

Warszawa, 28 kwietnia 2023

prof. dr hab. inż. Roman Szewczyk
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP
Al. Jerozolimskie 202, 02-486 Warszawa
email: roman.szewczyk@piap.lukasiewicz.gov.pl, tel. 609 46 47 41

Recenzja pracy doktorskiej pt.:

„Statystyczne podejście do weryfikacji i walidacji systemów sterowania
w pojazdach autonomicznych”

Autor: mgr Paweł Kowalczyk

Promotor: prof. dr hab. inż. Jacek Izydorczyk

Opiekun przemysłowy: dr inż. Marcin Szelest

prowadzonej w Katedrze Automatyki i Robotyki na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Biuro Rady Dyscypliny
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
wpłynęło dnia 05.05.2023
nr 14 zat.

1. Wstęp

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. Pawła Kowalczyka została wykonana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, Pani dr hab. inż. Moniki Kwoki, prof. PŚ.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy, ocena tematu i celu pracy

Przedstawiona praca doktorska jednoznacznie wpisuje się w obszar dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Obejmuje ona zagadnienia z zakresu automatyki, wraz z elementami z obszaru informatyki oraz metrologii.

Tematyka pracy związana jest z rozwojem systemów wizyjnych, w szczególności układami przetwarzania i analizy obrazu na potrzeby sterowania pojazdami autonomicznymi. Z tego względu temat pracy należy uznać za niezwykle aktualny i ważny, przede wszystkim z punktu widzenia badań stosowanych. Ponadto temat podjęty w rozprawie doktorskiej bezpośrednio wiąże się z polityką dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020 (Załącznik do uchwały nr 196 Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2020 r.) oraz z szeroko rozumianą strategią rozwoju sztucznej inteligencji w Unii Europejskiej.

Równocześnie tematyka podejmowana w rozprawie doktorskiej jest przedmiotem intensywnych badań i prac rozwojowych prowadzonych przez wiodące ośrodki badawcze na świecie. Potwierdza to aktualność tematyki podjętej w pracy, równocześnie podnosząc jej poziom trudności, związany z intensywnym rozwojem w obszarze zrealizowanych badań.

Wobec powyższego stwierdzam, że tematyka pracy doktorskiej jest ambitna i aktualna, a elementy nowości wynikające ze zrealizowanych prac badawczych i rozwojowych potwierdzają wysoki poziom rozprawy doktorskiej.

3. Merytoryczna ocena pracy

W pracy wprost przedstawiono 3 tezy naukowe, co świadczy o konserwatywnym podejściu zarówno Doktoranta jak i Promotora do struktury pracy doktorskiej w obszarze nauk inżynieryjno-technicznych. Praca składa się z siedmiu rozdziałów, których struktura jest klarowna i logiczna.

W rozdziale pierwszym pracy Doktorant przedstawił trzy tezy pracy związane z zaproponowaną nową metodą oceny jakości algorytmów automatycznej detekcji, propozycją uzupełnienia metody testowania hipotez statystycznych oraz metodą analizy zajętości obszarów znajdujących się w zasięgu sensorów pojazdu autonomicznego. Należy podkreślić, że zaproponowane tezy są nietrywialne i bardzo dobrze oddają zakres merytoryczny rozprawy doktorskiej. Ponieważ prawidłowe zaproponowanie tez rozprawy doktorskiej w obszarze nauk inżynieryjno-technicznych jest zadaniem trudnym, sprostanie temu wyzwaniu przez Doktoranta świadczy od dużej dojrzałości naukowej i staranności w przygotowaniu pracy.

W rozdziale drugim Doktorant dokonał przeglądu stanu wiedzy w obszarze związanym z rozprawą doktorską. Przegląd jest dość szeroki i obejmuje cały układ akwizycji, przetwarzania i analizy danych wizyjnych w pojeździe autonomicznym. Na podkreślenie zasługuje fakt uwzględnienia w przeglądzie nieoczywistych problemów związanych np. z przechowywaniem danych niezbędnych do późniejszej, wielokrotnie powtarzanej walidacji algorytmów. W przeglądzie zabrakło jednak jasnego wyspecyfikowania i omówienia samych metod detekcji obiektów. Brak ten jest szczególnie dotkliwy biorąc pod uwagę fakt, że Doktorant w dalszej części pracy wykorzystuje np. algorytm klastrowania K-średnich. Z tego względu uprzejmie proszę, aby Doktorant w trakcie obrony omówił najważniejsze metody klasyfikacji obiektów.

Pomimo wskazanego uchybienia w przeglądzie stanu wiedzy stwierdzam, że jest on wnikliwy, szeroki i odnosi się do najnowszego stanu wiedzy naukowej i technicznej, a także potwierdza szeroką wiedzę Doktoranta w obszarze ocenianej rozprawy doktorskiej.

W rozdziale trzecim Doktorant przedstawił stan wiedzy związany z opisanymi do tej pory metodami oceny jakości detekcji, w szczególności omówił zagadnienia związane z powszechnie stosowanym indeksem Jaccarda. Omówił także problemy wyboru reprezentatywnego zbioru danych, problemy analizy trajektorii obiektów ruchomych oraz



metryki operujące na wielowymiarowych danych. Rozdział ten jest kompletny i nie budzi zastrzeżeń.

