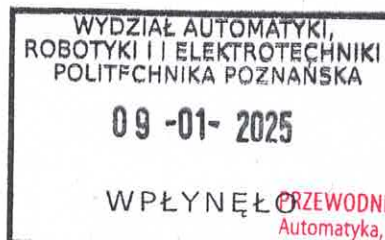


Prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz

rtad@agh.edu.pl; www.tadeusiewicz.pl; 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30
Katedra Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej wydziału EAIIB AGH
Doktor Honoris Causa czterech uczelni krajowych i zagranicznych
Członek Polskiej Akademii Nauk; Członek Polskiej Akademii Umiejętności;
Były Rektor AGH; Były Prezes Krakowskiego Oddziału PAN; Były członek CK
Członek Akademii Inżynierskiej, член Российской Академии Естественных Наук
Participle Pleno Jure Academiae Europensis Scientiarum Artium Litterarumque
Fellow of World Academy of Art and Science; Euro-engineer FEANI
Senior Member of IEEE; professional member of ACM; member of SPIE



PRZEWODNICZĄCY RADY DYSCYPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg

Kraków, 07.01.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Sudera

Przedmiotem niniejszej recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Sudera zatytułowana „*Vision inspection using artificial intelligence to improve safety of aerodrome*”. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Adam Dąbrowski. Praca została opracowana na Wydziale Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki Politechniki Poznańskiej. Formalną podstawą do sporządzenia tej recenzji jest Uchwała Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej z dnia 19.11.2024 r. powierzająca między innymi mnie funkcję recenzenta w tym przewodzie, o czym powiadomiła mnie Przewodniczący owej Rady Dyscypliny, Prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg pismem numer DR-012/132/2024 datowanym w Poznaniu 28.11.2024.

Ogólne komentarze dotyczące zawartości rozprawy

Oceniana rozprawa ma objętość 218 stron, a jej treść podzielona jest na 6 rozdziałów, wliczając w to „Wprowadzenie” (*Introduction*) oraz „Podsumowanie” (*Conclusions*). W pracy umieszczono też krótkie streszczenie w języku polskim i angielskim.

Praca zawiera spisy – odpowiednio na początku jest spis treści oraz oznaczeń i skrótów, a na końcu są spisy rysunków i tabel. Na końcu dysertacji jest też wykaz bibliografii, który jest bardzo obszerny (196 pozycji). Z uznaniem stwierdzam, że zawarte w spisie publikacje są przywoływane w treści rozprawy (sprawdziłem wrywkowo kilka pozycji), więc można stwierdzić, że Doktorant bardzo solidnie przygotował się do realizacji zadań opisanych w rozprawie.

Ocena celu i zakresu badań oraz przedstawionej tezy naukowej

Teza rozprawy – podana w języku angielskim na stronie 34 - została przez Autora zacytowana w języku polskim w podanym przez niego streszczeniu w następującym brzmieniu: *Zmodyfikowane metody przetwarzania obrazu wraz z rozwiązaniami bazującymi na sieciach neuronowych w obszarze systemów wbudowanych znacząco usprawniają ułatwiają zautomatyzowany proces inspekcji portu lotniczego*. Temat ten jest bez wątpienia interesujący naukowo i bardzo ważny z punktu widzenia

potrzeb praktyki. Zaproponowane w rozprawie rozwiązania są zdecydowanie nowatorskie i dobrze dostosowane do potrzeb, jakie sugerują zalecenia Agencji Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA). Omawiając w dalszej części recenzji konkretne rozwiązania zaproponowane i przebadane przez Autora będę wskazywał, jakie metody przetwarzania obrazu są przez niego stosowane oraz jakie modyfikacje w ogólnie znanych metodach zostały wprowadzone w kontekście wymagań wynikających z rozważanego obszaru zastosowań. Przy okazji będę także starał się przeanalizować, dlaczego w pracy przyjęto, że rozważane rozwiązania odwołują się głównie do sieci neuronowych. Zaplanowana przeze mnie analiza prowadzić będzie do końcowego wniosku na temat dysertabilności rozprawy.

