

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Kłosa
pt.

„Metoda określania parametrów ruchu na podstawie transformacji strumienia wideo obrazu sytuacji drogowej”

Wstęp.

Recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej prof. Piotra Fołgi, wystawionego w dniu 17.09.2018r. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Wiesław Pamuła.

Przedstawiona do recenzji rozprawa liczy 118 stron. Jej treść została podzielona na siedem rozdziałów. Dodatkowo, jako nienumerowane, występują: lista symboli, bibliografia, spis rysunków oraz spis tabel.

Omówienie rozprawy i osiągnięć Doktoranta

Recenzowana rozprawa dotyczy zagadnienia estymacji dwóch parametrów ruchu drogowego: natężenia oraz gęstości ruchu na podstawie analizy i transformacji strumienia wideo zawierającego obrazy sytuacji drogowej. Parametry ruchu są wyznaczane na podstawie dwóch rodzajów obrazów wideo. Są to obraz przedstawiający zajętość pola detekcyjnego – ZPD oraz obraz pasa ruchu – OPR.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do tematyki rozprawy. W rozdziale drugim został określony cel teza oraz zakres prac badawczych i zakres przedstawionej rozprawy. Celem rozprawy jest opracowanie algorytmów estymacji parametrów ruchu drogowego z wykorzystaniem transformacji strumienia wideo obrazu sytuacji drogowej oraz opracowanie koncepcji implementacji tego algorytmu w wideodetektorze.

Teza rozprawy została sformułowana następująco: *„Dyskretna transformacja falkowa strumienia wideo obrazu sytuacji drogowej pozwala odwzorować parametry ruchu drogowego”*. Tak sformułowana teza może budzić pewne wątpliwości, gdyż bez określenia docelowej dokładności odwzorowania każdy uzyskany wynik może być uznany jako potwierdzający tezę.

W rozdziale trzecim przedstawiony został przegląd istniejących obecnie rozwiązań wideodetektorów.

Rozdział czwarty dotyczy zagadnienia wykorzystania obrazów wideo do wyznaczania parametrów ruchu drogowego: natężenia, gęstości oraz prędkości pojazdów. Omówiona została transformacja strumienia wideo przedstawiającego sytuację drogową, ze szczególnym uwzględnieniem transformacji falkowej. W rozdziale 4.3 omówione zostały dwie metody odwzorowania parametrów ruchu drogowego: metoda wykorzystująca obraz pola detekcji (analiza zajętości pola detekcji) oraz metoda wykorzystująca obraz pasa ruchu. W rzeczywistości w obu przypadkach chodzi o sekwencję obrazów (w czasie) przedstawiających pole detekcji lub pas ruchu, pozwalającą na śledzenie wszystkich zmian ruchu zachodzących w czasie na obserwowanym obszarze. Stan zajętości pola detekcyjnego jest

opisywany za pomocą współczynników falkowych. Zmienność stanu zajętości w czasie pozwala na estymację natężenia ruchu.

W drugim przypadku, w którym wykorzystywany jest obraz pasa ruchu istotnym problemem jest znalezienie odwzorowania łączącego współczynniki falkowe z parametrami ruchu: natężeniem i gęstością. Postać tego odwzorowania została zaproponowana arbitralnie przez Autora rozprawy.

W rozdziale 5 przedstawiono wyniki eksperymentalne oraz ocenę dokładności zaproponowanego rozwiązania. Podstawą były wyniki pomiarowe zgromadzone na kilku stanowiskach pomiarowych. Lokalizacja stanowisk pomiarowych pozwoliła na rejestrację ruchu na skrzyżowaniach ulic w warunkach miejskich oraz w warunkach pozamiejskich na drodze wielopasowej.

Referencją dla oceny poprawności wyznaczenia parametrów ruchu drogowego metodą transformacji falkowej strumienia wideo były wartości parametrów ruchu wyznaczone na podstawie przeglądu materiału wideo. Jako miarę dokładności przyjęto błędy średnie: pierwiastek z procentowego błędu średniokwadratowego (RMSPE) oraz średni bezwzględny błąd procentowy (MAPE). Problemem do dyskusji jest wybór błędów średnich, w kontekście wykorzystania wyznaczonych wartości parametrów ruchu w systemach sterowania ruchem.

Transformacja sekwencji obrazów ZPD pozwoliła na wyznaczenie natężenia ruchu oraz jego zmienności w czasie. Przedstawione w rozprawie wyniki obejmują horyzont czasowy 115 minut. Dla stanowisk zlokalizowanych na skrzyżowaniach błąd maksymalny oceny natężenia zależy od lokalizacji stanowiska pomiarowego oraz wykorzystanej transformaty falkowej i wynosi od 50 do 150 pojazdów/h, przy wartości średniego natężenia ok. 350 pojazdów/h. Dla dróg pozamiejskich błąd wynosi nawet 600 pojazdów/h przy wartości natężenia 1800 poj/h (rys. 5.9). Przyjęte w rozprawie błędy średnie przyjmują wartości od kilku do kilkunastu procent. Dla transformacji Daubechies błędy są jeszcze większe.

