

2022 -07- 04

WPŁYNĘŁO DNIA

L. dz.

Dr hab. inż. Aleksander Sobota, prof. PŚ.
Katedra Systemów Transportowych, Inżynierii Ruchu i Logistyki
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej
Politechnika Śląska
ul. Krasińskiego 8
40-019 Katowice

Katowice, dn. 22.06.2022 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Piotra Jaskowskiego

pt. „**Metoda pomiaru stanu infrastruktury
oświetleniowej w ruchu drogowym**”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi Uchwała nr 384/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 12.04.2022 r. oraz pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej, dra hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni z dnia 21.04.2022 r.

2. Wprowadzenie

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgra inż. Piotra Jaskowskiego pt. „**Metoda pomiaru stanu infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym**”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Piotr Tomczuk, prof. uczelni, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Andrzej Czerepicki, prof. uczelni.

Dysertacja składa się z ośmiu rozdziałów, wprowadzenia, podsumowania i wniosków, spisu rysunków, spisu tabel, wykazu ważniejszych pojęć używanych w pracy oraz trzech załączników. Literatura stanowi ósmy rozdział. W rozprawie nie zestawiono wykazu oznaczeń stosowanych w pracy. Tekst rozprawy obejmuje 156 stron, 95 rysunków, 36 tabel, 16 wzorów, które są numerowane. W zbiorze pozycji literaturowych rozprawy znajdują się 3 współautorskie publikacje Doktoranta napisane w języku polskim. Zawarte w pracy rysunki i tabele są należycie opisane i ponumerowane. Generalnie rozprawa jest bogata w ilustracje, które w większości są opracowane czytelnie i poprawnie. Praca zawiera ponadto streszczenie w języku polskim i angielskim, w którym opisano przedmiot prowadzonych rozważań, a także syntetycznie jej zakres.

Treść rozprawy można podzielić na dwie części. Pierwsza, teoretyczna obejmująca identyfikację obszaru badawczego, charakterystykę metod statycznych i dynamicznych pomiaru oświetlenia ulicznego. W części drugiej, praktycznej przedstawiono autorską metodę

pomiaru stanu infrastruktury oświetleniowej. Scharakteryzowano przeprowadzone badania poligonowe a także omówiono wyniki pomiarów, proces weryfikacji opracowanej metody a także zaprezentowano przykłady jej wykorzystania.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1 Ogólna charakterystyka rozprawy i ocena jej struktury

Rozdział pierwszy rozprawy zatytułowany „Wprowadzenie” podzielono na trzy podrozdziały. Pierwszy z nich to wstęp, który zaczyna się od przedstawienia wpływu oświetlenia ulicznego na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Autor wskazuje uwarunkowania wpływające na stan techniczny infrastruktury oświetlenia ulicznego oraz krótko go charakteryzuje w odniesieniu do obiektów stosowanych w Polsce. Przedstawia uzasadnienie do realizacji pomiarów oświetlenia a także opisuje syntetycznie wykorzystywane do tego celu metody i systemy pomiarowe. We wstępie zamieszczono także zakres dysertacji. Kolejny podrozdział, dość ważny według recenzenta, zawiera przegląd źródeł literaturowych na temat stanu technicznego i technologii wykorzystywanych w drogowych instalacjach oświetleniowych oraz przedstawia wybrane dane statystyczne o tych instalacjach. Autor ponadto charakteryzuje statyczne metody pomiarowe oświetlenia ulicznego w aspektach: pola pomiarowego, pomiarów parametrów luminancji, warunków pomiaru luminancji jezdni, pomiarów natężenia oświetlenia. Opisuje także dynamiczne metody pomiarowe charakteryzując głównie systemy pomiarowe. Rozdział pierwszy kończy podrozdział zatytułowany „Podsumowanie”, w którym opisano najważniejsze wady wykorzystywanych technik pomiarowych oraz zdefiniowano lukę badawczą uzasadniającą potrzebę realizacji dysertacji. Warto zaznaczyć, że podrozdział 1.2.1 także kończy się opisem wniosków z analizy stosowanych statycznych metod pomiarowych. Niestety takich wniosków nie sformułowano w odniesieniu do metod dynamicznych.

W ocenie recenzenta rozdział pierwszy skonstruowano dość niefortunnie, ponieważ podrozdziały 1.2 „Przegląd stanu wiedzy” i 1.3 „Podsumowanie” opisują ważne rezultaty przeprowadzonych przez Doktoranta studiów literaturowych, a przedstawiono je w rozdziale pt. „Wprowadzenie”. Właściwszym byłoby poświęcenie tak istotnym treściom oddzielnego rozdziału. W rozprawie – de facto – takiego brakuje.

Zaakcentować należy, że Doktorant umiejętnie wykorzystuje źródła literaturowe i sprawnie posługuje się przypisami. Świadczy to o skrupulatnym podejściu Autora do prowadzenia studiów literaturowych.