Omówienie i ocena zawartości rozprawy

Przejdę teraz kolejno przez wszystkie rozdziały rozprawy, omawiając skrótowo ich treść i wskazując, co uważam za ich istotną wartość naukową.

Rozdział 1 zatytułowany „Wprowadzenie” zaczyna się od rozważań bardzo ogólnych na temat specyfiki potrzeb generowanych przez zadania związane z rosnącą liczbą lotnisk i lotów. Autor słusznie stwierdza, że wzmiankowany wzrost zwiększa ważność zapewnienia na lotniskach bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo musi być zagwarantowane niezależnie od okoliczności, w szczególności niezależnie od pogody. Jednym z czynników służących do zapewnienia bezpieczeństwa jest wideoinspekcja, która obejmuje bezpieczeństwo portu lotniczego jako całości, terminala oraz pasów startowych a także obszarów manewrowych. W prezentowanej rozprawie uwaga skupiona jest zwłaszcza na tych dwóch ostatnich obszarach. Wskazane zostało, że inspekcja musi wykrywać ewentualne śmieci porzucone na drogach kołowania a zwłaszcza na pasach startowych, kontrolować trzeba poziome oznakowanie lotniska, oraz badać jakość oświetlenia. W rozdziale 1 rozprawy wymieniono także różne akty prawne nawiązujące do rozważanych celów, a także wskazano na miejsce ocenianej rozprawy w kontekście różnych projektów badawczych, prowadzonych na Politechnice Poznańskiej.

Następnie wymieniono i scharakteryzowano zagadnienia, które są przedmiotem zainteresowania w rozprawie: wykrywanie śmieci na pasie startowym, kontrola poziomego oznakowania lotniska i oświetlenie obiektów naziemnych na lotnisku.

W podrozdziale 1.2 omówiono cel pracy i tezę naukową, co było już wyżej omówione, a w podrozdziale 1.3 zostały wymienione osiągnięcia Autora (w formie opublikowanych prac) pokrywające podjętą w rozprawie problematykę. Jest tych publikacji dużo, więc widać, że Doktorant

zarysowaną w rozprawie problematyką zajmował się długo i intensywnie. Jedyne czego mi w tym wykazie brakowało, to informacji o tym, jaki udział w powstaniu tych wieloautorskich publikacji miał Pan mgr Jakub Suder. Nie idę w kierunku wytyczonym przez wielu opiniodawców, wymagających podania procentowego udziału poszczególnych autorów, bo to zdecydowanie przesadne wymaganie. Jednak kilka słów komentarza na temat tego, co konkretnie wniósł mgr Suder do tej oto publikacji byłoby wielce pożądane.

Podrozdział 1.4 opisuje strukturę całej dysertacji i jest przydatny do tego, żeby w tym obszernym i dość skomplikowanym tekście swobodnie się poruszać.

Podsumowując omówienie zawartości rozdziału 1 rozprawy stwierdzam, że jest on dobrze napisany i bez wątplenia definiuje zadania, które są potem w dysertacji dyskutowane. Jednak sam ten rozdział jeszcze nowych oryginalnych dokonań naukowych Autora nie przedstawia, więc nie zaliczam go do tych treści, na bazie których będę wnioskował o nadania Panu Magistrowi Suderowi stopnia naukowego doktora, bo stopień taki może być nadany za własny oryginalny wkład naukowy wzbogacający uprawianą dyscyplinę naukową. Tu jeszcze tego nie ma.

Rozdział 2 także owego nowego oryginalnego wkładu nie wnosi. Jest to rozdział bardzo obszerny, opisujący stan wiedzy w obszarach, którymi Doktorant się zajął. Autor wykazuje tu pogłębioną i bardzo aktualną wiedzę na temat zagadnień wchodzących w zakres jego pracy doktorskiej, co jest zresztą jednym z wymagań formułowanych w ustawie o stopniach naukowych określających warunki, jakie musi spełnić osoba, której nadawany jest stopień doktorski. Stwierdzam, że mgr J. Suder warunki te spełnił z dużym nadmiarem. Jednak podobnie jak w przypadku poprzedniego rozdziału – oceniając rozdział 2 nie znajduję w nim nowych, oryginalnych, własnych wyników naukowych Doktoranta, więc do finalnego wniosku o dysertabilność rozprawy ten rozdział także się nie przyczynia.

