniem bazy CIFAR-10 (Canadian Institute for Advanced Research).

Postawiona teza pracy wydaje się jasna, a przytoczone tu cele szczegółowe sformułowane w sposób do niej dobrze przystający. Kolejność ich realizacji jest logiczna, a zaproponowane metody walidacji zmodyfikowanego algorytmu można uznać za prawidłowe.

## **2. Charakter rozprawy**

Rozprawa ma charakter użyteczny. Metody rozpoznawania i klasyfikacji obrazów mają bardzo dużą liczbę ważnych zastosowań w różnych gałęziach nauki i techniki. Są one też niezwykle istotne z militarnego punktu widzenia, co Autorka wyraziła wprost w tytule rozprawy. Każdy zatem nowy algorytm czy też modyfikacja w tym zakresie znajdują natychmiast szereg zastosowań, jeśli tylko okażą się skuteczniejsze od wcześniej stosowanych. Co istotnie, wdrożenie do użytku każdej innowacji w tym zakresie odbywa się w sposób programowy, a zatem szybki i nie wymagający czasochłonnych oraz kosztownych zmian sprzętowych. Należy też podkreślić, że przy obecnie osiąganym poziomie skuteczności automatycznego rozpoznawania obrazów nawet niewielka poprawa tego parametru może mieć istotne znaczenie.

Charakter użyteczny pracy podkreślony został w rozdziale czwartym, gdzie Doktorantka dość wyczerpująco i precyzyjnie scharakteryzowała obszary potencjalnych wdrożeń zaproponowanego algorytmu w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Zmodyfikowany algorytm wzbogaca ofertę Grupy Kapitałowej PGZ, a w szczególności należącego do niej Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Centrum Techniki Morskiej, partycypującego obecnie w postępowaniu na dostawę do SZ RP Systemu Analiz Obrazowych w ramach szerszego projektu pn. „Bałtyk Cyfrowy”. Wobec powyższego można przyjąć, że zawartość merytoryczna rozprawy w wystarczającym stopniu odpowiada przyjętej przez Główny Urząd Statystyczny RP definicji pracy wdrożeniowej. Należy tu podkreślić, że proces wdrażania nowych rozwiązań do użytku w SZ RP jest zwykle bardzo złożony i rozciągnięty w czasie, daleko bardziej niżli ustawowo zakładane ramy trwania przewodów doktorskich.

## **3. Sposób przeprowadzenia analizy źródeł oraz formułowania wynikających z niej wniosków**

W przedstawionej do recenzji pracy Autorka przedstawiła w dość uogólniony sposób analizę stanu wiedzy w zakresie rozpoznawania i klasyfikacji obrazów. Opisała funkcjonowanie wybranych metod w tym zakresie, a w szczególności algorytmu MCADL. Zaproponowała też jego modyfikację polegającą na zastąpieniu metody ważenia kryteriów metodą punktów odniesienia oraz uzupełnienie algorytmu o technikę *margin sampling*.

W rozdziale pierwszym Doktorantka opisuje wybrane aspekty historyczne oraz stan wiedzy z zakresu „big data”, widzenia maszynowego oraz algorytmów klasyfikacji obrazów. Rozdział drugi ujmuje strategię aktywnego uczenia maszynowego, w tym ww. metodę wielokryterialną w jej klasycznej postaci wraz z opisem najważniejszych cech. Zawiera on także opisy najczęściej wykorzystywanych sieci neuronowych i możliwe metody ich modyfikacji pod kątem realizowanej pracy.

Rozdział trzeci skupia się na algorytmie MCADL i zaproponowanym jego modyfikacjom.



Rozdział czwarty poświęcony został weryfikacji rezultatów działania zmodyfikowanego algorytmu przy zastosowaniu dwóch różnych baz obrazów. Pierwsza z nich (MNIST) zawiera obszerny, standaryzowany zbiór odręcznie pisanych cyfr, zaś druga (CIFAR-10) sześćdziesięciotysięczny zbiór kolorowych obrazów różnych obiektów należących do dziesięciu odrębnych klas. Reprezentują one zarówno obiekty techniczne jak i zwierzęta. Zbiór ten jest często wykorzystywany do badania algorytmów rozpoznawania obrazów i uczenia maszynowego. W części drugiej tegoż rozdziału Doktorantka zamieściła wspomniany już opis potencjalnych obszarów wdrożeń zaproponowanego algorytmu w systemach rozpoznawczych przeznaczonych dla wojska.