Rozdział drugi, napisany na zaledwie czterech stronach, zatytułowany jest „Cel, tezy i zakres pracy”. Autor opisuje w nim między innymi swoje inspiracje do podjęcia tematu rozprawy związane głównie z wpływem oświetlenia na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz na efektywność energetyczną infrastruktury oświetleniowej. W rozdziale tym Doktorant uzasadnia wybór tematu rozprawy wskazując na brak uniwersalnej, metody dynamicznej pomiaru natężenia oświetlenia. Na końcu rozdziału Autor formułuje cel, tezy pracy

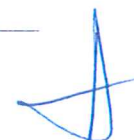
i dodatkowo siedem celów szczegółowych. Należy zaznaczyć, że klasycznie rozumiany zakres pracy, czyli opis zawartości poszczególnych rozdziałów, przedstawiono w rozdziale pierwszym. W rozdziale drugim Autor utożsamia zakres pracy z przedstawionymi celami szczegółowymi. W opinii recenzenta tytuł rozdziału drugiego powinien brzmieć „*Cel i tezy pracy*”.

W trzecim rozdziale, jednym z ważniejszych z punktu widzenia celów pracy, Autor przedstawia założenia metody oraz charakteryzuje opis matematyczny odwzorowania sceny oświetlenia ulicznego. Następnie przedstawia parametry oceny stanu oświetlenia wyróżniając klasy oświetleniowe a także parametry efektywności energetycznej oceny stanu oświetlenia ulicznego. Kolejno szczegółowo charakteryzuje osiem czynników wpływających na natężenie oświetlenia oraz w sposób ogólny tzw. czynniki zewnętrzne. Autor w tym rozdziale przedstawia ograniczenia metody.

Rozdział czwarty poświęcony jest opisowi przeprowadzonych badań terenowych. Rozpoczyna się typowo, od opisu poligonów badawczych zlokalizowanych w Warszawie. Kolejno przedstawia pomiary natężenia oświetlenia rozpoczynając od charakterystyki metody klasycznej. Przy czym w pierwszym akapicie podrozdziału 4.2 zatytułowanym „*Pomiary natężenia oświetlenia metodą klasyczną*” Doktorant pisze o autorskim systemie pomiarowym i metodzie realizacji badań dynamicznych, a nie, jak to ma miejsce w tytule podrozdziału, badań klasycznych (tj. realizowanych metodą statyczną). Następnie dość szczegółowo opisuje w rozdziale 4.3 pomiary przeprowadzone metodą dynamiczną. Poziom szczegółowości prezentowanych treści w tym podrozdziale wydaje się być uzasadniony i zrozumiały, ponieważ Autor chce precyzyjnie opisać system pomiarowy, który opracował. Wobec czego w pierwszej kolejności przedstawia przyjęte założenia funkcjonalne dla stanowiska badawczego. Następnie opisuje sam system pomiarowy, urządzenia i technologie, które wykorzystał do jego opracowania. Charakteryzuje również wykonane samodzielnie badania na ulicach Warszawy oraz podejmuje próbę określenia jakości działania systemu pomiarowego z wykorzystaniem narzędzi statystyki.

W rozdziale piątym prezentowana jest analiza wyników pomiarów przeprowadzonych metodą statyczną jak i dynamiczną. Dla obu metod zestawiono m. in. wartości natężenia oświetlenia i rozkłady natężenia oświetlenia. Dodatkowo Autor przedstawia analizę wyników prowadzonych przez siebie badań symulacyjnych realizowanych we współpracy z ZDM w Warszawie wykorzystując do tego oprogramowanie dedykowane modelowaniu i symulacji scen oświetlenia. Warto zaznaczyć, że użyte oprogramowanie DIALux jest uznanym narzędziem przez Międzynarodową Organizację Oświetleniową (CIE) i szeroko wykorzystywanym przez naukowców zajmujących się problematyką oświetlenia. Kolejno Doktorant przeprowadza weryfikację modelu sceny oświetlenia ulicznego porównując ten symulacyjny z analitycznym (teoretycznym) oraz prowadzi aproksymację wartości natężenia oświetlenia ulicznego w funkcji drogi. Finałem tego rozdziału jest weryfikacja metody z wykorzystaniem modeli symulacyjnych dla typowych rozwiązań najczęściej występujących opraw i geometrii pola pomiarowego.

Szósty rozdział ma charakter aplikacyjny, w którym Doktorant przedstawia zastosowanie opracowanej przez siebie metody na przykładzie dwóch odcinków ulic w Warszawie, tj. około



2 kilometrowego odcinka ul. Smoczej i około 150 metrowego odcinka ul. Inowłodzkiej. Przykłady obejmują ocenę stanu oświetlenia ulicznego poprzez wyznaczenie wartości natężenia oświetlenia i efektywności energetycznej. Rozdział ten kończy podsumowanie.