Oryginalne własne opracowania Doktoranta zaczynają się w rozdziale 3, poświęconym rozważanym przez Autora metodom detekcji śmieci na pasie startowym i drogach kołowania w obrębie lotniska. W podrozdziale 3.1. mgr Jakub Suder przedstawia proponowaną strukturę systemu detekcji śmieci (oznaczanych konsekwentnie jako FOD). Struktura jest dość oczywista, ale z pewnością jest w stanie poprawnie działać. W podrozdziale 3.2. opisana jest zawartość zbioru FOD-A zaczerpniętego z pozycji literatury [160], opisany jest własny zbiór danych określony jako *PUT dataset of FOD* wraz z dokładnym opisem jego tworzenia (zgrupowano 1480 dobrej jakości zdjęć), zaproponowano (w podrozdziale 3.3.) metodę przetwarzania obrazów dla detekcji FOD. Rozważano metodę opartą na algorytmie k-średnich, a w podrozdziale 3.4. – metodę wykorzystującą konwolucyjne sieci

neuronowe, a w szczególności sieci identyfikacji obiektów określone jako YOLOv3 i YOLOv5, a także GoogLeNet. Rozdział ten jako zawierający wyniki własnych koncepcji naukowych Doktoranta zdecydowanie zaliczam do składników osiągnięcia naukowego będącego podstawą do wnioskowania o nadanie Kandydatowi stopnia naukowego doktora. Jest to pierwszy, ale nie jedyny składnik.

Oryginalne wyniki naukowe zawiera także rozdział 4. w którym przedmiotem analizy i oceny są poziome oznakowania na lotnisku (linie i lampy). W rozdziale tym opisany jest system wizyjnego pozyskiwania informacji złożony z kamery o dużej rozdzielczości i z komputera jednopłytkowego, który dostarcza wymaganych informacji. Narzędzie to posłużyło do stworzenia zbioru danych wideo opisanego jako PLAVS1 o objętości ponad 98 GB. Najwartościowszą częścią ocenianego tu rozdziału rozprawy jest podrozdział 4.2. zawierający propozycję rozwiązania przeznaczonego do detekcji analizowanych elementów poziomego oznakowania na płycie lotniska. Najpierw w pod-podrozdziale 4.2.1. przewidziano użycie odpowiednio skonfigurowanych standardowych algorytmów. Schemat przyjętej metody postępowania przedstawiony na rysunku 4.5. jest zdecydowanie dobrze zdefiniowany. Przyjęte macierze konwolucji są typowe, ale dobrze dobrane. Użycie transformaty Hougha też jest zabiegiem dość typowym, ale w kontekście rozwiązywanych zadań trafnie wybranym. W sumie więc pod-podrozdział 4.2.1. jest dobrym punktem odniesienia do dyskusji oryginalnych ulepszeń i innych rozwiązań wprowadzonych przez Autora w pod-podrozdziale 4.2.2. W szczególności odnotowuję, że wprowadzenie przestrzeni kolorów HSV było rozwiązaniem ciekawym i oryginalnym.

Bardzo ważnym z punktu widzenia całej rozprawy jest podrozdział 4.3. opisujący przeprowadzone przez mgra Sudera eksperymenty. Badane były trzy algorytmy przy użyciu obrazów o sześciu różnych rozdzielczościach. Wyniki są interesujące naukowo i przydatne z punktu widzenia praktyki.

W podrozdziale 4.4. przeprowadzono badania wydajności przetwarzania potrzebnych obliczeń przy użyciu komputera jednopłytkowego. Wzięto pod uwagę wiele możliwych rozwiązań koncentrując uwagę głównie na rodzinie komputerów NVIDIA Jetson. Rozważono na początku (w pod-podrozdziale 4.4.1) sprawę poboru energii w badanych rozwiązaniach i porównano ich efektywność energetyczną (w pod-podrozdziale 4.4.2.) posługując się także metodą DVFS (w pod-podrozdziale 4.4.3.).

