



Bydgoszcz, 11.06.2024 r.

dr hab. inż. Tomasz Talaśka, prof. PBS
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
ul. Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796, Bydgoszcz
e-mail: talaska@pbs.edu.pl

SEKRETARIAT
Rady Dyscypliny AEEITK

28. 06. 2024

Wpłynęło dnia

Zarejestrowano pod nr

Podpis

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

dla Rady Dyscypliny Naukowej

Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne

Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

1. Wprowadzenie

Niniejsza recenzja została przygotowana w wyniku powołania mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. „Adaptacja modelu matematycznego czujnika radarowego na potrzeby testów zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy w środowiskach wirtualnej jazdy” przez Radę Dyscypliny Naukowej – Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Nauki Kosmiczne z dnia 5.04.2024 roku.

Tytuł rozprawy: Adaptacja modelu matematycznego czujnika radarowego na potrzeby testów zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy w środowiskach wirtualnej jazdy

Autor rozprawy: mgr inż. Michał Jasiński

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Paweł Skruch, prof. AGH

Promotor pomocniczy: dr inż. Mateusz Komorkiewicz

Niniejsza recenzja (poza wprowadzeniem i wnioskiem) zawiera odpowiedzi na siedem pytań dotyczących rozprawy doktorskiej.

2. Jaki jest problem naukowy (teza) rozprawy? Czy został on trafnie i jasno sformułowany? Jaki charakter ma rozprawa?

Rozprawa, której Autorem jest Pan mgr inż. Michał Jasiński, dotyczy opracowania i badań innowacyjnego modelu matematycznego czujnika radarowego opartego na koncepcji centrów rozpraszania, który wcześniej został opublikowany w pracy [21]. Autor w ramach pracy dokonał jednak znacznych modyfikacji modelu czujnika, co znacznie zwiększyło wiarygodność i wydajność, a tym samym wpłynęło na użyteczność modelu w zaawansowanych systemach ADAS.

Problemy naukowe rozprawy zostały trafnie sformułowane, a także rozwiązane przez Autora. Cele pracy oraz teza znajdują się we wstępie (rozdział 1.2) rozprawy na stronie 23.

Celem pracy było:

Adaptacja innowacyjnego i skutecznego modelu matematycznego czujnika radarowego, zaproponowanego w [21], pod kątem wymagań przemysłu motoryzacyjnego dotyczących testów systemów typu ADAS w środowiskach wirtualnej jazdy

Teza rozprawy zdefiniowana została następująco:

Możliwa jest adaptacja sztucznego zbioru danych wygenerowanego przy użyciu modelu matematycznego czujnika radarowego bazującego na koncepcji centrów rozpraszania pod kątem użyteczności w kontekście testów systemu klasy ADAS w czasie rzeczywistym w symulatorze jazdy

Niniejsza rozprawa ma charakter koncepcyjno-eksperymentalny.

3. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Przegląd i analiza literatury zostały przeprowadzone w sposób właściwy. Autor jest ekspertem w dziedzinie budowy czujników wykorzystywanych w systemach ADAS. Rozumie

aktualny stan wiedzy oraz literatury światowej w zakresie rozprawy, co przedstawił między innymi w rozdziałach 2, 3, 4 i 5.

W rozdziale 2 przedstawił on czujniki radarowe wykorzystywane w przemyśle motoryzacyjnym. Przedstawił tam typy czujników, a także podstawy działania radarów samochodowych, w tym w zaawansowanych systemach wspomagania kierowcy. W rozdziale 3 przedstawił kompatybilność modelu matematycznego czujników (całych systemów) ze standardami przemysłu motoryzacyjnego. Omówił też problemy standaryzacji wymagane w przemyśle samochodowym. W rozdziale 4 przedstawił w sposób formalny modele matematyczne czujników radarowych. Było to bardzo istotne w kontekście późniejszej analizy i prezentacji innowacyjności nowego rozwiązania. W rozdziale 5 dokonał formalizacji referencyjnego modelu matematycznego czujnika radarowego pod kątem standardu ASAM OSI.