Siódmy rozdział zawiera podsumowanie i wnioski rozprawy, które Doktorant zawiera w trzech podrozdziałach. Pierwszym, charakteryzującym osiągnięcia teoretyczne rozprawy. Drugim, w którym opisuje osiągnięcia praktyczne. Natomiast trzeci zawiera prezentację kierunków dalszych badań. Autor w tym rozdziale uzasadnia także prawdziwość sformułowanej tezy i zrealizowanie celów dysertacji.

Ostatni, ósmy rozdział pracy to literatura. W opinii recenzenta literatura nie powinna stanowić oddzielnego rozdziału pracy.

Uważam, że przyjęty przez Autora układ pracy w większości jest poprawny. Potwierdza to również równomierne rozłożenie treści w poszczególnych podrozdziałach, tj. rozdział pierwszy napisano na 23 stronach, trzeci na 21, czwarty na 19, piąty na 24 a szósty na 15. Wyjątkiem jest rozdział siódmy („Podsumowanie i wnioski”), który zwykle jest krótszy. Jedyne wątpliwości budzi objętość rozdziału drugiego, który zajmuje 4 strony dysertacji. Moim zdaniem rozdział ten powinien być elementem rozdziału pierwszego przy jednoczesnej przebudowie struktury tego rozdziału lub wydzieleniu części treści z rozdziału pierwszego i zbudowaniu nieco inaczej rozdziału drugiego. Dysertacja zawiera także 24 strony załączników.

Pewne wątpliwości budzi również struktura niektórych rozdziałów, bowiem Autor pisze podsumowanie do rozdziału pierwszego dedykując tym treściom oddzielny podrozdział. W rozdziale szóstym na 142 stronie także zawarte jest podsumowanie. Dotyczy ono treści zamieszczonych właśnie w rozdziale szóstym, lecz w tym przypadku Autor nie przedstawia ich w oddzielnym podrozdziale. Natomiast w pozostałych rozdziałach (z wyjątkiem siódmego, który nosi nazwę „Podsumowanie i wnioski”) takiego podsumowania nie ma. Można to uznać za niekonsekwencję Doktoranta w konstruowaniu struktury rozprawy.

W przeważającej większości treści zawarte w kolejnych rozdziałach odpowiadają tytułom i stanowią logiczne rozwinięcie problematyki podjętej w rozprawie. Należałoby jedynie dokonać korekty nazwy rozdziału drugiego, o której wspomniano wcześniej.

3.2 Ocena doboru tematu i zakresu pracy doktorskiej

Poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd) jest jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed współczesnym społeczeństwem. Zarządzający ruchem i drogami, inne instytucje administracji publicznej, środowiska naukowe i inne organizacje pracują nad poszukiwaniem rozwiązań poprawiających skutecznie poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego zarówno w miastach jak i na obszarach wiejskich. Jednym z najważniejszych czynników determinujących ten poziom jest widoczność. Jest to cecha, która istotnie zależy od parametrów infrastruktury drogowo-ulicznej w ruchu drogowym jak również od jakości oświetlenia. Odpowiednie oświetlenie, szczególnie w nocy, ma niebagatelne znaczenie nie tylko w zapewnieniu należytego poziomu brd, ale również komfortu prowadzenia pojazdu. Dlatego istotne jest monitorowanie stanu infrastruktury oświetleniowej. Jest to działanie,

w wyniku którego możliwe jest zdiagnozowanie nieprawidłowości w poprawnym funkcjonowaniu oświetlenia, a w konsekwencji prowadzenia napraw (o ile będą konieczne). Z uwagi na dokładność pomiarów, monitorowanie to musi być realizowane z wykorzystaniem jak najdoskonalszych metod i technologii. Natomiast biorąc pod uwagę koszt, istotnym jest, aby realizować ten proces przy jak najmniejszych nakładach zasobów osobowych jak i czasowych. Tym wyzwaniom naprzeciw wychodzi Autor dysertacji, przedstawiając w zrealizowanej przez siebie pracy naukowej wyniki prowadzonych badań nad systemem monitorowania stanu oświetlenia w ruchu drogowym z wykorzystaniem metod dynamicznych.

Drugim argumentem potwierdzającym zasadność realizowanej pracy naukowej jest aspekt ekonomiczno-środowiskowy. Niewłaściwie dobrane do potrzeb, przewymiarowane systemy oświetlenia ulicznego powodują nadmierne, zbędne zużycie energii i zbędne koszty. Stąd konieczność poszukiwania metod oceny stanu infrastruktury oświetleniowej, umożliwiających weryfikację poprawności stosowanych rozwiązań.

Dlatego uważam, że temat podjęty przez Doktoranta w recenzowanej rozprawie jest ważny zarówno z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, dbałości o środowisko naturalne i koszty.

Zakres dysertacji został podzielony na dwie zasadnicze części. Pierwszą, w której opisano genezę tematu pracy, podstawy teoretyczne związane z metodami realizacji pomiarów cech oświetlenia ulicznego. W drugiej części rozprawy przedstawiono autorską metodę do pomiarów tych cech, scharakteryzowano prowadzone badania i ich wyniki a także zaprezentowano dwa przykłady zastosowania wypracowanej metody ukazujące jej użyteczność.

