

dr hab. inż. Andrzej Świdorski, prof. ITS  
Instytut Transportu Samochodowego  
03-301 Warszawa  
ul. Jagiellońska 80

### RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Roberta Owsiańskiego  
pt.: „MODELOWANIE ZDERZEŃ SAMOCHODÓW OSOBOWYCH W UKŁADZIE  
DWUWYMIAROWYM BAZUJĄC NA PRACY DEFORMACJI NADWOZI”

Promotor: dr hab. inż. Piotr Czech, prof. PŚ

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Marcin Staniek, prof. PŚ

Recenzja przygotowana została na zlecenie Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej, dr hab. inż. Piotra Fołęgi, prof. PŚ (pismo nr RT0/875/2018/2019 z dnia 17.05.2019r.).

#### 1. UWAGI OGÓLNE, WYBÓR TEMATYKI BADAŃ, CELÓW I TEZ PRACY

Rozprawa poświęcona jest istotnym i interesującym, zarówno z poznawczego, jak i praktycznego punktu widzenia, problemom bezpieczeństwa ruchu drogowego, w tym badaniu wypadków drogowych. Poszukiwanie nowych metod rekonstrukcji zderzeń pojazdów samochodowych, jest niezwykle ważne z punktu widzenia konieczności przeprowadzania skutecznych analiz ich przyczyn i podejmowania działań zapobiegawczych. Jak pokazują badania, co roku na polskich drogach dochodzi do licznych zdarzeń, których negatywnym efektem jest, oprócz szkód materialnych, uszczerbek na zdrowiu, a nawet utrata życia ich uczestników. Pomimo licznych inicjatyw podejmowanych przez organizacje rządowe i pozarządowe w ostatnich latach, wciąż nie udało się zapobiec takiemu stanowi rzeczy. Wypadki w ruchu drogowym stały się konsekwencją rozwoju motoryzacji. Jak wskazują badania, głównym ogniwem przyczyniającym się do nich jest człowiek. Jest to jeden z powodów, dla których w ostatnim czasie podejmowane są na całym świecie badania zmierzające do urzeczywistnienia znanej od lat idei pojazdów autonomicznych. Zanim jednak takie pojazdy zastąpią obecnie produkowane, co zgodnie z zapowiedziami doprowadzi do znacznego zmniejszenia liczby wypadków drogowych, należy liczyć się z koniecznością oceny przyczynienia się człowieka do zaistniałej sytuacji drogowej. Codziennie policja, prokuratura i sądy stają przed wyzwaniem określenia ewentualnej winy kierowców, pieszych i/lub innych uczestników zdarzeń. Nierzadko prowadząc swoje czynności, zmuszone są korzystać z wiedzy i doświadczenia specjalistów z dziedziny ruchu drogowego w osobach rzeczoznawców lub biegłych sądowych. Osoby takie mają do dyspozycji, oprócz swojego zawodowego doświadczenia, opracowane przez badaczy metody symulacji i rekonstrukcji zdarzeń drogowych. W tę tematykę dobrze wpisuje się przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska.

Mgr inż. Robert Owsiański w swojej dysertacji słusznie zauważył, że *przy opiniowaniu zdarzeń drogowych często problematycznym jest wykorzystanie ruchu pozderzeniowego pojazdów*. Dlatego, za cel naukowy postawił *opracowanie wzorów i zasad obliczania zderzeń, mając za podstawę impuls siły uderzenia*. Równocześnie założył, że zostanie dokonane porównanie uzyskiwanych wyników metodą opartą na impulsie uderzenia i pędach,

z wynikami uzyskiwanymi za pomocą innych, znacznie bardziej skomplikowanych metod, w tym optymalizacyjnych. Dodatkowo, jako cel użytkowy obrał *stworzenie autorskiej aplikacji komputerowej wykorzystującej dwuwymiarowy model oparty na pędach do obliczania prędkości przedzderzeniowych bazując na deformacjach pojazdów.*

W wyniku przeprowadzonych przez Doktoranta wstępnych analiz, sformułowane zostały dwie tezy:

- 1) Wykorzystanie impulsu siły uderzenia jako parametru wejściowego umożliwia wyznaczenie przedzderzeniowych prędkości pojazdów.
- 2) Użycie impulsu siły uderzenia jako parametru kontrolnego pozwala na wyznaczenie przedzderzeniowych prędkości samochodów przy wykorzystaniu innych metod.