Transformacja sekwencji OPR była podstawą estymacji natężenia ruchu i gęstości ruchu. Trzeba wyraźnie podkreślić, że w przypadku gęstości ruchu wyznaczana jest jedynie estymata. Bowiem gęstość jest parametrem zdefiniowanym w przestrzennym obszarze pomiarowym. Zgodnie z definicją powinien być wyznaczany na podstawie obrazu dłuższego odcinka pasa drogi, jako liczba pojazdów znajdujących się na tym odcinku w danej chwili czasu, ewentualnie z przeliczeniem na odcinek długości 1 km. Pomiar prowadzony w czasowym obszarze pomiarowym pozwala jedynie na estymację tego parametru. Należy wziąć to pod uwagę podczas wyboru długości OPR oraz sposobu prowadzenia obserwacji (jeden obszar bądź kilka obszarów mniejszych zachodzących na siebie, obserwowanych w jednym czasie lub kolejno).

Analiza sekwencji OPR pozwoliła na wyznaczenie natężenia ruchu dla drogi pozamiejskiej z porównywalną dokładnością jak przy wykorzystaniu obrazu ZPD. Jakkolwiek chwilowe wartości błędów sięgają nawet 250poj./h (rys. 5.22). Gęstość ruchu jest wyznaczana z bardzo różną dokładnością w zależności od stanowiska. W tych warunkach, biorąc pod uwagę ograniczoną liczbę danych pomiarowych trudno jest sformułować jakieś uogólniające wnioski.

Rozdział 6 zawiera prezentację koncepcji sprzętowej realizacji przedstawionej metody wyznaczenia parametrów ruchu drogowego na podstawie analizy sekwencji wideo.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie wyników rozprawy.

Do rozprawy dołączony jest wykaz literatury liczący 89 pozycji. W tym zbiorze znajdują się cztery publikacje Doktoranta. Dobór cytowanej literatury, której duża część pochodzi z ostatnich lat, wskazuje że Doktorant dobrze orientuje się w omawianej tematyce.

Za oryginalny dorobek Doktoranta uważam:

- zaproponowanie i opracowanie algorytmu transformacji sekwencji obrazów ruchu drogowego,
- zaproponowanie, przebadanie i dostrojenie algorytmów estymacji parametrów ruchu drogowego na podstawie transformaty sekwencji obrazów,
- przeprowadzenie obliczeń weryfikujących zaproponowane algorytmy estymacji parametrów ruchu drogowego.

Uwagi krytyczne

Na stronie 72 Doktorant stwierdził, że opracowane przez Niego algorytmy działające na ZPD dają lepsze wyniki niż w urządzeniach dostępnych komercyjnie. Uważam, że sformułowanie takiego wniosku jest słabo uzasadnione ze względu na ograniczony materiał pomiarowy jaki został przeanalizowany w ramach doktoratu. Ponadto Doktorant stwierdził w swojej rozprawie, że współczynniki algorytmu były dobierane indywidualnie do każdego stanowiska pomiarowego. Tymczasem jak zrozumiałem wideorejestratory pracowały na innych stanowiskach, więc wyniki są trudne do porównania.

Rozdział 5 zakończony został bez podsumowania. Tymczasem jest to najważniejszy rozdział rozprawy i jakaś poszerzona dyskusja wyników powinna zostać przeprowadzona. Takie podsumowanie znajdziemy dopiero w rozdziale 7.

Wnioski zawarte w rozdziale 7 są sformułowane bardzo kategorycznie, tymczasem materiał pomiarowy leżący u podstaw przeprowadzonej analizy jest raczej skromny. Został on pozyskany na czterech stanowiskach pomiarowych (dwa na skrzyżowaniach i dwa na drogach wielopasowych, pozamiejskich), w czasie dwóch godzin na każdym stanowisku.

W początkowej części rozprawy Doktorant wymienił również prędkość jako trzeci parametr charakteryzujący ruch drogowy. Dlaczego nie podjęto próby estymacji prędkości?

Podsumowanie

Powyższe uwagi krytyczne nie obniżają w istotny sposób wartości merytorycznej rozprawy. Oceniam, że przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Kłosa pt. „**Metoda określania parametrów ruchu na podstawie transformacji strumienia wideo obrazu sytuacji drogowej**” spełnia wymagania stawiane przez obowiązujące przepisy, w zakresie stopnia doktora nauk technicznych. Wnioskuje o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

