

Dr hab. inż. Antoni Różowicz prof. PŚk  
Wydział Elektrotechniki Automatyki i Informatyki  
Politechnika Świętokrzyska

Kielce 19.04.2022



## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Wytrykowskiej  
pt.: „Metody oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych  
stosowanych na przejściach dla pieszych”.

### Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Anny Wytrykowskiej pt.: „Metody oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych”. Promotorem pracy jest prof. PW dr hab. inż. Piotr Tomczuk z Politechniki Warszawskiej a promotorem pomocniczym jest dr inż. Marcin Chrzanowicz z Politechniki Warszawskiej. Recenzja została wykonana na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej.

Licząca 136 stron praca jest napisana jasno i podzielona na pięć rozdziałów. Zawiera ona, poprzedzoną wykazem najważniejszych pojęć i definicji, analizę stanu wiedzy (rozdział 1) oraz badania własne (rozdziały 2-5). Taki układ pracy jest poprawny, pozwala na jednoznaczną ocenę własnych osiągnięć jej Autora.

Temat pracy jest jak najbardziej aktualny. .

### Cel i zadania pracy

Dynamiczny rozwój ruchu drogowego wiąże się z powstawaniem zagrożeń dla użytkowników dróg. W konsekwencji dochodzi do dużej liczby wypadków drogowych, w tym wypadków z udziałem pieszych. Od lat poszukuje się rozwiązań które zapewnią bezpieczeństwo pieszych na przejściach. Wśród najczęściej stosowanych rozwiązań, które zwiększają bezpieczeństwo pieszego na przejściach zarządcy dróg stosują różne rozwiązania między innymi; sygnalizację świetlną, wyspy azylu, progi zwalniające, skracanie przejścia, wyniesienie przejścia do poziomu chodnika, doświetlenie przejścia. Rodzaj zastosowanego rozwiązania jest zależny od wielu czynników między innymi od: szerokości ulicy,

infrastruktury otoczenia, ilości poruszających się pojazdów, geometrii ulicy, ilości pasów ruchu, intensywności ruchu pieszych, widoczności przejść o zmroku, o świcie i w nocy.

Mimo stosowania różnych rozwiązań technicznych, celem których powinno być ograniczenia liczby wypadków z udziałem pieszych, to wciąż odnotowuje się wysoką liczbę ofiar. Jedną z istotnych przyczyn wypadków jest widoczność pieszego po zmroku przez kierującego pojazdem. Poprawę bezpieczeństwa pieszych na przejściach realizuje poprzez wykorzystanie istniejącego oświetlenia ulicznego, bądź doświetlenie rozwiązaniami dedykowanymi. Pieszy wchodząc na jezdnię postrzegany jest przez kierowcę jako jasny obiekt na ciemnym tle (kontrast dodatni) lub odwrotnie ciemny obiekt na jasnym tle (kontrast ujemny). A więc jakie stosować rozwiązania techniczne doświetlenia przejść dla pieszych i jaki powinien być poziom różnicy luminacji sylwetki pieszego do luminancji tła by w rzeczywistych warunkach oświetleniowych było zachowane bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Brakuje obecnie rozwiązaniami metod oceny skuteczności stosowanych rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych.

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione problemy, podjętą w rozprawie tematykę badawczą związaną z oceną jakości stosowanych rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych, należy uznać za celową a nawet konieczną. Uważam, że zagadnienia naukowe będące przedmiotem tej pracy są aktualne zarówno z naukowego, a może nawet więcej z praktycznego punktu widzenia.

Przedmiotem pracy jest opracowanie metody oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych polegającej na:

1. ocena metod istniejących oraz określenie obszarów ich zastosowania,
2. przyjęciu kryteriów oceny
3. analizie rozkładu kontrastu na przejściach dla pieszych,
4. opracowanie systemu opartego o reguły logiki rozmytej do określenia liczby konfliktów w danych rozwiązaniach oświetlenia przejść.

### Omówienie treści pracy

W pierwszej części recenzowanej pracy mgr inż. Anny Wytrykowskiej w wyczerpujący i krytyczny sposób dokonała przeglądu stanu wiedzy w zakresie sposobów oświetlenia przejść dla pieszych, metod oceny stanu oświetlenia na przejściach, metod oceny bezpieczeństwa ruchu drogowego, metod oceny skuteczności stosowanych środków poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Z przeprowadzonej analizy wskazując, że w krajach zrzeszonych w CEN

