

Prof. dr hab. inż. Robert Koprowski
Instytut Inżynierii Biomedycznej
Uniwersytet Śląski
ul. Będzińska 39
41-200 Sosnowiec

Sosnowiec 14.11.2023 r.

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEEiTK

Wpłynęło dnia 28. 11. 2023.....

Zarejestrowano pod nr

Podpis 

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Daniela Dworaka

w związku z postępowaniem w sprawie nadania w/w stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Niniejsza ocena została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie dr hab. inż. Ryszarda Sroki prof. AGH z dnia 27.10.2023 r.

1. Znaczenie podjętej tematyki

Analiza i przetwarzanie danych w szczególności obrazów wykonywanych w świetle widzialnym jest obecnie jedną z najszybciej rozwijających się kierunków nauki. Niemal w każdej dziedzinie życia analiza i przetwarzanie obrazów wsparte metodami sztucznej inteligencji pozwala na uzyskiwanie nowych informacji. Informacje te mają bardzo szeroki zakres, dotyczą np. położenia, lokalizacji poszczególnych obiektów na scenie czy częstotliwości ich występowania. W tym zakresie mieści się też rozpoznawanie charakterystycznych obiektów na scenie w widzeniu maszynowym pochodzącym z pojazdów uczestniczących w ruchu miejskim. Podjęta tematyka przez Doktoranta jest więc ważna i aktualna nie tylko z technicznego punktu widzenia ale też z innych dziedzin i dyscyplin nauki w których istotna i jedyna z możliwych jest analiza obiektów na obrazach wykonywanych w świetle widzialnym lub też analiza danych z innych urządzeń pozwalających na lokalizację obiektów w przestrzeni.

2. Struktura rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Daniela Dworaka, pt. „Niskopoziomowa fuzja danych sensorycznych do detekcji obiektów w systemie percepcji pojazdu autonomicznego bazująca na technikach uczenia maszynowego” (ang. "Low-level sensor data fusion for Object Detection in an Autonomous Vehicle perception system based on a Machine Learning approach") składa się ze 135 stron podzielonych na 10 rozdziałów, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz literaturę. Praca została napisana w języku angielskim pod kierunkiem naukowym dr hab. inż. Jerzego Baranowskiego, prof. AGH oraz promotora pomocniczego dr inż. Mateusza Komorkiewicza. Struktura rozprawy jest prawidłowa.

Autor, zaraz po streszczeniu w języku polskim i angielskim oraz spisie użytych skrótów przedstawia pierwszy rozdział, który został poświęcony uzasadnieniu wyboru tematyki oraz tezie i celowi pracy. W rozdziale tym znajduje się też bardzo pomocny opis organizacji pracy.

Drugi rozdział to szczegółowy opis systemów czujników umieszczanych na pojazdach samochodowych takich jak LiDAR, Radar czy innych systemów skanujących drogę i obiekty. W rozdziale tym Autor przedstawia też podstawowe ograniczenia systemów obrazowania takie jak rozdzielczość przestrzenna czy zniekształcenia obrazu.

W rozdziale trzecim omówiono modele DL stosowane w systemach percepcyjnych. Rozdział ten jest wprowadzeniem do projektowania architektury systemów z wykorzystaniem modeli jednoczujnikowych. W rozdziale tym przedstawiono również szczegółowy opis rozwiązań kamer SOTA, LiDAR i Radar. Na szczególne podkreślenie zasługuje fig. 3.5 przedstawiający w sposób bardzo czytelny rozkład publikacji w zależności od typu stosowanej architektury w niej opisywanej.

Czwarty rozdział dotyczy przeglądu metod oceny zastosowanych do oceny wydajności modelu percepcji. W rozdziale tym Autor opisuje proces kojarzenia etykiet z przewidywaniami oraz wprowadza metryki stosowane do oceny wydajności zaproponowanych modeli.