**Stwierdzam, że wybór tematu rozprawy, jej celów i tez należy uznać za trafny, w pełni uzasadniony aktualnym stanem wiedzy i potrzebami praktyki.**

## 2. OCENA METODYCZNA

Rozprawa obejmuje łącznie 161 stron wraz ze spisem literatury. Dzieli się na dziewięć zasadniczych rozdziałów, w tym wprowadzenie oraz podsumowanie i wnioski, jak również streszczenie (w języku polskim i angielskim). Między rozdziałami zachowano właściwe proporcje. Treść pracy zgodna jest z jej tytułem, a rozdziałów z ich nagłówkami, które dają syntetyczny pogląd na przedstawioną w nich zawartość merytoryczną. Kolejne tytuły rozdziałów reprezentują logiczne powiązanie całości rozprawy.

W rozdziale pierwszym Doktorant przedstawił aktualną sytuację dotyczącą wypadków drogowych bazując na źródłach literaturowych. W skróty opisał też przyjęte w praktyce sposoby analiz zdarzeń drogowych dokonywanych przez rzeczoznawców techniki motoryzacyjnej. Rozdział ten stanowi wprowadzenie w tematykę podjętą w rozprawie.

Rozdział drugi zawiera informacje literaturowe dotyczące metody symulacyjnej i rekonstrukcyjnej wykorzystywanej podczas opiniowania zdarzeń drogowych. Podaje podstawowe zależności matematyczne związane z tymi zagadnieniami. Doktorant zwrócił również uwagę na problem określenia ruchu pozderzeniowego, który jest często niemożliwy do wiarygodnego odtworzenia. Jego wyliczenie obarczone jest dużym błędem. Autor udowodnił, że w praktyce rzeczoznawczej występują realne problemy z określeniem ruchu pozderzeniowego, z wykorzystaniem stosowanych obecnie metod. Opiane analizy są własnymi opracowaniami na podstawie rzeczywistych zdarzeń. Z przedstawionych wniosków wynikają bezpośrednio cele i tezy recenzowanej rozprawy. Zostały one zapisane w kolejnym rozdziale, w którym Doktorant uzasadnił również swoje przyszłe działania i określił cel naukowy i użytkowy oraz dwie tezy.

Rozdział czwarty stanowi opis autorskiej metody i opracowanej aplikacji komputerowej. W metodzie zakłada się użycie impulsu siły uderzenia wyznaczonego na podstawie pracy deformacji nadwozi samochodów i wykorzystania pędów do wyznaczenia prędkości jazdy. Doktorant omówił aktualnie stosowaną metodę trójkątów pędów i odwróconą metodę pędów. Do zobrazowania działania obecnie stosowanej metody wykorzystał własny przykład obliczeniowy bazujący na rzeczywistym zdarzeniu drogowym.

Rozdział piąty związany jest tematycznie z impulsem siły uderzenia. Dokonano w nim analizy istniejącego stanu wiedzy, dotyczącej współczynnika restytucji, impulsu uderzenia, momentu bezwładności, sposobu ustalania punktu przyłożenia impulsu oraz kąta tarcia.

Najbardziej trwały dowód, którym dysponuje się w trakcie opiniowania zaistniałych zdarzeń, to praca deformacji nadwozia samochodu. Tematyka ta jest szczegółowo opisana w rozdziale szóstym. Doktorant przedstawił zagadnienia dotyczące dostępnych obecnie metod określania pracy deformacji, w tym metody porównawczej, CRASH3, czy też rastrów energetycznych. Zawarł też dokładne informacje dotyczące współczynnika sztywności. Dokonał przy tym analizy i interpretacji stosowanych metod. Przedstawił również własne propozycje związane z praktycznym ich wykorzystaniem. Wszystko to zobrazował przykładami rzeczywistych wypadków. Dodatkowo wykorzystał stworzone do tego celu własne oprogramowanie komputerowe.

Najobszerniejszym rozdziałem rozprawy jest rozdział ósmy „Przykłady obliczeń”. Doktorant, przy wykorzystaniu autorskiej aplikacji komputerowej, pokazał przydatność opracowanej własnej metody. **Mocną stroną tego zagadnienia jest fakt wykorzystania w przykładach przypadków stanowiących rzeczywiste zdarzenia drogowe, w których występowały problemy z ustaleniem ruchu przedzderzeniowego.** Autor odniósł również uzyskane wyniki do otrzymywanych przy wykorzystaniu znacznie bardziej skomplikowanego aparatu matematycznego w postaci optymalizacji liniowej, nieliniowej metody Levenberga-Marquardta, czy też algorytmów genetycznych. Dokonał też oceny wpływu poszczególnych danych wejściowych używanych do obliczeń na uzyskiwany wynik. Do tych danych należały: współczynnik restytucji, parametr EES, niedokładność oszacowania odległości środka masy od wektora impulsu, moment bezwładności i masa. Doktorant ujawnił również istniejące ograniczenia opracowanej metody.