(Austria, Belgia, Cypr, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta, Niemcy, Norwegia, Polska, Portugalia, Czechy, Słowacja, Szwecja, Szwajcaria, Słowenia, Węgry, Włochy, Anglia) stosowane są jedynie zapisy norm w zakresie oświetlenia ulicznego. W niektórych krajach (Australia, Nowa Zelandia, Czechy, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, USA, Anglia, Włochy) dodatkowe wymagania w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych stosowane są jako uzupełnienie do wymagań oświetlenia ulicznego. W wymaganiach określa się jedynie wartości natężenia oświetlenia. W Polsce konieczność oświetlenia przejść dla pieszych reguluje PN-EN 13201 wraz załącznikiem, także odniesieniem jest wielkość natężenia oświetlenia. Czyli podstawowym kryterium oceny jakości oświetlenia przejść jest wartość natężenia oświetlenia. Wartość natężenia oświetlenia przejścia dla pieszych pozwala na jego ocenę z punktu widzenia normatywnego, lecz nie pozwala na uwzględnienie najważniejszego z punktu widzenia kierowcy nadjeżdżającego do przejścia na którym znajduje się pieszy, a dostrzeżenia pieszego na przejściu. Zauważenie pieszego na przejściu jest możliwe w przypadku kontrastu luminancji tła i pieszego. Pewne koncepcje wyznaczania i oceny luminancji i kontrastu luminancji sylwetki pieszego z tłem były i są prowadzone na Politechnice Warszawskiej. Ta praca wpisuje się w nurt tych badań.

Powyższe jest wynikiem wnikliwej analizy aktualnego stanu wiedzy przeprowadzonej w oparciu o obszerną literaturę, obejmującą 137 pozycji literatury światowej (w tym 9, jedna samodzielna i 8 to współautorskie publikacje Doktorantki - z tego w 3-ch jako pierwszy autor). Można więc powiedzieć, że Doktorantka jest dobrze przygotowany do realizacji tematyki doktoratu.

Na podstawie tej analizy mgr inż. Anna Wytrykowska (w rozdziale 2) sformułowała tezę:

*„Dodatni poziom kontrastu luminancji sylwetki pieszego z tłem jezdni wpływa na ograniczenie konfliktów w ruchu drogowym.”*,

oraz cel pracy:

*„Opracowanie metody oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych w aspekcie bezpieczeństwa w ruchu drogowym”*.

W rozdziale 3 Doktorantka przedstawiła założenia aplikacji metody oceny jakości oświetlenia przejść dla pieszych przy wykorzystaniu reguł logiki rozmytej. Zaznaczyła że badania terenowe są podstawą opracowania procedur stosownych w tej metodzie. Badaniami objęto przejścia z trzema rozwiązaniami oświetlenia a mianowicie: oświetleniem ulicznym lub z wykorzystaniem dodatkowej oprawy ulicznej na wysięgniku lub oświetlenia

dedykowanego Ponadto badania zostały ograniczone do przejść na których nie było sygnalizacji świetlnej, przejścia były zlokalizowane na drogach dwupasmowych-dwukierunkowych i zlokalizowane w terenie zabudowanym. Dla tak zdefiniowanych założeń opracowano matryce danych wejściowych.

W rozdziale 4 Autorka przedstawiła obszerny (jakościowy) zakres badań wraz z analizą przydatności otrzymanych wyników badań. W ramach prowadzonych badań porównała szereg parametrów mierzalnych na przejściach dla pieszych oświetlonych wskazanymi w rozdziale 3 rodzajami oświetlenia. Analiza wyników z przeprowadzonych badań wykazała że przejścia dla pieszych oświetlone za pomocą opraw ulicznych charakteryzują się niskimi (nieco większymi od dopuszczalnych) wartościami poziomymi jak i pionowymi natężenia oświetlenia. W przypadku przejść oświetlonych za pomocą opraw ulicznych dla 85% przypadków występuje akceptowalny kontrast ujemny sylwetki pieszego z tłem. W przypadku przejść dla pieszych oświetlonych za pomocą dodatkowych opraw ulicznych zamontowanych na wysięgnikach wartości natężeń oświetlenia są prawie trzykrotnie wyższe niż w rozwiązaniu pierwszym, a kontrast sylwetki pieszego z tłem na przejściach w 50% jest ujemny akceptowalny. Natomiast dla przejść dla pieszych oświetlonych za pomocą dedykowanych opraw wartości natężeń oświetlenia są wyższe niż w dwu poprzednich rozwiązaniach, a kontrast sylwetki pieszego z tłem jest dodatni (większy od 1,5). Dla każdego badanego przejścia pozyskiwano dane o prędkości pojazdów oraz występujących konfliktach. W rozdziale 5 Doktorantka opracowała model oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetlenia przejść oparty o reguły logiki rozmytej. Dane wejściowe do modelu to jest; luminancja obiektu, luminancja tła, natężenie oświetlenia w płaszczyźnie pionowej, prędkość pojazdu, natężenie ruchu kołowego i pieszych zostały pozyskane z badań terenowych (rozdział 4). Z wprowadzonych danych określona została liczba konfliktów ruchowych w bloku Fuzzy Logic w programie Matlab z wnioskowaniem rozmytym typ Mamandaniego. Na podstawie określonych funkcji przynależności danych wejściowych i zdefiniowanych reguł przy zastosowaniu operacji logicznych przekształcono dane wejściowe na dane wyjściowe. Liczbę konfliktów ruchowych określono na podstawie danych wejściowych: wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej, wartości kontrastu sylwetki pieszego w tle oraz średniej wartości prędkości pojazdów, z określonymi przedziałami zmienności tych danych. Weryfikację opracowanej metody trudno było przeprowadzić inną dostępną metodą gdyż takich obecnie nie ma, dlatego Doktorantka dokonała tego metodą symulacji komputerowej w programie Matlab – Simulink. Otrzymane wyniki wykazują dużą zgodność