Podsumowując, problem badawczy rozprawy jest aktualny. Doktorant zdefiniował ambitne zadanie do rozwiązania. Temat sformułował poprawnie a zakres jest zgodny z zasadami dociekań naukowych.

3.3 Ocena celów i tezy pracy doktorskiej

Doktorant sformułował cel pracy, tj. „*Opracowanie metody pomiaru stanu infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym*”. Cel jest sformułowany bardzo podobnie jak temat rozprawy. W opinii recenzenta jest poprawnie określony. Natomiast w treści dysertacji brakuje wyjaśnienia terminu „*stan infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym*”.

Dodatkowo Autor formułuje siedem celów szczegółowych, które w jego opinii mają posłużyć udowodnieniu tezy rozprawy i jednocześnie definiują jej zakres. Sposób formułowania celów szczegółowych, zdaniem recenzenta wymaga w niektórych przypadkach doprecyzowania. Na przykład cel nr 4 brzmi „*Zbudowanie systemu pomiarowego, który umożliwi przeprowadzenie badań doświadczalnych wpływu zmian płaszczyzny pomiaru oświetlenia drogowego (podrozdział 4.3.1)*”. Moim zdaniem właściwszym byłoby sformułowanie tego celu następująco „*Zbudowanie systemu pomiarowego, który umożliwi przeprowadzenie badań doświadczalnych wpływu zmian płaszczyzny pomiaru oświetlenia*

ulicznego na wartości wybranych cech oświetlenia ulicznego (podrozdział 4.3.1)". Podobne wątpliwości odnotowuję w odniesieniu do sposobu sformułowania celu szczegółowego nr 1, który brzmi „Opracowanie analitycznego „przejścia” pomiędzy płaszczyzną realizacji pomiaru a powierzchnią jezdni, do której odnoszą się standardy oświetlenia (podrozdział 3.1)". W opinii recenzenta Autorowi chodziło o opracowanie analitycznego modelu odwzorowania płaszczyzny jezdni, do której odnoszą się standardy oświetlenia w płaszczyźnie realizacji pomiaru.

Jak twierdzi Doktorant, cele szczegółowe definiują zakres dysertacji. Recenzent poddaje w wątpliwość poprawność takiej tezy, ponieważ w jego opinii Autor wykonał i opisał więcej zadań niż te, określone w zdefiniowanych siedmiu celach szczegółowych. Dowodem na to są treści opisane w siódmym rozdziale dysertacji pt. „Zastosowanie metody”, w którym przedstawione są walory praktyczne i użytkowe opracowanej przez Autora metody.

Oceniając jednak sformułowane cele w sposób generalny, uważam, że odnoszą się do najważniejszych zadań zrealizowanych w rozprawie. Warto dodać, że cele pracy są zasadne i ważne zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia. Najważniejszym jednak jest fakt, że cel opracowanej pracy doktorskiej został przez Doktoranta zrealizowany.

W pracy przedstawiono dwie tezy:

1. „W badaniach stanu oświetlenia infrastruktury drogowej oprócz metody wskazanej w normie można stosować inną metodę, polegającą na rejestracji wartości natężenia oświetlenia w trakcie jazdy podczas ruchu drogowego”.
2. „Możliwe jest określenie klas oświetlenia drogowego dzięki pomiarom wartości natężenia oświetlenia rejestrowanych podczas jazdy pojazdem w ruchu drogowym”.

Obie tezy silnie korelują ze sformułowanym celem rozprawy i co do zasady w sposób ogólny wyrażają zamierzenie badawcze, którego podjął się Doktorant. Jednak w rozprawie doktorskiej teza lub tezy są formułowane w taki sposób, aby udowodnić dojrzałość naukową Autora i powinny być określone nienagannie. Tymczasem w mojej opinii przedstawione tezy można było sformułować dokładniej, tj.:

- w przypadku tezy 1 brakuje odniesienia do nazwy normy,
- formułując tezę 1 Autor pisze „...w trakcie jazdy podczas ruchu drogowego”, a tezę 2 pisze „...podczas jazdy pojazdem w ruchu drogowym”. Jak widać obie formy gramatyczne są różne. Uważam, że właściwą jest ta „...podczas jazdy pojazdem w ruchu drogowym”.

Trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że przedstawione tezy zostały udowodnione.