Bibliografia zawiera 148 pozycje. Zdecydowana większość cytowanych prac jest wydana po 2000 roku, co świadczy o dobrej znajomości aktualnego stanu wiedzy.

Dorobek publikacyjny doktoranta

W spisie literatury znaleźć można tylko 4 prace Autora rozprawy [13, 60, 121, 130]. W dwóch przypadkach, które są materiałami konferencyjnymi, jest on jedynym autorem [13, 121]. W jednej z pracy jest on 1 Autorem, a współautorami są także promotorzy rozprawy [130]. Jest to opracowanie w czasopiśmie IEEE ACCESS z 2022 roku. W czwartej pracy [60] jest on drugim autorem spośród 3 autorów. Jest to praca w czasopiśmie Springer z 2020 roku.

Prace [13] i [130] wykorzystywane są przy opisie wiarygodności pracy modeli w rozdziale 8.2, praca [60] natomiast wspomniana jest w rozdziale teoretycznym 2.4.1 (Procedura wykrywania obiektów). Praca [121] wymieniona w literaturze niestety nie została przez Autora omówiona w rozprawie (brak cytowania).

4. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia? Czy użył do tego właściwych metod dowodząc, że posiadał umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych? Czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Uważam, że Autor w sposób odpowiedni rozwiązał problemy, których dotyczy rozprawa. Według mnie Autor posiada dużą wiedzę dotyczącą zagadnień związanych z budową modeli czujników radarowych bazujących na koncepcji centrów rozpraszania, a także ogólnie na temat

systemów bezpieczeństwa używanych w motoryzacji. Przyjęte w pracy założenia są uzasadnione i merytorycznie poprawne. Teza rozprawy została dowiedziona.

Autor posiada duże umiejętności zarówno w modelowaniu analitycznym, jak i przeprowadzaniu testów na poziomie softwarowym i sprzętowym. Uzyskane wyniki badań symulacyjnych oraz eksperymentalnych są poprawne pokazując jednocześnie na duży potencjał wdrożeniowy opracowanego modelu czujnika radarowego.

5. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu nauki reprezentowanych przez literaturę światową?

Celem rozprawy była adaptacja modelu matematycznego czujnika radarowego pod kątem wymagań przemysłu motoryzacyjnego dotyczących testów systemów klasy ADAS w środowiskach wirtualnej jazdy. **Jako autorskie i oryginalne dokonanie** można uznać:

- 1) Integracja modelu z kluczowym w dziedzinie wirtualnej walidacji standardem ASAM OSI, co wymagało odpowiedniej modyfikacji wejścia i wyjścia modelu oraz zdefiniowanie transformacji pomiędzy typami obiektów obsługiwanych przez oryginalny model sensora a typami obiektów zawartych w strukturze OSI::VehicleClassification. Dzięki wsparciu standardu ASAM OSI model można uznać za wiarygodny niezależnie od poziomu rozbudowania scenariusza jazdy (rozdział 5).
- 2) Identyfikacja różnic między wynikami czujnika opisanego w pracy [21] a danymi pochodzącymi z rzeczywistego czujnika (rozdział 5).
- 3) Opracowanie i modyfikacja opisanego w pracy [21] modelu matematycznego czujnika z uwzględnieniem dodatkowo takich rzeczy, jak: wykrywanie obiektów statycznych (np. barier), wprowadzenie fałszywych wykryć charakterystycznych dla fizycznych radarów samochodowych oraz zmniejszenie liczby wykryć (z wykorzystaniem filtrów rozdzielczości) do poziomu spotykanego w danych rzeczywistych. Dzięki tym zabiegom dane generowane i uzyskane przez radar oparty na zaproponowanym modelu są zbliżone do rzeczywistych, a tym samym testy z wykorzystaniem takiego modelu są bardziej realistyczne (rozdział 6).
- 4) Opracowanie i wykonanie procedury identyfikacji parametrów modeli z oryginalnie dobranym wskaźnikiem jakości (rozdział 7).