Zamieszczony na końcu spis literatury liczy 109 pozycji, z których 23 są odnośnikami do stron internetowych. Duża część tych źródeł ma wartość wyłącznie historyczną, jednak w spisie tym nie brakuje publikacji nowych i najnowszych. Niestety tylko dwie z nich są autorstwa Doktorantki i mają raczej niewielki zasięg oddziaływania. Druga z nich jest obszernie cytowana w rozdziale czwartym rozprawy.

Zarówno wybór źródeł, jak i analiza ich zawartości są prawidłowe i obejmują najistotniejsze, ogólnodostępne pozycje literaturowe. Wnioski formułowane podczas tych analiz wydają się być trafne i konstruktywne z punktu widzenia uprawianej tematyki, a w szczególności proponowanych w niej modyfikacji algorytmu MCADL pod kątem zastosowań wojskowych.

#### **4. Rozwiązanie przedstawionego zadania, poprawność przyjętych założeń i metod**

Zasadnicza część rozprawy jest zawarta w podrozdziale drugim rozdziału drugiego. Na jego wstępie Doktorantka zarysowała trzy główne składowe wybranej metody poprawy efektywności algorytmu MCADL. Przede wszystkim starała się Ona znaleźć odpowiedź na pytanie dotyczące najlepszego sposobu doboru próbek treningowych pod kątem aktywnego maszynowego uczenia się z wykorzystaniem metody punktów odniesienia. Poszukiwała następnie sposobów modyfikacji rezultatów działania algorytmu i wreszcie wiarygodnych metod ich weryfikacji. Do przeprowadzenia swych eksperymentów Doktorantka wybrała przytoczone w pkt. 3. niniejszej recenzji dwie bazy obrazów oraz zastosowane do rozpoznawania zgromadzonych w nich obiektów konwolucyjne sieci neuronowe o odpowiednio zmodyfikowanej architekturze. Autorka wprowadziła także kombinowaną metodę wyboru puli inicjującej, łącząc ze sobą znane techniki  $k$ -średnich i analizy głównych składowych (PCA). W rezultacie tego zabiegu poprawiła stabilność treningu sieci neuronowej bez pogarszania wyników działania algorytmu w porównaniu z inicjalizacją opartą o pulę losową. Trzeba jednak podkreślić, że podejście to zwiększyło zapotrzebowanie na moc obliczeniową.

Do poprawy algorytmu rozpoznawania obrazów Doktorantka wybrała metodę punktów odniesienia bazującą na maksymalnym kryterium Walda, zakładającym sytuację najmniej korzystną dla podjęcia decyzji. Główną motywacją takiego podejścia był, jak się wydaje obiektywizm i powtarzalność tej metody oraz założenie, że w pewnych sytuacjach algorytm może dążyć do osiągnięcia dwóch sprzecznych celów. Sposób działania zmodyfikowanej wersji algorytmu MCADL oraz funkcjonująca w jego ramach iteracyjna metoda doboru punktów odniesienia zostały zilustrowane kolejno na rys. 27. i 28. Dodatkowo do poprawy działania algorytmu Doktorantka zastosowała technikę *margin sampling* polegającą na selekcji próbek

lokujących się na granicy decyzyjnej. Podejście takie na ogół redukuje niepożądaną tendencję modelu do dopasowywania się do stałego zbioru cech. Całość zaproponowanego podejścia została zilustrowana na rys. 37.

Przyjęte założenia i metody modyfikacji można uznać za poprawne, a uzyskane wyniki za wystarczająco zadowalające.