W rozdziale piątym Autor opisuje proponowaną architekturę fuzji CDSM dla percepcji AV. Dotyczy to etapów wstępnego przetwarzania danych, procesu ekstrakowania cech z czujnika a także wyjaśnienie proponowanego rozwiązania metody fuzji, które łączą wyodrębnione funkcje.

Rozdział szósty to przede wszystkim opis zbiorów wykorzystywanych danych. Zostały przedstawione dwa zestawy danych w tym otwartego dostępu oraz szczegółowe informacje dotyczące konfiguracji sprzętu, próbek danych i ich etykiet.

W rozdziale siódmym przedstawiono wyniki eksperymentów dotyczących różnych architektur modeli. Autor opisuje etapy uczenia dla LiDAR i Radar oraz otrzymane wyniki. Natomiast rozdział ósmy koncentruje się na eksperymentach z wykorzystaniem modeli w architekturze CDSM.

Rozdział dziewiąty dotyczy omówienia adaptacyjnej techniki Grad-CAM dla architektur wielkoskalowych. Uzyskane wyniki opisano w odniesieniu do określenia cech podczas fuzji opartej na CDSM.

Dziesiąty rozdział został poświęcony podsumowaniu otrzymanych rezultatów oraz wnioskowi końcowym.

Rozprawę kończy bibliografia zawierająca 156 pozycje oraz wymienione już wcześniej publikacje na str. 4. Dodatkowo Autor zawarł informacje o Jego wkładzie w poszczególne opracowywane zagadnienia w podrozdziale 1.3 Contribution.

3. Cel pracy i teza rozprawy

Teza rozprawy została przedstawiona przez Autora w pierwszym rozdziale (podrozdział 1.2, str. 3), w ramach której przyjęto „investigate and verify the effectiveness of a Low-Level Fusion that utilizes an automotive sensor suite to perform Object Detection task in an Autonomous Vehicle perception system.". Autor w tym zakresie podał też jej uzasadnienie oraz przyjęte ograniczenia. W dalszej części pracy Autor doprecyzowuje tezę jako „establishing the potential advantages of low-level sensor data fusion in improving perception accuracy, reducing uncertainty, and enabling a more comprehensive understanding of the environment over single-sensor solutions”. Należy tutaj zwrócić uwagę, że niemal każdym przypadkiem występujących w różnych dziedzinach życia fuzja danych pochodzących z różnych czujników mierzących różne modalności i pracujących w różnych zakresach spowoduje poprawę jakości danych. Niezrozumiałe jest tutaj stwierdzenie „a more comprehensive understanding”, które jest określeniem jakościowym a nie ilościowym. Pomimo tej drobnej nieścisłości teza pracy została prawidłowo postawiona, natomiast cel główny, zrealizowany.

Zarówno teza pracy, jak też cele pracy, odpowiadają zakresowi i tematyce rozprawy oraz określają zakres przeprowadzonych badań.

4. Metodyka badań

Przedstawiona przez Autora metodyka badań jest prawidłowa. Autor nie tylko zastosował różne modalności czujników ale też wskazał w sposób poprawny metodykę ich połączenia (fuzji). Przedstawiona metodyka badań została podzielona na poszczególne typy czujników szczegółowo opisane w rozdziale szóstym. Każdy z otrzymanych rezultatów został w sposób poprawny opisany z podaniem przykładowego obrazu co dla zgrubnej oceny przez czytelnika problemów i zakresu działania jest niezwykle cenne. W szczególności są to rysunki 6.1, 6.3, 7.2 czy 7.3. Przeprowadzono też poprawnie badania związane z połączeniem różnych konfiguracji czujników np. kamery i LiDAR'u czy kamery i Radaru. Odniesienie się przy poszczególnych modalnościach do obrazów rzeczywistych pozwala na praktyczną weryfikację zaproponowanych algorytmów. Jedyny brak w tym zakresie jest odczuwalny dla pierwszej weryfikacji skuteczności działania poszczególnych metod, która nie została przeprowadzona dla obiektów modelowych dla których znane jest ich położenie czy ich wielkość. Pozwoliłoby to na ocenę skuteczności metody/metod dla różnych typów oświetlenia czy ułożeń obiektów na scenie. Opracowana przez Autora metodyka oraz wyniki zostały opublikowane w 5 pracach oraz 4 patentach otrzymanych w latach 2021 oraz 2022. Stanowi to prawidłowy kierunek prowadzonych prac dla których po otrzymaniu zadowalającego wyniku metoda i system jest chroniona od strony praw własności intelektualnej.

