

Dr hab. inż. Tomasz Buratowski, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Robotyki i Mechatroniki
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 20-12-2022 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Markiewicza

pt. „Badanie i rozwój metod oceny siatek zajętości otoczenia do zastosowania w systemach percepcji samochodowej”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Roman Starosolski

Opiekun przemysłowy: dr hab. inż. Paweł Skruch

1. Wybór tematu, cel i zakres pracy

Recenzowana praca została napisana w języku angielskim i obejmuje zagadnienia związane z badaniem rozwiązań percepcji maszynowej do wykorzystania w pojazdach autonomicznych oraz samochodowych systemach bezpieczeństwa. Opracowywane i badane rozwiązania opierają się o metody generacji siatek zajętości poprzez fuzję danych pochodzących z wielu różnych czujników rozlokowanych w różnych miejscach pojazdu. W pracy wykonany został przegląd istniejących metod fuzji danych i szczegółowo opisany sposób modelowania odwrotnego sensorów. Zaproponowany został nowy proces ewaluacji istniejących metod. Proces ewaluacji zaproponowany w ramach pracy ma na celu pozyskanie wskaźników jakości działania wybranych metod fuzji danych. Proces ten oparty został o komercyjne narzędzie do symulacji scenariuszy drogowych, które zostało w ramach prac rozbudowane o narzędzia do generacji symulowanych danych sensorycznych oraz danych kontrolnych. Zaprezentowane zostały także nowe architektury zakładające łączenie znanych metod fuzji. W ramach pracy wykonana została także analiza eksperymentalna w oparciu o rzeczywiste dane pozyskane z czujników umieszczonych na samochodzie. Dane pozyskane z eksperymentów w rzeczywistym środowisku przetwarzane były na stanowisku Hardware in The Loop (HIL). Dla wybranych metod została przeprowadzona ocena czasu wykonania algorytmów na platformie prototypowej.

Praca ma charakter badawczo-naukowy, zawiera eksperymentalne rozwiązanie tezy badawczej, dotyczącej metod oceny algorytmów wykorzystywanych w technikach SLAM

(Simultaneous Localization and Mapping). Treść rozprawy ze względu na swój charakter obejmuje szereg zagadnień wyczerpujących znamiona interdyscyplinarnej na pograniczu takich dziedzin nauki jak: Informatyka techniczna i Telekomunikacja oraz Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie kosmiczne.

Niniejsza praca składa się z 5 rozdziałów, obejmujących koncepcję i dobór metod badawczych, planowanie i organizację eksperymentu, przedstawienie uzyskanych wyników, ich dyskusję oraz sformułowanie wniosków.

W pierwszym rozdziale pracy autor scharakteryzował problem naukowy, określona również została motywacja podjęcia próby jego rozwiązania. W rozdziale tym postawiona została również teza pracy oraz wkład do aktualnego stanu nauki.

W drugim rozdziale znajdujemy przegląd istniejących systemów oraz metod wykorzystywanych przez pojazdy autonomiczne do lokalizacji oraz analizy sceny, czyli środowiska, w którym poruszają się tego typu urządzenia. W rozdziale tym przedstawiono również rodzaje czujników stosowane do pozyskania danych niezbędnych do wspierania systemów półautonomicznych oraz autonomicznych dla mobilnych.

W rozdziale trzecim opisane zostały prace obejmujące oryginalny wkład autora w dziedzinę nauki. Zaproponowano autorską metodę oceny algorytmu przetwarzania danych związanych z czujnikami stosowanymi do analizy sceny. Należy podkreślić, iż zaproponowana metoda została zabezpieczona prawnie za pomocą uzyskanego patentu FR3097972B1.

Rozdział czwarty to dokładne przedstawienie wyników eksperymentów przeprowadzonych w środowisku wirtualnym oraz w środowisku rzeczywistym z wykorzystaniem odpowiedniej platformy mobilnej wraz z niezbędną aparaturą badawczo-pomiarową. Przedstawione wyniki eksperymentalne dają możliwość oceny jakościowej użytych metod obliczeniowych, co pozwala stwierdzić, iż postawiona teza pracy została udowodniona.

Piąty rozdział stanowi podsumowanie zagadnień przedstawionych w recenzowanej pracy. Autor szczegółowo przedstawił osiągnięcia uzyskane podczas prac nad metodami oceny siatek zajętości otoczenia dla przyszłego wykorzystania w pojazdach autonomicznych lub podsystemach wspomagających kierowcę w procesie decyzyjnym. Bezpośrednio po rozdziale piątym znajduje się obszerny spis pozycji bibliograficznych wykorzystanych w pracy.

Nowatorstwa i oryginalności pracy można upatrywać w metodologii oceny algorytmów wykorzystywanych, w szczególności, przez pojazdy autonomiczne do oceny stanu otoczenia oraz wykonywania interakcji z tym środowiskiem.