#### **5. Oryginalność rozprawy, samodzielny dorobek autora, pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy (poziomu techniki) prezentowanego w literaturze światowej**

Do najważniejszych elementów stanowiących oryginalny i twórczy wkład Doktorantki do aktualnego stanu wiedzy w zakresie automatycznego rozpoznawania i klasyfikacji obrazów należy zaliczyć:

- analizę i porównania funkcjonowanie różnych technik stosowanych w tym zakresie;
- modyfikację architektur konwolucyjnych sieci neuronowych pod kątem wybranych zastosowań;
- poprawę funkcjonowania algorytmu MCADL poprzez:
  - kombinowaną metodę doboru puli inicjującej,
  - zastąpienie metody ważenia kryteriów metodą iteracyjnie ustalanych punktów odniesienia,
  - zastosowanie techniki *margin sampling* do poprawy jakości klasyfikacji obiektów.

Wykorzystane w przedstawionej do recenzji rozprawie metody i techniki są ogólnie znane i nie stanowią elementu nowości. Oryginalność polega tu na odpowiednim ich zestawieniu w jeden funkcjonalny algorytm oferujący w pewnych sytuacjach wyższą skuteczność w porównaniu z algorytmami stosowanymi dotychczas. Takie podejście do zagadnienia nie lokuje treści rozprawy w światowej, europejskiej czy nawet krajowej czołówce. Należy raczej uznać, że swym poziomem przystaje ona do całego szeregu prac o charakterze utylitarnym zmierzających do osiągnięcia konkretnych rezultatów i zaspokojenia bardzo specyficznych potrzeb. Trzeba jednak zaznaczyć, że fakt ten nie stanowi dostatecznie ważkiego powodu do uznania, że nie zasługuje ona na dopuszczenie do publicznej obrony.

Dorobek publikacyjny Doktorantki również nie jest imponujący. Dwie pozycje widoczne w spisie literatury zostały zamieszczone w wydawnictwach nie należących do głównego nurtu i mających raczej skromny zasięg. Trzeba jednak podkreślić, że są to prace samodzielne, które przy nieco większym wysiłku ze strony Doktorantki mogłyby się ukazać w wydawnictwach o szerszym zasięgu. Można zatem uznać, iż minimalne wymogi w zakresie publikacyjności zostały spełnione.

#### **6. Poprawność przedstawienia uzyskanych wyników (zwięzłość, jasność, umiejętność przekonywania, poprawność redakcyjna)**

Wyniki działania algorytmów proponowanego oraz uznanych przez Doktorantkę jako referencyjne zostały przedstawione w sposób poprawny i zwięzły, choć trzeba przyznać, że miejscami mało przekonujący i dość zawiły. Praca została napisana w miarę starannie, jednak



stosunkowo łatwo wskazać w niej szereg usterek i błędów redakcyjnych oraz edycyjnych. Z obowiązku recenzenta pragnę tu wymienić najważniejsze z nich.

Należy zacząć od tego, że przecinek wstawiony do sformułowanej tezy wydaje się zupełnie zbędny.

Autorka w swej pracy zamieściła szereg sformułowań, w których posługuje się skrótami myślowymi. Cytuję tu kilka przykładów:

„*wydobywanie informacji z danych*” na str. 16,

„*techniki przetwarzania obrazów [...] obejmują optykę, astronomię, statystykę [...]*” na str. 21,

„*[...] w którym model jest najmniej pewny [...], jego poziom prawdopodobieństwa jest najniższy.*” na str. 35,

„*Zapis maksymalizacji w modelu wielokryterialnym [...]*” na str. 64 i in.

W wielu miejscach Doktorantka posługuje się konsekwentnie żargonowym określeniem „zdjęcie” choć w zasadzie nie ma do czynienia ze zbiorem fotografii, ale ustandaryzowanymi obrazami (mapami bitowymi).

W opisie wyrażenia (5) Autorka wyjaśnia w nawiasie, że pod nazwą najbardziej informacyjnej instancji rozumie najlepsze zapytanie. Nie budzi to większych wątpliwości, jednak nie wiedzieć czemu wyjaśnienie to powtarza później pod kolejnymi wyrażeniami (6), (7), (8), (9) i (12).