Generalnie moja ocena zawartości rozdziału 4. jest pozytywna, a nagromadzony w tym rozdziale dorobek badawczy mgra Sudera także zapisuję jako składnik jego wartościowego wkładu do nauki światowej, więc z całą pewnością przyjmuję to jako kolejny argument za nadaniem mu stopnia naukowego doktora.

Piąty rozdział rozprawy poświęcony jest klasyfikacji lamp zagłębionych należących do oświetlenia nawigacyjnego płaszczyzn lotniskowych. Koncepcja klasyfikatora przedstawiona jest w podrozdziale

5.1. Czynnościami, które tworzony system musi wykonać jest wykrycie lampy i ocena zużycia jej pryzmatu. W pod-podrozdziale 5.2.1. opisano tworzenie zbioru danych dotyczących rozważanych lamp. Najpierw mgr Suder (ze współpracownikami) sporządził zbiór danych zawierający 316 obrazów lamp, potem jednak rozszerzył go do 540 zdjęć. Przykładowe obrazy przytoczone w rozprawie pokazują, że rozważane lampy mają zróżnicowany wygląd – inne są dla linii centralnej dróg dojazdowych, inne dla pasa startowego i inne dla obszaru przyziemienia lądujących samolotów. Zebrane obrazy zostały uporządkowane w postaci opracowanej przez autora bazy danych PLAVS2.

W pod-podrozdziale 5.1.2 opisano zaproponowany przez Autora algorytm wykrywania lamp, określania ich orientacji i lokalizacji pryzmatów. Pozytywnie oceniam pomysł zastosowania do tego celu kołowej transformaty Hougha (CHT) i ogólnie pozytywnie oceniam cały zaproponowany algorytm (Rys. 5.7), a w szczególności jego dostosowanie do automatycznego wykrywania obszaru zainteresowania (ROI).

W pod-podrozdziale 5.1.3. opisano stworzony przez mgra Sudera zbiór danych obejmujący 284 obrazy pryzmatów. Przyjęto, że ocena stanu pryzmatów pozwala na zaliczenie ich do jednej z trzech klas. Zaproponowany przez Doktoranta system do oceny jakości pryzmatów oparty na zastosowaniu sieci neuronowej typu GoogLeNet opisano w pod-podrozdziale 5.1.4. Zapewniał on stosunkowo dużą dokładność (ponad 88%).

Kolejnym zagadnieniem podjętym przez Autora była ocena chromatyczności barwy światła emitowanej przez rozważany zanurzony w gruncie punkt świetlny i porównanie jej z obowiązującymi normami międzynarodowymi. Koncepcja systemu pomiaru chromatyczności barwy światła opisana została wstępnie w pod-podrozdziale 5.2.1. Charakterystyki chromatyczności źródeł światła umieszczonych w gruncie w różnych miejscach portu lotniczego opisano w pod-podrozdziale 5.2.2. Dla oceny stanu źródeł światła aktualnie używanych na lotnisku zastosowano sensory opisane w pod-podrozdziale 5.2.3. Ich użycie opisano obszernie i bardzo kompetentnie w pod-podrozdziale 5.2.4. Na bazie opisanych wyżej rozważań w pod-podrozdziale 5.2.5. mgr Suder przedstawił kompletną propozycję systemu od automatycznego pomiaru chromatyczności świateł nawigacyjnych w całym porcie lotniczym. Użyty sensor TCS3439 dostarczał informacji w układzie współrzędnych XYZ, ale informacje te były normalizowane i transformowane do przestrzeni CIE 1931. Opracowany system zdecydowanie może wspierać służby lotniskowe w codziennej kontroli płaszczyzn manewrowych.

W całości rozdział 5. w pełni aprobuję i dodaję jego zawartość do zbioru oryginalnych własnych osiągnięć mgra Jakuba Sudera, będących podstawą do wnioskowania dla niego stopnia naukowego doktora.

Opiniowaną rozprawę zamyka rozdział 6. zatytułowany „Wnioski”. Autor bardzo rzeczowo i konkretnie podsumowuje w nim wszystko, czego dokonał w trakcie swoich badań, a ja potwierdzam, że istotnie te osiągnięcia w rozprawie zostały dokonane. Na uznanie zasługuje fakt, że wszystkie prace (gromadzenie potrzebnych baz danych, tworzenie algorytmów, testowanie proponowanych rozwiązań itp.) były wykonywane przy dobrej współpracy z portem lotniczym Poznań-Ławica. Zawartość ocenianego szóstego rozdziału pracy dopisuję więc do argumentów przemawiających za nadaniem magistrowi Suderowi stopnia naukowego doktora.

