

dr hab. inż. Grzegorz Lenda, prof. uczelni  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie  
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Katedra Geodezji Zintegrowanej i Kartografii  
al. Mickiewicza 30  
30-059 Kraków

Kraków, dn. 8.07.2023 r.

## Recenzja

Rozprawy doktorskiej Pani mgr. inż. Ewy Joanny Świerczyńskiej  
pt.: „Nowa metodyka inwentaryzacji miejsca zdarzenia drogowego”

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą do opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej, Pana dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. Uczelni z dnia 16 maja 2023 roku oraz ustawa z dnia 3 lipca 2018 roku, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1669, z późn. zm.).

Recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej Pani mgr. inż. Ewy Joanny Świerczyńskiej, zatytułowanej: „Nowa metodyka inwentaryzacji miejsca zdarzenia drogowego”, której promotorką jest Pani dr hab. inż. Janina Zaczek-Peplinska, prof. uczelni.

Przedstawiona do recenzji rozprawa dotyczy integracji nowoczesnych metod pomiarowych, mogących służyć inwentaryzacji miejsca zdarzenia drogowego z zasobami dotyczącymi infrastruktury drogowej i organizacji ruchu. Umożliwi to pełne zobrazowanie miejsca zdarzenia, pozwalające na lepszą ocenę analizy przyczyn i skutków zdarzenia. Badane aspekty naukowe pracy mieszczą się w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

### 2. Podstawowe informacje dotyczące rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa składa się z 11 rozdziałów z treścią badawczą, a razem z załącznikami i bibliografią liczy 256 stron. Całość stanowi logiczny i prawidłowy układ. Praca zawiera 119 rysunków i 34 tabele. Treść jest dobrze powiązana z dużą ilością rysunków, z których większość stanowią wykresy będące wynikami prowadzonych analiz. Tabele zawierają najczęściej wyniki badań jak i skrótowe podsumowanie różnych etapów proponowanych rozwiązań. Bibliografia liczy 48 pozycji, w tym 27 polsko- i 21 obcojęzycznych, a dodatkowo 18 aktów prawnych i 8 pozycji internetowych, będących jedynie adresami stron.

Teza postawiona w pracy brzmi: „Integracja istniejących danych przestrzennych, dotyczących infrastruktury drogowej i organizacji ruchu drogowego oraz danych pomiarowych znacząco zwiększy efektywność procesu inwentaryzacji sytuacji na miejscu zdarzenia drogowego.” Udowodnienie tezy zostało przeprowadzone bardzo skrupulatnie, w logicznych etapach, a badania, zarówno pomiarowe, obliczeniowe jak i analizujące uzyskane wyniki są zrealizowane prawidłowo. Szczegółowo omawia to poniższa ocena merytoryczna rozprawy. Zawarte w niej uwagi do poszczególnych etapów mają głównie charakter polemiczny.

### 3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Praca składa się z trzech części, grupujących po kilka rozdziałów. W pierwszej, w rozdziałach 3 i 4 opisano zagadnienia teoretyczne, związane ze zdarzeniem drogowym oraz technicznymi i informatycznymi możliwościami zbierania danych o miejscu zdarzenia. W zakresie metod pomiarowych, dokumentują one rozwiązania już stosowane i wskazują na rozwiązania znane z geodezji, które pozwalają na zebranie danych o dużej szczegółowości, jak np. skaniny naziemne, fotogrametria BSL czy skaniny mobilne. W zakresie oprogramowania opisują natomiast istniejące rozwiązania stosowane przez służby i wskazują ich braki, dające możliwość stworzenia bardziej rozbudowanych systemów gromadzenia danych o zdarzeniu drogowym.

Wprowadzenie teoretyczne implikuje cel badań, które postawiła przed sobą Autorka. Polega on na stworzeniu systemu, umożliwiającego integrację istniejących danych dotyczących infrastruktury drogowej i danych dotyczących organizacji ruchu oraz danych pomiarowych, zinwentaryzowanych po wystąpieniu zdarzenia. W ten sposób nowoczesne metody pomiarowe dostarczą informacji o bezpośrednich skutkach zdarzenia, które zostaną powiązane z danymi znajdującymi się już w odpowiednich zasobach. Rozważania związane z przedstawioną ideą zawarto w drugiej części pracy, w rozdziałach 5-7. Wskazują one na różnice w treści zasobów geodezyjnych i kartograficznych oraz danych o organizacji ruchu i ewidencji dróg, które wg. opracowanej koncepcji powinny wzajemnie się uzupełniać. Pokazują i analizują w jaki sposób, za pomocą wybranych transformacji: Helmerta, afinicznej, biliniowej i bikwadratowej, w oparciu o odpowiednio wybrane punkty dostosowania, należy połączyć te dwie bazy. Analizy są przedstawione dla obszarów gdzie występują skrzyżowania pozwalające na zidentyfikowanie odpowiednio licznej grupy punktów dostosowania. Jak jednak postępować na odcinkach dróg bez skrzyżowań i towarzyszącego im oznakowania, np. w terenie niezabudowanym? W pracy zasygnalizowano ten problem, ale nie podlegał on badaniom.