W wielu miejscach Autorka wprowadza różnorakie i dość złożone pojęcia bez ich wcześniejszego zdefiniowania, co dla czytelnika mniej zaznajomionego z tego rodzaju tematyką może stanowić pewien problem. Jako przykłady podam tu wprowadzenie terminu nierównowagi klas czy też odległości kosinusowej. W tym ostatnim przypadku szczególnie wyraźnie odczuwa się brak definicji z uwagi na fakt, że w rozdziale drugim Autorka podaje ściśle definicje odległości Minkowskiego, Manhattan czy nawet Euklidesowej, a także pisze o odległości kosinusowej jako najbardziej przydatnej do analizy rzadkich wektorów cech. Ścisłej definicji tego ważnego pojęcia jednak nie podaje. Jest to tym bardziej niezrozumiałe, że ze zdefiniowanych odległości Minkowskiego i Manhattan nie korzysta w dalszej części pracy.

W wielu miejscach można też znaleźć termin „ilość” odnoszący się do rzeczowników policzalnych. W języku polskim nie jest to wielki błąd, jednak w pracach technicznych, w których sformułowania powinny być zwięzłe i maksymalnie precyzyjne powinno się na to zwracać większą uwagę.

Począwszy od str. 78 pojawiają się zagadkowe liczby umieszczone w cudzysłowie. Dla przykładu na tejże stronie znajduje się fragment: „- dla bazy MNIST: w eksperymencie  $\varepsilon$  wszystkie na poziomie „0”, w eksperymencie  $\phi$  wszystkie na poziomie „1”, w eksperymencie  $\gamma$  kryteria gęstości i podobieństwa operujące na danych z etykietami na 0,1 [...], 0,15 natomiast kryteria niepewności i oparte na etykietach operujące na danych nieoznakowanych na 0,9 i 0,8”. Autorka w żaden sposób nie wyjaśnia znaczenia owego cudzysłowu. Z kontekstu można się jedynie domyślić, że jest on zupełnie zbędny, a powód jego zastosowania dosyć zagadkowy.

Przedstawiona do recenzji praca jest napisana w języku polskim. Oczywiście w tekstach o charakterze technicznym zwykle nie da się uniknąć zwrotów angielskich, jednak trudno zrozumieć fakt ich stosowania w miejscach, gdzie można wykorzystać utarte już określenia polskie. Dla przykładu rys. 11. mógłby być z powodzeniem opisany po polsku, podobnie jak tytuły podrozdziałów 1.5 i 1.6. Nawiasem mówiąc dzielenie tekstu na podrozdziały złożone z dwóch czy też trzech zdań nie ma większego sensu, a taka sytuacja występuje w przytoczonych tu fragmentach pracy.

Kontrowersje budzą też niektóre tłumaczenia z języka angielskiego. Na stronach 24 i 25 można znaleźć niecodziennie brzmiące określenia *presampling* i *undersampling* jako tłumaczenia angielskich terminów *oversampling* i *undersampling*. W polskiej literaturze zwykle się stosować odpowiednio nazwy nadpróbkowanie oraz podpróbkowanie i to w zasadzie bez względu na rodzaj próbek.

Uwagi redakcyjne można także sformułować w odniesieniu do wyrażenia matematycznych, które zawierają znaki pisane kursywą. W wielu jednak miejscach tekstu odnoszące się do nich symbole są pisane czcionką prostą. Tego rodzaju niekonsekwencja nie powinna mieć miejsca w pracach technicznych.

Pewne negatywne spostrzeżenia odnoszą się także do zamieszczonych w pracy grafik. Na rys. 6. można znaleźć dwie klasy fałszywie negatywne, natomiast wyraźnie brak jest klasy fałszywie pozytywnej, chociaż występuje ona w widniejących tam definicjach precyzji, dokładności i swoistości.

Wiele z zamieszczonych rysunków nie ma odpowiedniego wyglądu technicznego, a niektóre z nich, tak jak rys. 7, 8, 9 i 10 zdecydowanie bardziej przypominają grafiki z czasopism popularnonaukowych niż rysunki spotykane zwykle w tekstach naukowo-technicznych.