Uwagi dyskusyjne

Moja ocena dokonań autora oraz sposobu ich opisania w rozprawie jest – jak stwierdziłem wyżej – zdecydowanie pozytywna. Mam jednak dwa pytania merytoryczne, na które chciałbym otrzymać odpowiedź w trakcie obrony.

Pytanie pierwsze dotyczy mocnego akcentowania w tezie rozprawy faktu, że tworzone rozwiązania oparte są na systemach wbudowanych (w oryginale „*within the domain of embedded systems*”). Moim zdaniem to nic nie wnosi do naukowej strony rozprawy. Owszem, w ramach implementacji i użytkowania rozwiązań powstających w następstwie badań ma to pewne znaczenie, ale na czym – zdaniem Doktoranta - polega **naukowa** wartość takiego właśnie rozwiązania?

Drugie pytanie dotyczy celowości umieszczania w pracy doktorskiej aż tak obszernego omówienia literatury. Rozumiem, że doktorat powinien zawierać elementy wskazujące na to, że Autor posiada wiedzę na temat tego, co zostało już zrobione w podejmowanej tematyce. Nawet Ustawa zawiera takie wymaganie. Ale zwykle do wykazania orientacji w temacie w rozprawach doktorskich wystarcza odpowiedni fragment we wstępie albo specjalny rozdział mający objętość od 4 do 10 stron. Tymczasem w opiniowanej tu rozprawie stan wiedzy (czyli informacja o tym, co zrobili **inni autorzy**) opisany został aż na 65 stronach. Jaka motywacja kierowała Doktorantem, że poświęcił temu blisko 34% objętości rozprawy?

Mam także drobne zastrzeżenia do sposobu podziału treści rozprawy na odpowiednio numerowane elementy. W rozdziale 1 wyodrębniono najpierw podrozdział numerowany jako 1.1, potem na 9 stronach przedstawiono omówieni obszaru badawczego, a potem wprowadzono (na stronicy 21) pod-podrozdział o numerze 1.1.1. Według mnie zawartość stron 13 – 21 powinna być także objęta tytułem i numerem pod-podrozdziału na przykład o tytule „General discussion” i numerze 1.1.1, zaś pod-podrozdział „Foreign Object Debris” powinien mieć numer 1.1.2.

Podobnie „osierocony tekst” występuje na początku rozdziału 4. Rozdział zaczyna się na stronie 124 i zawiera na początku tekst (z rysunkami) pozbawiony jakiegokolwiek podtytułu, który ciągnie się aż do strony 126 na której zasygnalizowany jest początek podrozdziału 4.1.

Również w podrozdziale 4.4. zaczynającym się na stronie 144 pierwszych kilka stron nie ma swojego identyfikatora w postaci pod-podrozdziału, zaś na stronie 146 pojawia się nagłówek pod-podrozdziału 4.4.1. Moim zdaniem ten pod-podrozdział powinien mieć numer 4.4.2. zaś numer 4.4.1. powinien mieć pod-podrozdział wprowadzający do tematyki podrozdziału 4.4.

Oczywiście są to sprawy o trzeciorzędnym znaczeniu, ale w tej bardzo starannie redakcyjnie dopracowanej rozprawie taka niekonsekwencja trochę razi.

Praca jest generalnie bardzo dobrze dopracowana pod względem edytorskim, ale zdarzają się ilustracje na których naniesione opisy są mało czytelne – na przykład rysunek 3.10 na stronie 117.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska mimo wspomnianych wyżej drobnych usterek zdecydowanie spełnia ustawowe i zwyczajowe warunki stawiane rozprawom doktorskim, dlatego wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej, dopuszczenie Autora, mgr inż. Jakuba Sudera do obrony doktorskiej, a po jej poprawnym (w co wierzę) przebiegu – będę głosował za nadaniem Kandydatowi stopnia naukowego doktora.