Niezależnie od bogato ilustrowanej rozprawy doktorskiej z poprawnie zaproponowaną i zrealizowaną autorską metodą wykrywania obiektów w przedstawionej rozprawie dostrzegłem kilka drobnych usterek merytorycznych. Nie wpływają one na moją pozytywną ocenę pracy, jednakże chciałbym, aby mgr inż. Daniel Dworak się do nich odniósł podczas publicznej obrony:

1. Jaka jest wrażliwość prezentowanych metod na obrót obrazu/obiektu o niewielki kąt?
2. Jaka jest zależność między powierzchnią przysłoniętego obiektu a dokładnością jego rozpoznania? Przykładowo jeżeli przed rozpoznaniem pojazdem znajduje się jeszcze jeden pojazd to procentowo na ile musi być widoczny (np. przez system kamery i LiDAR) by był prawidłowo rozpoznany?

3. W jaki sposób na opracowane metody wpływają parametry akwizycji danych. Przykładowo w jaki sposób wpływa rozdzielczość obrazu wykonywanego w świetle widzialnym i/lub Radaru na otrzymywane wyniki?
4. Jakie są kolejne etapy przetwarzania obrazu/obrazów z fig 9.2 (str. 116) metoda Grad-CAM? W jaki sposób jest otrzymywana precyzyjnie lokalizacja obiektu?
5. Jaką metodę zastosował Autor do zwiększenia rozdzielczości obrazu z 80×80 pikseli do 160×160 pikseli (fig. 9.3)?
6. Jaka jest złożoność obliczeniowa zaproponowanych algorytmów?
7. Czy znane są Doktorantowi jakieś szczególne obiekty, inne niż pojazdy uczestniczące w ruchu miejskim, w stosunku do których istnieje duża szansa na zakwalifikowanie ich (niezgodnie z prawdą) jako pojazdów?

Wskazane przeze mnie usterki merytoryczne i drobne błędy redakcyjne mają charakter polemiczny i przede wszystkim powinny pomóc Autorowi w dalszym rozwoju naukowym. Podsumowując, praca stanowi cenny wkład w zakres rozpoznawania obiektów przez pojazdy autonomiczne pochodzące z różnych urządzeń akwizycji a przyjęta metodyka badań jest poprawna.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że Pan mgr inż. Daniel Dworak wykazał się dużą wiedzą z zakresu analizy i przetwarzania sygnałów cyfrowych, a także opanowaniem i sprawnym posługiwaniem się warsztatem badawczym. Rozprawa doktorska mgr inż. Daniela Dworaka pt. "Low-level sensor data fusion for Object Detection in an Autonomous Vehicle perception system based on a Machine Learning approach" jest oryginalnym, interesująco przedstawionym, uzasadnionym i twórczym wkładem w dyscyplinę automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Niniejsza rozprawa doktorska zawiera poprawnie sformułowany i rozwiązany problem badawczy oraz posiada bardzo duży aspekt praktyczny, stanowi zatem oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Zgodnie z powyższym stwierdzam, że mgr inż. Daniel Dworak spełnia wymogi formalne o których mowa w aktualnej ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora. W związku z powyższym

wniosuję o dopuszczenie mgr inż. Daniela Dworaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