W rozdziale czwartym rozprawy doktorskiej zaproponowano nową miarę podobieństwa prostokątnych regionów rozpoznania wykorzystującą średnią harmoniczną miar podobieństwa pola, podobieństwa kształtu i podobieństwa pozycji. Zaproponowana miara ma oryginalny charakter i wiąże się bezpośrednio z dowodem pierwszej z tez rozprawy doktorskiej. Zastosowanie średniej harmoniczej umożliwia lepsze uwzględnienie oczekiwań o charakterze funkcjonalnym formułowanych w stosunku do algorytmu detekcji. Wobec tego zaproponowane rozwiązanie jest niewątpliwie użyteczne z aplikacyjnego punktu widzenia. Jednak w trakcie lektury rozdziału trzeciego nasuwają się dwie pytania: (1) Czy średnia harmoniczna nie powinna być równocześnie średnią ważoną? W takiej sytuacji wagi poszczególnych składowych średniej harmoniczej umożliwiłyby jeszcze lepsze odwzorowanie oczekiwań praktycznych, związanych z zastosowaniem testowanego algorytmu detekcji. (2) Czy zaproponowana miara może być uogólniona w odniesieniu do detekcji obiektów trójwymiarowych, a jeśli tak, to w jaki sposób? Uprzejmie proszę, aby Doktorant odpowiedział na te uwagi w trakcie obrony.

Część rozdziału czwartego związana z analizą danych w czasie zawiera niezwykle wartościową propozycję, aby jakość detekcji obiektów powiązać z czasem, który upływa pomiędzy pojawieniem się obiektu w polu widzenia układu wizyjnego, a jego skuteczną detekcją. Implementacja zaproponowanego rozwiązania umożliwi poprawę jakości pracy układów detekcyjnych z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji pojazdów autonomicznych.

W rozdziale piątym omówiono wyniki zrealizowanych w pracy doktorskiej badania eksperymentalne związane z automatyczną analizą sztucznie degradowanych obrazów i wpływem tej degradacji, na jakość detekcji obiektów. Do oceny jakości detekcji wykorzystano między innymi miarę zaproponowaną w poprzednim rozdziale. Analiza wyników badań jest szczegółowa i obejmuje zastosowanie adekwatnych narzędzi analizy statystycznej.

W rozdziale szóstym omówiono zagadnienia rekonstrukcji trajektorii obiektów i analizy oraz porównania scenariuszy testowych. Rozdział ten ma charakter aplikacyjny i może stanowić wytyczne dla praktyków implementujących i weryfikujących w praktyce z wykorzystaniem scenariuszy testowych rozwiązania detekcji obiektów w pojazdach autonomicznych.

Rozdział siódmy stanowi podsumowanie pracy. Nie budzi ono zastrzeżeń merytorycznych. Jednak należy zauważyć, że Doktorant nie wskazał w pracy wprost potwierdzenia lub obalenia tez rozprawy doktorskiej. Oczywiście, zaproponowane rozwiązania i wyniki testów przedstawione w rozprawie pozwalają na uznanie, że tezy zostały udowodnione. Jednak, dla podkreślenia wysokiej jakości wyników rozprawy doktorskiej uprzejmie proszę aby Doktorant, w trakcie obrony wprost wskazał, które elementy rozprawy potwierdzają podane na początku tezy.

Należy podkreślić, że przedstawione w recenzji uwagi mają charakter uzupełniający. Nie zmieniają one mojej wysokiej oceny wartości merytorycznej przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej.

4. Ocena redakcyjnej strony rozprawy

Praca przygotowana jest starannie, z dużą dbałością o jakość edycyjną. Jednak Doktorant nie ustrzegł się uchybień językowych i redakcyjnych, które nie obniżają jakości naukowej pracy, lecz utrudniają jej lekturę.

W szczególności Doktorant błędnie używa w pracy terminu „metodologia”. Metodologia to nauka o metodach badań naukowych, zaś praca odnosi się do zaproponowanej metodyki, czyli zbiór metod służących określönemu celowi.

Z edycyjnego punktu widzenia warto także zauważyć, że zamieszczone w wydrukowanej wersji pracy rysunki 5.14-5.16 oraz 5.18 i 5.19 są nieczytelne ze względu na zbyt małą czcionkę.

Pomimo wskazanych powyżej uchybień redakcyjnych, należy podkreślić, że Doktorant w sposób ścisły i jasny operuje w pracy przyjętą terminologią naukową i nazewnictwem fachowym. Jest to bardzo ważne w odniesieniu do prac w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych, zwłaszcza w przypadku prac o charakterze aplikacyjnym. W mojej opinii świadczy to o dojrzałości naukowej i doświadczeniu praktycznym Doktoranta.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując szczegółową część opinii o rozprawie Pana mgr. Pawła Kowalczyka stwierdzam, że:

- Zagadnienie naukowe podjęte przez Doktoranta mieści się w obszarze dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne oraz zostało wybrane i sformułowane prawidłowo.
- Cel pracy został przez Doktoranta osiągnięty. Realizacja założonych celów pracy doktorskiej stanowi zestaw oryginalnych rozwiązań problemu naukowego w zakresie dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.
- Realizując pracę Doktorant wykazał się samodzielnością, wiedzą o charakterze specjalistycznym oraz umiejętnością organizowania badań doświadczalnych w zakresie oceny jakości algorytmów detekcji obiektów.
- Wyniki prac opisanych w rozprawie doktorskiej poszerzają stan wiedzy w zakresie metod automatycznej detekcji obiektów i stanowią ważny element rozwoju kluczowego w chwili obecnej obszaru techniki.



- Wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej zastały opublikowane między innymi w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym Electronics (100 pkt. na liście Ministra Edukacji i Nauki, czasopismo indeksowane w bazie Web of Science, IF = 2.69). Potwierdza to w sposób obiektywny wysoką jakość naukową rozprawy doktorskiej.

Stwierdzam, że przedłożona do zaopiniowania rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Pawła Kowalczyka spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określonym w artykułach 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2018 poz. 1668 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Roman Szewczyk