- 5) Opracowanie metody oceny wiarygodności (rozdział 8.2) i wydajności (rozdział 8.1) modelu (co potwierdziło użyteczność modelu sensora w kontekście wirtualnej walidacji w systemach typu ADAS).
- 6) Optymalizacja parametrów czujnika pod kątem doboru jego parametrów, jak np. wzmocnienie testu statystycznego, rozdzielczość radialna, rozdzielczość kątowa, odchylenie standardowe generatora fałszywych, itp. (rozdział 7.4).

6. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników? Jaka jest poprawność redakcyjna rozprawy?

Niniejsza rozprawa, pod kątem redakcyjnym i językowym, została przygotowana poprawnie. Zarówno jej struktura, jak i podział treści są poprawne i odpowiednio wcześniej przeemyślane.

Co prawda w pracy można znaleźć kilka drobnych błędów językowych, nie mniej jednak nie zmieniają one ogólnej opinii o dobrym poziomie zarówno językowym, jak i edycyjnym rozprawy.

Drobne błędy:

- a) 6 linia od góry str. 64,
- b) 15 linia od góry str. 65,
- c) 8 linia od góry, strona 69 – „kompaktowa definicja”,
- d) 10 linia od góry, str. 138 – wyraz dlatego,
- e) Ostatnia linia na stronie 148 – wyraz kluczowych.

7. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Pomimo osiągnięcia postawionego celu rozprawy i dowiedzeniu tez w rozprawie można zauważyć pewne aspekty dyskusyjne, wymagające wyjaśnienia i doprecyzowania. Uwagi mające charakter dyskusyjny można sformułować następująco:

- Autor w rozprawie mówiąc o statycznych zakłóceniach na drodze, praktycznie wymienia tylko barierki przy drodze. Czy model rozpoznaje także inne elementy infrastruktury drogowej, takie jak znaki drogowe, sygnalizację świetlną, domy w pobliżu dróg, stojące na poboczu pojazdy, drzewa, czy nawet zwierzęta, które mogą pojawić się na drodze? Czy testy modelu czujnika, poza drogami szybkiego ruchu, były robione także na drogach lokalnych? Czy model uwzględnia te klasy obiektów?

- W rozdziale 7.4 opisana jest procedura optymalizacji doboru parametrów czujnika (tab. 7.2) z wykorzystaniem metody Powella. Autor, jak zaznaczył w tekście, wybrał ją ze względu na brak konieczności wyliczenia pochodnych z celu znalezienia minimum nieliniowej funkcji wielu zmiennych. Dalej napisane jest, że metoda potrzebowała zaledwie kilkuset iteracji do obliczenia minimum lokalnego.

Pytanie 1: Dlaczego Autor wybrał tę metodę optymalizacji? (brak analizy porównawczej do innych metod)?

Pytanie 2: Czy rozważano użycie innej metody optymalizacji np. algorytmów rojowych, w których także nie liczy się pochodnych, a są bardzo proste w implementacji i szybkie w działaniu?

Pytanie 3: Czy w procesie optymalizacji funkcji wielowymiarowej szukamy minimum globalnego funkcji, czy lokalnego (jak wspomniał Autor)?

Pytanie 4: Proces optymalizacji parametrów pracy czujnika radarowego wykonywany jest tylko raz (a na pewno wykonywany jest raczej rzadko). Czy warto zatem wybierać metodę tylko dlatego, że nie trzeba liczyć pochodnych? Wyznaczenie optymalnych parametrów można zrobić na zewnątrz sensora, nie powodując spowolnienia jego pracy.

- W pracy wskaźnik jakości Autor oparł na obliczeniu odległości Wassersteina. Dlaczego wybrał akurat tę miarę? (brak analizy porównawczej do innych metod).
- W rozdziałach 8.1.2 i 8.1.3 Autor opisał weryfikację pracy modelu na poziomie sprzętowym wykorzystując do tego celu komputery PC wyposażone w procesor Intel Core I7-9750H i Intel Core I5-7200U. Niestety w opisie komputerów zabrakło informacji o pamięci RAM.

Pytanie 1: Czy autor robił także testy na urządzeniach wbudowanych wykorzystujących mikrokontrolery, lub układy FPGA?