2. Poprawność metodyki badań i analiza wyników

W pracy przedstawiono opis algorytmów obliczeniowych, badania symulacyjne jak i doświadczalne. Udowodniono słuszność zaproponowanego podejścia oraz, co ważne jego praktyczną użyteczność. Zastosowana metodyka badań jest prawidłowa, analiza wyników badań przeprowadzona została w sposób właściwy świadcząc o dużym zasobie wiedzy, inwencji, pracowitości i rzetelności naukowej autora.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Uwagi jakie nasuwają się po lekturze pracy mają charakter **ogólny i redakcyjny**. Zauważyć należy, że rozprawa jest bardzo starannie przygotowana zawiera jednak pewne usterki redakcyjne oraz edytorskie. Mogą one utrudniać nieco lekturę lub prowadzić do pewnych wątpliwości. Zarówno te wymienione jak i inne redakcyjne usterki nie umniejszają jednak merytorycznej wartości pracy. Poniżej zamieszczono uwagi do recenzowanej pracy:

- 1) ROZDZIAŁ 1 – Wbrew tytułowi rozprawy, tematyką pracy jest wirtualna walidacja siatek zajętości, a nie nowa metoda ich rozwoju czy ich generacji.
- 2) Kontekst problemu, Euro NCAP Roadmap nakreśla kierunek badań nad samochodami autonomicznymi. Dalej jest dość obszerny opis związany z Euro NCAP. Ze wstępnej analizy wynika, iż kamery nie są wykorzystywane do detekcji a tylko do identyfikacji obiektów. Wniosek ten jest trudny do weryfikacji ze względu na brak odnośnika „The development steps according to ??? include...”.
- 3) Str. 42 czym są D2 i D3.2, pierwszy raz to widzę i w spisie akronimów też nie ma wyjaśnienia. Na następnej stronie znowu D3.1.
- 4) Str. 44 nad ostatnim podpunktem „A Detailed Description ...” niepotrzebnie użyto duże litery.
- 5) Str. 45 podejście z logarytmami z mojej perspektywy jest ciekawe (zostało opisane w pozycji literaturowej [69]), nie wiem na ile jest spopularyzowane w branży Automotive, Takie podejście daje bardzo duże możliwości wykorzystania w filtrze Kalmana do modelowania niepewności. Bardzo brakuje drugiego rysunku obok rys. 2.22 tak aby pokazać różnicę w przypadku podejścia bez logarytmów.
- 6) Str. 48 rys. 2.23 trochę nieczytelny
- 7) Str. 55, 4 linijka „AS” brak opisu w spisie akronimów
- 8) Str. 56 drugi akapit „64GB of” brakuje słowa, częsty błąd w pracy.
- 9) Str. 69 pomieszane oznaczenia. Rys. 2.43 jest zdublowany na str. 102 jako rys. 4.4

- 10) Str. 75 rys. 3.2. Byłoby niezwykle ciekawe z naukowego punktu widzenia zestawienie z rzeczywistymi wynikami, domyślam się że może tutaj chodzić o wyniki przedstawione na rys. 2.43/4.4 ale i tak coś mi tutaj nie pasuje. Koniecznie trzeba to wyjaśnić.
- 11) Str. 78 4 linijka od dołu, co to jest „res”, brak oznaczenia.
- 12) Na str. 85 ponownie pojawiają się nieopisane oznaczenia „F3 D3.1 and D3.2”.
- 13) Nie rozumiem do czego odnoszą się rozkłady ze str. 93. Opisywany jest sposób weryfikacji podejścia, tymczasem nagle pojawiają się wyniki, do czego one się odnoszą?
- 14) Str. 95 rozdział 4.1 druga linijka, tam chyba powinien być odnośnik do tabeli 4.1, nie 3.1?
- 15) Str. 98 chciałbym zobaczyć opis osi Y, ostatni wykres ma błąd w liczbach na tej osi. Dodatkowo trochę nie rozumiem tych wykresów.

4. Podsumowanie

Omawiana rozprawa zawiera wartościowe wyniki badań i świadczy o tym, że Autor potrafi postawić zagadnienie i rozwiązać je na drodze teoretycznej oraz zweryfikować doświadczalnie, a rezultaty badań zanalizować i wyciągnąć poprawne wnioski. Wywody doktoranta są jasne a wyniki rozprawy mogą być użyteczne z naukowego jak i technicznego punktu widzenia. Na szczególną uwagę zasługuje aplikacyjny charakter pracy.

Biorąc pod uwagę całość pracy należy stwierdzić, iż autor rozwiązał istotny problem nowoczesnej tematyki naukowej w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka techniczna i Telekomunikacja.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Markiewicza spełnia warunki określone w aktualnie obowiązującej ustawie w sprawie warunków i trybu przeprowadzania przewodów doktorskich i może być przedmiotem publicznej obrony.

Tomasz Buratowski