W dość niecodzienny sposób podpisane są rys. od 44 do 47. Można się jedynie domyślić, że podane w nawiasie określenie „plik gif” odnosi się do wykresów skupień widocznych po lewych stronach tychże rysunków. Jego użycie jest tu dość niefortunne i w tym przypadku nie ma zastosowania. Termin ten oznacza bowiem mapę bitową lub sekwencję map bitowych zapisanych na elektronicznym nośniku pamięci.

Sformułowane wnioski w większości zawierają opisy tego co zostało zrealizowane w ramach pracy i tylko niewielka ich część ma charakter końcowych konkluzji. Zdaniem recenzenta propozycje te powinny być odwrócone.

Zamieszczony pod koniec rozprawy spis źródeł jest niejednolity. W szczególności dotyczy to stron internetowych, gdzie Doktorantka zastosowała aż trzy różne formaty zapisu (por. np. poz. [3], [72], i [75]) nie podając przy niektórych z nich daty ostatniego dostępu.

## **7. Słabe strony rozprawy, jej główne wady**

Przedstawiona do recenzji rozprawa ma niestety kilka słabych stron. Obok wymienionych już usterek redakcyjnych i edycyjnych należy wymienić jej dość zawiły sposób prezentacji, zarówno rozważanego problemu technicznego jak i metod jego rozwiązania. W tym wypadku rozwiązanie to nie polega na oryginalnym podejściu do problemu ani też opracowaniu zupełnie nowego algorytmu rozpoznawania i klasyfikacji obrazów, ale na odpowiednim zestawieniu znanych już metod. Nosi to pewne cechy oryginalności, jednak nie lokuje pracy wśród szczególnych osiągnięć myśli naukowo-technicznej.



Autorka posługuje się licznymi terminami, specyficznymi dla przedmiotowej dziedziny bez głębszego wyjaśniania ich sensu, co w wielu miejscach pracy sprawia wrażenie jej powierzchowności. Nie ma raczej wątpliwości co do tego, że Doktorantka ma wiedzę na temat tego o czym pisze, jednak czytelnik mniej zaznajomiony z wykorzystywaną nomenklaturą będzie się czuł podczas lektury rozprawy dość zagubiony. Ponieważ praca nie jest specjalnie obszerna Doktorantka miała wystarczającą ilość miejsca na zamieszczenie bardziej szczegółowych opisów stosowanych terminów.

Do weryfikacji zmodyfikowanego algorytmu Autorka wykorzystwała dwie ogólnodostępne bazy obrazów. Pierwsza z nich zawiera odręcznie pisane cyfry i jest monochromatyczna, zaś druga różnorakie obiekty w kolorze. Doktorantkę zdaje się martwić fakt, że algorytm osiąga lepsze rezultaty dla bazy monochromatycznej, o czym można przeczytać na str. 100, gdzie pisze Ona o konieczności jego dalszego rozwijania. W tym jednak przypadku lepsze rezultaty dla zobrazowań monochromatycznych są raczej zaletą, a nie wadą algorytmu, a potwierdzanie uzyskanych rezultatów przy użyciu bazy obrazów kolorowych nie wydaje się działaniem szczególnie trafnym. Jeśli bowiem algorytm ma być wdrożony do pracy w systemach rozpoznawania obiektów morskich, to w większości przypadków będą one reprezentowane na obrazach monochromatycznych lub zbliżonych do monochromatycznych, głównie z uwagi na dość jednolite tło i z reguły mało urozmaiconą kolorystykę tychże obiektów. W wielu przypadkach jest ona specjalnie tak dobrana, aby zlewała się z otoczeniem i dla podniesienia kontrastu zobrazowań często zamiast fotografii w świetle widzialnym stosuje się techniki z wykorzystaniem dalekiej podczerwieni. W tym wypadku baza MNIST wydaje się lepszym wyborem, aczkolwiek obciążonym małym urozmaiceniem i nadmierną prostotą obiektów. Do potwierdzenia przydatności zmodyfikowanego algorytmu znacznie lepsza byłaby monochromatyczna baza danych zawierająca dostatecznie duży zbiór zobrazowań realnych obiektów morskich. Należy jedna zdać sobie sprawę z faktu, że dostęp do tego rodzaju zbiorów jest dość utrudniony.