3.4 Ocena doboru metod do rozwiązania problemu badawczego

Opracowanie systemu pomiarowego, którego podjął się Doktorant to zagadnienie bardzo złożone i wielowymiarowe. Wymagało od niego wykorzystania nabytej wiedzy lub umiejętności z zakresu:

- znajomości uwarunkowań formalno-prawnych realizacji procesu pomiaru cech oświetlenia ulicznego, w szczególności norm i ustaw,

-
- znajomości narzędzi modelowania matematycznego na przykład na potrzeby odwzorowania płaszczyzny jezdni w płaszczyźnie realizacji pomiaru,
 - formułowania metod badawczych w ujęciu procesowym,
 - znajomości problematyki definiowania klas oświetleniowych, parametrów efektywności energetycznej oraz identyfikacji czynników wpływających na natężenie oświetlenia,
 - konstruowania stanowisk do pomiarów natężenia oświetlenia poprzez dobór, wykorzystanie i montaż odpowiednich urządzeń pomiarowych,
 - wykonywania pomiarów różnymi metodami i przy wykorzystaniu różnych, współcześnie używanych do tych celów technik,
 - wykorzystania aparatu statystycznego,
 - opracowywania modeli symulacyjnych i prowadzenia analiz z ich wykorzystaniem.

Jak widać, Doktorant do zrealizowania celów rozprawy musiał się wykazać szerokim wachlarzem umiejętności i kompetencji, zarówno tych o charakterze praktycznym (np. konstruowanie stanowisk pomiarowych), jak i naukowym (np. modelowanie, analiza wyników pomiarów).

Doktorant potrafi dobrać właściwie metody i narzędzia do rozwiązywania problemów o naukowym charakterze. Wysoko oceniam jego umiejętności w zakresie wykorzystania aparatu modelowania matematycznego oraz planowania, realizowania i analizy wyników badań empirycznych czy też opracowywania modeli symulacyjnych. Należy również wspomnieć o umiejętności systemowego podejścia do rozwiązywania problemów technicznych, czego dowodzi przyjęty do opracowania modeli zbiór czynników, które zostały uwzględnione w rozprawie. Co więcej Doktorant wykazał się również umiejętnością formułowania użytkarnych modeli, bowiem opracowane przez niego narzędzie jest skalowalne i może być zastosowane dla innych niż przyjętych w rozprawie poligonów badawczych (np. dróg o innym przekroju niż 1x2).

3.5 Ocena oryginalności i naukowej wartości rozprawy

Opracowanie metody do pomiarów wartości natężenia oświetlenia oraz efektywności energetycznej bazującej na wykorzystaniu autorskiego systemu pomiarowego zamontowanego na dachu pojazdu (metoda pomiarów dynamicznych) świadczy o oryginalności rozprawy. Zwłaszcza, że w świetle przeprowadzonych przez Autora rozprawy studiów literaturowych w tym aspekcie obserwuje się lukę badawczą. Wykorzystanie metody w praktyce może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego i zwiększenia efektywności energetycznej stosowanych rozwiązań infrastruktury oświetleniowej.

Do najistotniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta przedstawionych w rozprawie zaliczam:

- uporządkowanie wiedzy z zakresu metod i technik wykorzystywanych do realizacji pomiarów cech oświetlenia ulicznego,

- sformułowanie modelu matematycznego odwzorowania płaszczyzny jezdni, do której odnoszą się standardy oświetlenia w płaszczyźnie realizacji pomiaru,
- opracowanie metody pomiarów cech oświetlenia ulicznego z wykorzystaniem czujników zamontowanych na płaszczyźnie dachu pojazdu, która jest istotnym rozszerzeniem dotychczas wykorzystywanych metod poprzez:
 - o możliwość rejestracji geokodowanych danych pomiarowych o wartościach natężenia oświetlenia pozwalających na weryfikację stanu oświetlenia ulicznego poprzez wyznaczenie klasy oświetlenia oraz wskazanie efektywności energetycznej,
 - o możliwość rejestracji natężenia oświetlenia podczas jazdy pojazdu w ruchu drogowym,
 - o wizualizację pomierzonych danych na mapach GIS przekładającą się na szybką identyfikację obszarów wymagających podjęcia ewentualnych działań naprawczych przez dedykowane do tego jednostki,
 - o skalowalność stosowanego rozwiązania na różne typy obiektów liniowej infrastruktury drogowo-ulicznej.
- przeprowadzenie pomiarów metodą badań statycznych i dynamicznych,
- opracowanie modeli symulacyjnych,
- weryfikacja i walidacja metody,
- implementację opracowanej metody na przykładach.