W dalszej kolejności przedstawiono, w jaki sposób do danych z zasobów dołączyć pomiar inwentaryzacyjny miejsca zdarzenia. W zależności od metody pomiarowej (wymiarowanie tradycyjne, tachimetria i wg. nomenklatury pracy „pomiar chmurowy”) zaproponowano różne rodzaje powiązań danych, ze szczególnym uwzględnieniem transformacji w oparciu o punkty dostosowania, jako metody uniwersalnej. Wykonano teoretyczne analizy dokładności, skupiając się w głównej mierze na danych pozyskanych za pomocą tachymetrów. W tym przypadku, do integracji danych, oprócz transformacji zastosowano metodę wcięć. Szczególne wyeksponowanie pomiarów tachymetrycznych nie wydaje się uzasadnione, ponieważ metoda ta, jak zresztą pokazują analizy, wymaga dość dużej podbudowy teoretycznej i wiedzy praktycznej od operatora sprzętu pomiarowego. Wydaje się, że jeśli będzie to policjant, nie posiadający wykształcenia geodezyjnego, może mieć problemy z praktycznym zastosowaniem wskazówek z badań, dobraniem odpowiedniej geometrii pomiarowej itp. W rozdziałach teoretycznych zaznaczono zresztą, że tachimetria jest stosunkowo złożoną metodą i np. zaleca się pomiar całego miejsca zdarzenia z jednego stanowiska (s.32) lub wskazuje, że jej wynik zależy w dużej mierze od umiejętności osoby dokonujące pomiaru (s.41). Dalej (s.47), że pomiar i opracowanie będą przeprowadzać policjanci, posiadający jedynie podstawową wiedzę na ten temat. Dodatkowo tachimetria, pozwalająca na pomiar w realnym czasie niewielu pikiet, wydaje się być znacznie mniej uniwersalna od metod chmurowych analizowanych dalej.

Pewne wątpliwości wzbudza nazwanie wszystkich pozostałych metod „rozwiązaniami chmurowymi” i w konsekwencji układ dalszych podrozdziałów. Jako chmury punktów określone są zazwyczaj gęste zbiory punktów, pozwalające na intuicyjną ocenę kształtu mierzonych

obiektów. Takimi metodami są opisane w pracy: skaning naziemny, fotogrametria BSL, czy skaning mobilny. Trudno jednak zaliczyć do nich metodę GNSS RTN, która dostarcza zbiorów obserwacji o gęstości porównywalnej z tachimetrią i nie daje wyobrażenia o kształcie mierzonych obiektów.

Trzecia część pracy (rozdziały 8-10), stanowiąca ponad połowę jej treści, związana jest z przeprowadzeniem eksperymentu pomiarowego, będącego praktyczną realizacją i weryfikacją przedstawionej koncepcji integracyjnej. Do inwentaryzacji miejsca zdarzenia wykorzystano klasyczny tachimetr, tachimetr skanujący, technikę GNSS RTN, fotogrametrię BSL, naziemny skaning laserowy oraz skaning mobilny z wykorzystaniem smartfona wyposażonego w LIDAR. Wyniki tych pomiarów zintegrowano z układem mapy zasadniczej przy wykorzystaniu transformacji dla wszystkich metod i dodatkowo wcięć dla tachimetrii. Szczególnie przydatne wydają się analizy dotyczące wskazania optymalnej konfiguracji punktów dostosowania do transformacji dla każdej z metod pomiarowych.

Podobnie jak wcześniej, najbardziej rozbudowane analizy zostały przeprowadzone dla tachimetrii. Z jednej strony ta obszerna wiedza jest potrzebna do zrozumienia specyfiki pomiaru, z drugiej wydaje się zbyt rozbudowana do praktycznego zastosowania przez służby drogowe. Przedstawiono również wyniki uzyskane za pomocą wideotachimetru skanującego, które mają postać chmurową. Rozszerzają one znacznie możliwości klasycznej tachimetrii i pozwoliły na ocenę geometrii pojazdu w naturalnych barwach, pochodzących ze zdjęć. Można się zastanowić, czy dane te nie powinny się znaleźć w kolejnym rozdziale, dotyczącym opracowania metod chmurowych.