## **8. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych, przemysłu, obronności kraju, itp.**

Największą ilość informacji o świecie zewnętrznym dostarcza człowiekowi zmysł wzroku. Pomaga on centralnemu układowi nerwowemu generować pamięć zdarzeń, kształtów i kolorów. Jest to podstawowy powód, dla którego maszynowe rozpoznawanie i klasyfikacja obrazów mają kluczowe znaczenie w wielu gałęziach działalności człowieka. Ich dobre opanowanie pozwoli na całkowitą automatyzację bardzo wielu procesów wytwórczych, logistycznych, diagnostycznych i in. Sprawia to, że badania w tym kierunku prowadzone są intensywnie w wielu konkurujących ze sobą laboratoriach badawczych. Choć osiągnięto już znaczne sukcesy, to jednak wciąż nie można powiedzieć, że ludzie dysponują aparatem maszynowego rozpoznawania dowolnych obrazów. Z tego powodu poszukiwanie nowych algorytmów czy też ulepszanie już istniejących jest działalnością bardzo pożądaną. Wpisuje się ona w treść pierwszych trzech punktów przyjętego Decyzją nr 2/DIn Ministra Obrony Narodowej z dnia 10 stycznia 2023 r. dokumentu pt. „Priorytetowe kierunki badań naukowych w resorcie obrony narodowej w latach 2021–2035 (PKB)”.

Jak już zaznaczono Doktorantka scharakteryzowała szereg obszarów potencjalnych wdrożeń rozwijanego przez siebie algorytmu w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, a w szczególności w Systemie Analiz Obrazowych budowanym w ramach projektu

pn. „Bałtyk Cyfrowy”. Należy podkreślić, że są to obszary najbardziej oczywiste. Algorytmy rozpoznawania obrazów monochromatycznych mogą też znaleźć szereg zastosowań w echolokacji zarówno w wydaniu cywilnym jak i wojskowym. Jako przykłady można podać rozpoznawanie min lądowych na falogramach georadarowych czy też identyfikację różnego rodzaju schorzeń na medycznych zobrazowaniach rentgenowskich lub ultrasonograficznych. Automatyzacja rozpoznawania wzorców w przytoczonych tutaj przykładowych dziedzinach wciąż jeszcze znajduje się w fazie rozwoju, a każda praca z tego zakresu przyczynia się do jego postępu.

## 9. Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Kamili Mateli pt. „*Big data w systemach rozpoznania wojskowego*” pomimo wskazanych dość licznych usterek spełnia wymagania stawiane przez aktualnie obowiązującą Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Zgodnie z tą ustawą przedstawioną do recenzji rozprawę zaliczam do kategorii: spełniająca wymagania.

Ocenę tę uzasadniam:

- wystarczającym poziomem merytorycznym pracy, świadczącym o odpowiednich kompetencjach Doktorantki w uprawianej w jej ramach tematyce,
- dostatecznie spójną i logiczną kompozycją dysertacji, ściśle trzymającą się jej tematu i przejętej tezy,
- dość wyczerpującą analizą literatury tematu, w tym znanych algorytmów oraz metod w zakresie rozpoznania i klasyfikacji obrazów,
- zaproponowaną przez Doktorantkę, zgodnie z przyjętą tezą, modyfikacją algorytmu MCADL z zastosowaniem metod punktów odniesienia oraz *margin sampling*,
- weryfikacją działania algorytmu przy zastosowaniu dostępnych baz obrazów,
- porównaniem wyników działania zmodyfikowanego algorytmu z wybranymi algorytmami konkurencyjnymi – pomyślny wynik tego procesu można uznać za wystarczający dowód słuszności przyjętej tezy,
- szczegółowym opisem potencjalnych obszarów wdrożeń, ze wskazaniem na podmiot wdrażający.

Na podstawie analizy pracy oraz powyższego uzasadnienia można stwierdzić, że Doktorantka posiada wystarczająco rozległą wiedzę w zakresie algorytmów rozpoznawania i klasyfikacji obrazów, a tym samym spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora nauk technicznych. W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie rozprawy mgr Kamili Mateli do publicznej obrony.

prof. dr hab. inż. Mateusz Pasternak