

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

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 Izydoreczyk

Opiekun przemysłowy: dr inż. Marcin Szelest

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

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

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 inżynierijno-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 inżynierijno-technicznych jest zadaniem trudnym, sprostanie temu wyzwaniu przez Doktoranta świadczy o dużej dojrzałości naukowej i staranności w przygotowaniu pracy.

W rozdziale drugim Doktorant dokonał przeglądu stanu wiedzy w obszarze związanym z rozprawą dokorską. 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 harmonicznnej 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 harmonicznnej 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 określonemu 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 inżynieryjno-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 zostały 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 art. 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.