Pozostałe metody, w tym GNSS RTN, umieszczono w rozdziale dotyczącym opracowania danych chmurowych. Największą przydatność wykazują metody dostarczające gęstych chmur punktów, pozwalające szczegółowo zarejestrować miejsce i efekty zdarzenia. Dane z fotogrametrii BSL wykorzystano do utworzenia ortofotomapy oraz chmury punktów. Badania wykonano z zastosowaniem i bez zastosowania naziemnych punktów georeferencyjnych. Wskazano że brak ich użycia, może znacząco zwiększyć błędy pomiarowe, ale ma uzasadnienie prawne, ponieważ ich ręczne wybranie powoduje subiektywną ingerencję w materiał dowodowy. Wydaje się jednak, że czynności pozwalające polepszyć dokładność materiału dowodowego powinny być dopuszczone. W celu powiązania uzyskanych wyników z układem mapy zasadniczej za pomocą transformacji, przeprowadzono obszerne badania. Tytuły poświęconych im rozdziałów tj.: „Możliwości implementacji algorytmów obliczeniowych – chmura punktów i ortofotomapa” nie opisują poprawnie ich treści.

Kolejną badaną metodą pomiarową był naziemny skaning laserowy. Miejsce zdarzenia zinwentaryzowano z kilku stanowisk pomiarowych, a chmury punktów zostały zintegrowane z układem mapy zasadniczej za pomocą transformacji, zwracając uwagę na różne konfiguracje punktów dostosowania. W pierwszej fazie badań skupiono się na wpasowaniu chmur pochodzących z poszczególnych stanowisk, a następnie rozważano przypadek wpasowania w układ mapy zasadniczej połączonych uprzednio chmury punktów. Taki przypadek jest zdecydowanie korzystniejszy, ponieważ dokładność wewnętrznego łączenia chmur punktów ze skaningu może wynosić kilka milimetrów. Dowiązanie chmury punktów do układu mapy zasadniczej odbywa się natomiast ze znacznie mniejszą dokładnością. Gdyby dowiązywać do mapy niezależnie chmury punktów z poszczególnych stanowisk skanera, powstałyby między nimi wzajemne przesunięcia i skręcenia. Model z naziemnego skaningu laserowego daje lesze ujęcie szczegółów miejsca zdarzenia niż pomiar BSL prowadzony z pewnego pułapu. Polemicznie

należy natomiast traktować propozycję posypania błyszczącej karoserii samochodu matowiącym proszkiem, polepszającym własności odbicia wiązki laserowej. Ingeruje to w materiał dowodowy w znacznie większym stopniu niż użycie punktów georeferencyjnych w pomiarach BSL.

Ostatnią, dość skrótowo opisaną metodą, był skaniny mobilny przy użyciu smartfona wyposażonego w Lidar. Skaniny mobilny umożliwia najlepszy dostęp do różnych szczegółów potencjalnego miejsca zdarzenia i jest to metoda przyszłościowa, zasługująca na uwagę. Wątpliwości budzi natomiast zastosowanie smartfona, który nie jest urządzeniem pomiarowym, a jego parametry skanowania są bardzo ograniczone. Zdecydowanie lepsze efekty można było uzyskać za pomocą ręcznych skanerów mobilnych, które mają większy zasięg i lepszą dokładność, a przede wszystkim są certyfikowanymi instrumentami pomiarowymi. Wydaje się, że służby drogowe, chcąc wykorzystywać tę technologię, skierują się raczej w stronę takich urządzeń. W rozdziale brakuje analiz liczbowych, umożliwiających ocenę dokładności tej technologii, tak dobrze dopracowanych we wcześniejszych badaniach. Natomiast nawet bez tych analiz, zaprezentowane rysunki, zwłaszcza rys.119 wskazują, że uzyskany za pomocą testowanego urządzenia model pojazdu, nie spełnia oczekiwań związanych z precyzyjnym dokumentowaniem miejsca zdarzenia.