Pytanie 2: W systemach elektronicznych, które służą do obsługi sensorów w rzeczywistych pojazdach producentom zależy w dużej mierze na ich wysokiej szybkości przetwarzania sygnałów oraz energooszczędnej pracy. Te dwie rzeczy możemy osiągnąć optymalizując między innymi model matematyczny sensora. Czy takie zabiegi były robione w pracy? (Nie chodzi mi o optymalizację metodą Powella ustawień parametrów (z tab. 7.2)) a bardziej o optymalizację wyrażeń matematycznych zawartych wewnątrz modelu.

Pytanie 3: Czy wyniki osiągnięte podczas testów na PC (ze wspomnianymi wcześniej procesorami) możemy uznać za dobre w kontekście urządzeń elektronicznych



montowanych w rzeczywistych samochodach? Chodzi o konieczność poszukiwania w miarę możliwości tanich rozwiązań sprzętowych.

- Autor napisał: „Rezultaty pracy zostały wdrożone do praktyki przemysłowej do weryfikacji elektronicznych systemów sterownia jazdy automatycznej na poziomie L2-L3 przeznaczonych do produkcji seryjnej dla kluczowych producentów samochodów”.

Jak wyglądał proces wdrożenia, jak długo trwał, ile pojazdów testowano, jak długo trwały testy i przede wszystkim jakie były rezultaty (jaka była skuteczność modelu). Sama informacja, że rezultaty zostały wdrożone jest zbyt mała i z pewnością nie jest wystarczająca. Czy, na chwilę obecną, złożone są przez Autora jakieś wnioski patentowe lub inne prawa ochronne?

- Czy rozpatrując różne scenariusze jazdy pojazdu w celu wirtualnej walidacji pracy modelu używane były np. sieci generatywne GAN? Jeżeli nie, czy takie rozwiązania są brane pod uwagę, lub też stosowane przez inne zespoły naukowe?

8. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych i gospodarki?

Tematyka rozprawy, w mojej opinii, mieści się w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, a także z punktu widzenia jej wykorzystania także w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Można by zatem uznać, że praca jest w pewnym sensie interdyscyplinarna.

Przydatność rozprawy wynika bezpośrednio z jej nazwy. W ostatnich latach w przemyśle motoryzacyjnym obserwujemy gwałtowny rozwój zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy (ADAS). Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy są coraz bardziej rygorystyczne normy homologacyjne nałożone przez Unię Europejską na producentów samochodów (szczególnie norma z 2019 o konieczności wyposażenia samochodów w systemy, jak np.: jak: zaawansowany system hamowania awaryjnego, inteligentny asystent kontroli prędkości, system awaryjnego utrzymywania pojazdu w pasie ruchu). Systemy te bazują zwykle na informacjach przekazywanych przez czujniki. Zrealizowanie weryfikacji systemów typu ADAS w całości na drogach publicznych jest przedsięwzięciem zbyt kosztownym i trudnym (różne warunki atmosferyczne, pora dnia, roku, natężenie ruchu, itp.). Z tego względu producenci samochodów coraz częściej decydują się na wdrożenie koncepcji tzw. wirtualnej walidacji polegającej na wykonaniu części eksperymentów weryfikacyjnych w symulatorach jazdy. Ważne jest zatem



odpowiednie i wierne modelowanie pracy takich systemów w celu realizacji bardzo dużej liczby, różnych i przede wszystkich bezpiecznych dla ludzi testów.

9. Wniosek

Biorąc pod uwagę wnioski zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania podane w art. 187 ustawy z dnia 20.07.2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020 poz. 85 z późniejszymi zmianami) uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Michała Jasińskiego pt. „Adaptacja modelu matematycznego czujnika radarowego na potrzeby testów zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy w środowiskach wirtualnej jazdy” zawiera oryginalne rozwiązanie problemu oraz dowodzi, że Kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Nauki Kosmiczne i posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Wnioskuje zatem o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony

dr hab. inż. Tomasz Talaśka, prof. PBŚ
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich

Tomasz Talaśka