4. Uwagi krytyczne

4.1 Uwagi o charakterze redakcyjnym i edycyjnym

Ogólnie recenzowana rozprawa doktorska jest napisana poprawnym językiem na dobrym poziomie. Błędy o charakterze redakcyjnym i edytorskim występują sporadycznie. Niestety praca nie jest pozbawiona takich błędów, czego przykładem są:

- brak zastosowania przypisów do sformułowań przedstawionych w wykazie najważniejszych pojęć używanych w pracy, bowiem w opinii recenzenta nie wszystkie definicje przedstawione w tym wykazie są autorstwa Doktoranta,
- w wykazie najważniejszych pojęć używanych w pracy nie ponumerowano przedstawionych zależności,
- literówki, na przykład w zdaniu na str. 5 „...z uwagi na zmianę płaszczyznę pomiaru...” lub w zdaniu na str. 17 „...charakteryzują się stosunkową niską sprawnością...”.
- brak opisu zmiennych przy prezentowaniu niektórych zależności, tak jak na przykład dla wzorów 3.2 i 3.3 oraz 3.5, 3.6, 3.7,
- brak opisu jednostek przy zmiennych będących wyjaśnieniem oznaczeń stosowanych we wzorach tak jak dla zmiennej w – częstotliwość podstawowa sygnału będącej wyjaśnieniem zmiennej używanej w zależności 3.4,

- niekonsekwentne opisywanie jednostek miar bezwymiarowych dla przedstawianych w rozprawie zmiennych; na przykład na str. 55 dla zmiennych: „*równomierność całkowita rozkładu luminancji jezdni U_0 [-]*” i „*równomierność wzdłużna rozkładu luminancji jezdni U_l [-]*” zaznaczono, że zmienne te mają jednostki bezwymiarowe przy użyciu oznaczenia [-], natomiast do wzoru 1.4 na str. 27 już tego nie zrobiono przedstawiając jednostkę zmiennej „ *N – liczba punktów obliczeniowych w kierunku wzdłużnym*” bez omawianego oznaczenia.
- używanie skrótów myślowych tak jak w zdaniu na str. 5 „*Rozdział szósty to praktyczne zastosowanie metody...*”, zamiast „*Rozdział szósty zawiera opis praktycznego zastosowania metody...*”,
- nie w pełni prawidłowe opisywanie źródeł na rysunkach (np. dla rys. 4.17 czy 4.18), bowiem twierdzi się, że źródłem rysunku jest „*opracowanie własne*”, tymczasem w opinii recenzenta podkład mapowy, na którym Autor zaznacza określone informacje, nie jest jego dziełem; wydaje się, że właściwszym byłoby użycie sformułowania „*opracowanie własne na podstawie...*”,
- niewłaściwe opisanie nagłówków kolumn (nazwy cech) w tabelach np. w pierwszej kolumnie tabel 5.8 i 5.9 autor przedstawia numery punktów pomiarowych a nagłówek kolumny w tabelach brzmi „*Kierunek wzdłużny\poprzeczny*”.

4.2 Uwagi o charakterze merytorycznym

1. W wykazie najważniejszych pojęć używanych w pracy brakuje definicji, które są często wykorzystywane przez Autora dysertacji a są związane ściśle z tytułem rozprawy tj.: oświetlenie drogowe, oświetlenie uliczne, infrastruktura oświetleniowa, stan infrastruktury oświetleniowej.
2. Autor przytacza, dla uzasadnienia potrzeby realizacji dysertacji, dość ważne dane. Na przykład w zdaniach na str. 17 „*Łączne zużycie energii elektrycznej w Polsce we wrześniu 2020 r. wyniosło 13480 GWh.*” oraz „*Drogowe oprawy oświetleniowe w Polsce wyposażone są w wyeksploatowane i nieefektywne źródła sodowe i rtęciowe, które stanowią 60% wszystkich źródeł światła i charakteryzują się stosunkową niską sprawnością (ok. 40%). Średni wiek instalacji oświetlenia ulicznego należącego do gmin wynosi 10-15 lat, 15-30 lat w przypadku, gdy instalacja jest własnością operatora energetycznego.*”. Tymczasem nie wskazuje źródeł danych przedstawionych przez siebie informacji. Podobnie jak w zdaniu na str. 64 „*W warunkach polskich przyjmuje się średni czas pracy instalacji wynoszący 4024 h/rok.*”.
3. Wzór (1.5) „ $D = \frac{S}{N}$ ” na obliczanie liczby punktów pomiarowych ma taką samą postać jak wzór (1.4). W opinii recenzenta jest sformułowany niepoprawnie, zwłaszcza że w opisie zmiennych pod zależnością (1.5) zamieszczono W_r , która wyraża szerokość jezdni albo rozważanej powierzchni [m].
4. Autor często odnosi się do zapisów normy Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego składającej się z pięciu części, tj. PKN-CEN/TR 13201-1, PN-EN 13201-2:2015, PN-EN

13201-3:2015, PN-EN 13201-4:2015, PN-EN 13201-5:2015, która w literaturze zapisana jest odpowiednio pod pozycjami [32, 29, 31, 30, 28]. Niestety w dysertacji nie zawsze precyzyjnie opisuje to, do której się odnosi. Na przykład w zdaniu na str. 38 pisze „Analiza literatury wykazała, że brakuje metody pomiaru stanu oświetlenia ulicznego, która pozwalałaby uzyskać wyniki zgodne z normą, przy zmianie płaszczyzny pomiarowej z powierzchni jezdni na wysokość inną niż normatywna”. Z kolei na str. 59 odwołanie do normy ma już precyzyjną formę, tj. „Kryteria te związane są z efektywnością energetyczną, którą zaprezentowano w piątej części normy [28].” lub „Ostatnia część normy [28] ...”.