#### 4. Uwagi edytorskie i drobne uwagi szczegółowe

- tytuły niektórych rozdziałów są zbyt ogólne lub nawet mylące. Przykładowo proponowane metody pomiarowe opisano w rozdziale 7 o nazwie: „Referencja danych o śladach zdarzenia drogowego”. Wspomniane wyżej badania związane z transformacjami zawarto w podrozdziałach 10.2.2 i 10.2.3 o nazwach: „Możliwości implementacji algorytmów obliczeniowych – chmura punktów i ortofotomapa”.
- na rysunkach 15 i 16 zastosowano inne kolory niż w ich opisie (brak elementów koloru zielonego).
- na wykresach 26-32, 107 i 110 brak jednostek przy wartościach liczbowych.
- co oznaczają jednostki zamieszczone przy wielu wykresach, gdzie w nawiasie kwadratowym umieszczono: [w m]?
- we wnioskach znajduje się informacja, że „stworzono algorytmy”. Wydaje się, że korzystano ze znanych metod transformacji, badano natomiast różne ich warianty.
- sformułowanie „optymalnie najlepszy” nie jest poprawne.
- w niektórych miejscach pracy występuje pewne nagromadzenie błędów literowych.
- wykaz pozycji internetowych w bibliografii powinien zawierać więcej danych niż tylko adres strony www.

#### 5. Ocena końcowa

Zaproponowana tematyka badawcza jest oryginalna i aktualna, wpisując się w trendy integracji informacji pochodzących z różnych źródeł. Na tle istniejących rozwiązań, dotyczących inwentaryzacji miejsca zdarzenia drogowego, szczególnie w Polsce, proponowana integracja pozwoli na znaczne poszerzenie informacji potrzebnych do analizy przyczyn i skutków zdarzeń drogowych. Ponieważ do takiej analizy potrzebne mogą być różne szczegóły, które częściowo znikają po usunięciu skutków wypadku, wydaje się zasadnym stworzenie modelu

zintegrowanego, wspartego zwłaszcza o pomiary dostarczające wyników o dużej szczegółowości.

Wybrane metody pomiarowe są adekwatne do osiągnięcia tego celu. Klasyczne pomiary tachymetryczne i metoda GNSS RTN dostarczają pewnych danych, choć o charakterze punktowym. Duży potencjał wykazały zarówno fotogrametria BSL, naziemny skaningu laserowy jak i tachimetria skanująca, jako metody dostarczające chmur punktów pozwalających na intuicyjną ocenę przestrzeni przez służby drogowe. Metody te, wykonujące pomiary z różnej perspektywy, mogą wzajemnie się uzupełniać, dlatego dobrze że dla każdej z nich przeprowadzono odpowiednie badania. Wydaje się, że klasycznej tachimetrii poświęcono jednak zbyt dużo uwagi, a metoda skaningu mobilnego potraktowana została zbyt skrótowo, wykorzystując urządzenie nie będące instrumentem pomiarowym, co wpłynęło na wyniki opracowania.

Zasadniczym osiągnięciem pracy są badania pozwalające na wybór optymalnej metody transformacji i punktów dostosowania, służących celom zintegrowania danych. Zostały one przeprowadzone wielowariantowo i niezależnie dla każdej metody pomiarowej. Pozwalają zorientować się, jakiego typu danymi można dysponować podczas integracji i w jaki sposób je wykorzystać, aby osiągnąć najlepszy efekt dokładnościowy integracji. Badania zostały przeprowadzone dla skrzyżowania posiadającego dość dużo elementów charakterystycznych, mogących służyć integracji, co umożliwiło sprawdzenie różnych wariantów. Pewien niedosyt budzi zamieszczenie tylko wzmianki, że dla innych odcinków drogi, o mało urozmaiconym oznakowaniu i otoczeniu, dokładności procesu byłyby niższe. Praca natomiast nawet bez tych analiz jest dość obszerna, wyczerpując pewien zakres badanych przypadków. Można mieć nadzieję, że Autorka podejmie w przyszłości badania rozważające takie przypadki.

## 5. Konkluzja

Na podstawie przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr. inż. Ewy Joanny Świerczyńskiej, zatytułowanej: „Nowa metodyka inwentaryzacji miejsca zdarzenia drogowego”, stwierdzam że Doktorantka:

- zaproponowała i zrealizowała badania dotyczące oryginalnego problemu z zakresu Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu

- udowodniła tezę postawioną w pracy

- posiada dobre przygotowanie naukowe do samodzielnego prowadzenia badań w ramach ww. dyscypliny

Przedstawione uwagi krytyczne nie wpływają na całościową, pozytywną ocenę pracy. Nie stwierdzono błędów w metodyce badań.

Wobec powyższego stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Ewy Joanny Świerczyńskiej spełnia warunki określone w ustawie z dnia 3 lipca 2018 roku, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce Dz. U. 2018, poz. 1669, z późn. zm.). Wnioskuje do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie mgr. inż. Ewy Joanny Świerczyńskiej do publicznej obrony.



dr hab. inż. Grzegorz Lenda, prof. uczelni