z wynikami badań opracowanej metody - na przejściach dla pieszych oświetlonych w kontraście dodatnim występuje mała liczba konfliktów ruchowych oraz występuje silna korelacja ujemna pomiędzy: natężeniem oświetlenia w płaszczyźnie pionowej, kontrastem sylwetki pieszego na tle jezdni, oraz prędkością pojazdów na liczbę konfliktów ruchowych. Postawione zadanie mgr inż. Anna Wytrykowska rozwiązała w sposób oryginalny, wykazując tym samym bardzo dobre przygotowanie do samodzielnego rozwiązywania zagadnień zarówno teoretycznych, jak też związanych z praktyczną realizacją. Potwierdziła to poprzez opracowanie metody oceny skuteczności rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego. W opracowanej metodzie wykorzystano parametry jakości oświetlenia, luminancje przeszkody i tła oraz parametry ruchu drogowego, takie podejście stanowi nowum w tym obszarze. Rozprawa wyróżnia się oryginalnymi walorami poznawczymi, użytkowymi i wdrożeniowymi, przez co będzie przydatną pracownikom naukowym jak również projektantom i wykonawcom oświetlenia przejść dla pieszych

Przyjęte w rozprawie założenia są uzasadnione, właściwy dobór metod badawczych i pomiarowych oraz wnioski wynikające z wykonanej pracy pozwalają stwierdzić, że postawione Doktorantce zadanie zostało rozwiązane poprawnie, a cel rozprawy osiągnięty.

#### Uwagi wynikające z lektury rozprawy:

1. W pracy na stronie 52 wskazano, że badania przeprowadzono na 60 przejściach dla pieszych oświetlonych; 20 oprawami dedykowanymi, następne 20 oprawami dedykowanymi na wysięgniku i pozostałe 20 oprawami oświetlenia ulicznego. Nasuwa się pytanie dlaczego tak małe liczebności próbek i czy przy tak małych liczebnościach próbek w badaniach statystycznych nie popełnia się błędu.
2. W pracy str.15, 17, 26, 27, 58, 96, 97 i innych rysunki są niezbyt czytelne (miniaturyzacja czcionki), uniemożliwia to niekiedy rozczytanie pracy.
3. Na stronie 94,95 (rys.5.4, 5.5) Doktorantka stosuje opisy w języku angielskim, natomiast na stronach 96, 97, 98, 101 (rys. 5.6, 5.7, 5.8, 5.10) opisy są jednocześnie w języku polskim i angielskim.
4. Na stronie 103 jest „..wskaźnik liczby konfliktów ruchowych otrzymany na podstawie danych o liczbie konfliktów oraz natężeniu ruchu kołowego i pieszego (wg wzoru 4.1)”. powinno być wg wzoru .4.2.

5. Na stronie 9 w wykazie „najważniejszych pojęć i definicji” została podana definicja luminancji, w objaśnieniach poszczególnych wielkości podane są symbole, które nie występują we wzorze,
6. W rozprawie wprowadza się sformułowania z pewnymi uogólnieniami, np. „...z uwagi na liczbę oraz nieliniowy charakter zmiennych wejściowych, a w efekcie brak możliwości dokonania jednoznacznej oceny zdecydowano się na wykorzystanie logiki rozmytej” proszę o komentarz.
7. Pozostałe niewielkie uwagi dotyczące stosowanej terminologii i redakcji przekazano poza recenzją.

#### Ogólna ocena rozprawy

Przedstawione w recenzji mało znaczące uwagi podnoszę z racji obowiązku recenzenta. Nie wpływają one na wartość recenzowanej rozprawy doktorskiej, którą oceniam bardzo wysoko. Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi samodzielne rozwiązanie postawionych zadań przy użyciu właściwych do tego celu metod. Praca wnosi oryginalne przyczynki do zagadnień oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych, poprzez opracowanie nowej metody oceny jakości tych rozwiązań.

**Osiągnięcia poznawcze zaprezentowane w pracy mgr inż. Anny Wytrykowskiej pozwalają na stwierdzenie, że spełnia ona wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznej w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport i wnioskuje o jej dopuszczenie do publicznej obrony.**