5. W tabelach od 4.1 do 4.4 Autor przedstawia wyniki pomiarów wartości natężenia oświetlenia przeprowadzonych metodą statyczną. Przy czym tytuł tabeli 4.1 brzmi „Wyniki dla pola pomiarowego luksomierzem na wysokości 1,5 metra”. Tytuł tabel od 4.2 do 4.4 jest podobny, z wyjątkiem informacji o wysokości umieszczenia urządzenia do przeprowadzenia pomiarów. Nagłówki każdej z tabel zatytułowano „Punkty pomiarowe w kierunku wzdłużnym $E [lx]$ ”. Natomiast wartości w tabelach wyrażają pomierzone natężenie oświetlenia, o czym Autor nie wspomina. Można się jedynie domyśleć z przedstawionej jednostki miary przy niewłaściwie, zdaniem recenzenta, opisanych tytułach i nagłówkach tabel.

Proszę, aby Doktorant nie ustosunkowywał się do tych uwag podczas publicznej obrony, lecz ewentualnie uwzględnił je w przyszłych publikacjach.

5. Pytania do Autora rozprawy

1. Str. 5: W zdaniu Autor pisze „Druga część rozprawy ma charakter użytkowo-aplikacyjny”. Co Doktorant rozumie pod pojęciem „użytkowo-aplikacyjny”?
2. Str. 13: Doktorant pisze „W przypadku dróg przeznaczonych dla ruchu motorowego o średnich lub wysokich prędkościach...”. Proszę o wyjaśnienie pojęć: „ruch motorowy” oraz „ruch motorowy o średnich prędkościach” a także „ruch motorowy o wysokich prędkościach”.
3. Str. 39: W opinii recenzenta, Doktorant formułując cel pracy, tj. „Opracowanie metody pomiaru stanu infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym” przyjął, że pojęcie „stan infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym” jest jednoznaczne i powszechnie znane. Recenzent nie odnajduje w rozprawie wyjaśnienia tego terminu, skądinąd, kluczowego dla właściwego zrozumienia rozpatrywanej w dysertacji problematyki badawczej. Co Autor rozumie pod pojęciem „stan infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym”? Proszę o wyjaśnienie.
4. Str. 49: Autor opisując mechanizm realizacji pomiaru z wykorzystaniem opracowanego przez siebie systemu pomiarowego pisze „Pomiary terenowe polegają na kilkukrotnej rejestracji analizowanego pola pomiarowego autorskim systemem pomiarowym.” oraz „...dlatego wielokrotna rejestracja daje rzetelny obraz sytuacji oświetleniowej i pozwala wykluczyć przypadkowe błędy związane z oddziaływaniem światła obcego

lub innych czynników, które mogłyby zaburzyć wyniki pomiarowe.". Natomiast na stronie 101 opisując przebieg zrealizowanego badania na ulicy Smoczej w Warszawie pisze *„Dla każdego pola pomiarowego wykonano pięć przejazdów.”*. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego Autor wykonał właśnie 5 przejazdów? Proszę również o informację, w jaki sposób należy ustalać minimalną liczbę przejazdów, aby zapewnić rzetelność realizowanego pomiaru?

5. Str. 50: Na rysunku 3.12 przedstawiającym schemat postępowania opracowanej metody, jeden z bloków tego procesu zatytułowany jest przez Autora *„Określenie parametrów oceny stanu oświetlenia drogowego (podrozdział 3.2)”*. Z kolei podrozdział 3.2 nosi nazwę *„Parametry oceny stanu oświetlenia ulicznego”*. Czy według Doktoranta sformułowania „oświetlenie drogowo” i „oświetlenie uliczne” można traktować jak synonimy? Bardzo proszę o uzasadnienie swojego stanowiska.
6. Str. 53: Autor pisze *„Dla przyjętych przedziałów czasowych należy odpowiednio dobrać wagi. Pozwoli to na określenie poziomu klasy M w zakresie od 1 do 6 zmiany poziomu oświetlenia, co wynika ze zmiany parametrów natężenia ruchu.”*. Proszę o wyjaśnienie jakie „parametry natężenia ruchu” Doktorant miał na myśli oraz jakie są mu znane „parametry natężenia ruchu”?
7. Str. 53 - 58: Definiując klasę oświetleniową według źródła literaturowego [32] zamieszczonego w rozprawie istnieje konieczność określenia m. in. stopnia trudności kierowania pojazdem. W tabelach 3.1 i 3.4 dla potrzeb doboru klasy oświetlenia odpowiednio M i C określa się parametr o nazwie *„Trudność kierowania pojazdem”* w trzech wariantach, dla których przyjmuje się wartości wag V_w wynoszące 2 lub 1 lub 0. W jaki sposób ustala się poszczególne warianty tj. „bardzo trudno”, „trudno” i „łatwo” dla wspomnianego parametru, dla których przyporządkowuje się wartości wag V_w ?
8. Str. 87: W podrozdziale 4.2 Autor charakteryzuje klasyczną metodę pomiarów natężenia oświetlenia pisząc jednocześnie *„Badania terenowe zostały wykonane w dwóch wariantach klasycznym i dynamicznym”*. Proszę wyjaśnić, dlaczego Doktorant używa w tytule tego podrozdziału sformułowania *„metoda klasyczna”*, podczas gdy w drugim akapicie pisze *„Badania wykonane metodą statyczną posłużyły ...”*?
9. Str. 103 i 104: Określając jakość działania autorskiego systemu pomiarowego Doktorant przedstawia metodykę weryfikacji pozyskanych z systemu danych z tymi empirycznymi. Jako ogólną miarę jakości definiuje *„... dokładność przedstawiająca położenie danych w odniesieniu do wartości nominalnej/rzeczywistej oraz wariancja wskazująca na zmienność/rozpiętość danych pomiarowych.”*. Do badania prawidłowości działania tego systemu wybiera metodę MSA (*ang. Measurement System Analysis*) wraz z testem R&R (*ang. Repeatability and Reproducibility Study*). Następnie przedstawia wyniki prowadzonych przez siebie obliczeń statystyki R&R porównując je do wyników tego testu dla innych systemów pomiarowych. W rezultacie udowadnia prawidłowość działania opracowanego przez siebie systemu pomiarowego. Proszę o wyjaśnienie:

- Jakie mierzone cechy były wykorzystane do prowadzonych obliczeń?
 - W jaki sposób określano wartości referencyjne tych cech?
10. Str. 110: Opisując proces analizy wyników badań symulacyjnych Doktorant pisze „*Na podstawie przygotowanego odwzorowania w środowisku symulacyjnym wykonano szereg obliczeń w geometrii przyjętej siatki pomiarowej...*”. Jakie obliczenia wykonano? Proszę o wyjaśnienie.
11. Str. 128: Na rysunku 5.17 zmienną jest „*Utrzymanie klasy %*”. W jaki sposób wyznaczono wartości tej zmiennej?

6. Ocena rozprawy i wniosek końcowy

Autor dysertacji wykazał się bardzo dobrą znajomością podejmowanej w rozprawie problematyki. Dowiódł, że umiejętnie przeprowadził badania eksperymentalne, a także potrafi formułować modele matematyczne i opracowywać systemy pomiarowe. Mimo przedstawionych uwag krytycznych, recenzowaną rozprawę doktorską Pana mgr inż. Piotra JASKOWSKIEGO oceniam pozytywnie. Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa została wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Wyznaczone przez Autora cele rozprawy zostały osiągnięte, a teza udowodniona.

Oceniając całość rozprawy stwierdzam, że stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, który został zdefiniowany na podstawie poprawnie przeprowadzonych studiów literaturowych a następnie identyfikacji luki badawczej. Czytając rozprawę można zauważyć duże zainteresowanie Doktoranta problematyką badań związanych z oświetleniem ulicznym. Autorowi bardzo zależało na tym, aby opracowana przez niego metoda cechowała się uniwersalnością a także możliwe szeroką automatyzacją zwłaszcza przy zbieraniu, przetwarzaniu i analizowaniu danych. Dzięki takiemu podejściu opracowany przez niego system pomiarowy daje możliwość szybkiej oceny stanu infrastruktury oświetlenia ulicznego.

Należy zaakcentować, że Autor wykazał się zdolnością analitycznego ujęcia rozpatrywanego problemu oraz dojrzałością badawczą w samodzielnym prowadzeniu badań naukowych. Problem badawczy został poprawnie sformułowany, a wywód naukowy był prowadzony z wykorzystaniem właściwie dobranych technik i metod badawczych.

Przedstawiona w rozprawie metoda jest oryginalnym dorobkiem naukowym Doktoranta i może być wykorzystana w praktyce, co zostało udowodnione przykładami zaprezentowanymi w rozdziale szóstym. Co więcej w opisie kierunków dalszych badań Autor planuje rozwój opracowanego przez siebie systemu. Zamierza opracować profesjonalną konstrukcję systemu, która umożliwi realizację pomiarów na skalę przemysłową. Tym samym uważam, że praca wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa i Transport w zakresie rozwoju metod i technik badań stanu infrastruktury oświetlenia ulicznego.

Konkludując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Piotra JASKOWSKIEGO pt. „*Metoda pomiaru stanu infrastruktury oświetleniowej w ruchu drogowym*” spełnia wymogi formalne stawiane pracom doktorskim w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie

naukowej Inżynieria Lądowa i Transport zawarte w „Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478, z późn. zm.).

Stawiam wniosek o przyjęcie recenzowanej rozprawy przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

dr hab. inż. Aleksander Sobota, prof. PŚ

Aleksander Sobota