Dziewiąty rozdział stanowi ogólne podsumowanie podjętej w rozprawie tematyki. Doktorant wskazał, że cele pracy zostały osiągnięte a tezy potwierdzone, z czym nie można się nie zgodzić.

Spis wykorzystanej w dysertacji literatury i źródeł internetowych obejmuje łącznie 213 źródeł, w tym 195 literaturowych i 18 internetowych. Literatura zawiera zarówno pozycje polskie, jak i zagraniczne. Jest dobrana w sposób właściwy i wystarczający.

Podsumowując ocenę metodyczną pracy należy stwierdzić, że ma ona właściwy i przemyślany układ (pomimo moich uwag, które pozwoliłem sobie zapisać w dalszej treści recenzji, w *ocenie merytorycznej* dysertacji), a kolejność rozdziałów i ich podział są logiczne. Wnioskowanie jest poprawne, a znajomość szczegółowych technik analityczno – ocenowych zadowalająca. Niestety, tak jak to zwykle w tego typu pracach bywa, Autor w swoim opracowaniu nie ustrzegł się błędów natury językowej zarówno stylistycznych jak i literowych. Są one jednak nieliczne i nie zmniejszają wysokiej wartości pracy pod względem edycyjnym. Na szczególne wyróżnienie zasługują tutaj opracowane własne liczne ilustracje, które obrazują i tłumaczą czytelnikowi nierzadko skomplikowane zagadnienia.

**Z metodologicznego punktu widzenia rozprawa zasługuje na pozytywną ocenę.**

### 3. OCENA MERYTORYCZNA

Podjmując się oceny merytorycznej rozprawy należy raz jeszcze podkreślić uzasadnienie jej powstania. Zdarzenia drogowe występowały, występują i pewnie będą występować w przyszłości. Na chwilę obecną, to działanie człowieka, jako najłagodniejszego ognia przyczynia się najbardziej do ich powstawania. Niezwykle istotną kwestią z punktu widzenia społecznego jest właściwa ocena zdarzeń, która nierzadko znajduje bezpośrednie odzwierciedlenie w wyrokach sądów. Niestety ujawnione na miejscu zdarzenia dowody oraz stosowane w praktyce metody mają swoje liczne ograniczenia i nie pozwalają w pełni i jednoznacznie odpowiadać na pytania związane z przebiegiem zdarzeń. Dlatego tak istotnym zagadnieniem jest podejmowanie prób wspomaganie pracy stosownych organów odpowiedzialnych za analizę niewłaściwych zachowań uczestników ruchu drogowego.

Doktorant w recenzowanej pracy podjął się trudnego zadania, polegającego na stworzeniu metody, która pozwoli dla pewnych warunków zaistniałego zdarzenia, określić jego przebieg. **Należy tutaj podkreślić, że zaproponowana metoda bazuje na najbardziej obiektywnych dowodach w postaci trwałej deformacji pojazdów uczestniczących w zdarzeniu. To założenie jest jak najbardziej właściwe i pożądane z punktu widzenia osób starających się dokonać analizy symulacyjnej lub rekonstrukcyjnej zdarzenia.**

Realizacja pomysłu związanego z opracowaniem nowej metody wymagała od Doktoranta szeregu działań, wśród których należy wspomnieć o analizie dużej liczby rzeczywistych zdarzeń drogowych, selekcji danych, wyprowadzenia zależności na impuls uderzenia na bazie parametru EES, wyprowadzenia zależności na współczynnik restytucji na podstawie dostępnych badań, a w końcu sam pomysł odwrócenia metody pędów bazujący na metodzie Slibara do obliczania prędkości.

W zakresie określania pracy deformacji, Doktorant dokonał przeglądu stosowanych metod wyznaczania energii straconej i parametrów EES, skompletował testy i wskazał przydatne zakresy parametrów EES dla metody porównawczej, ustalił zakresy współczynników dla metody CRASH3, wyznaczył współczynniki strefowe na bazie testów zderzeń bocznych, określił rolę współczynnika  $k$ , opracował zależności pomiędzy współczynnikami liniowymi  $k$  oraz  $A$  i  $B$ , wyselekcjonował testy NHTSA dla zderzeń czołowych oraz wybrał charakterystyki i wyznaczył przebieg 127 testów, dla których opracował rastry energetyczne, dokonał statystycznej selekcji wyników oraz zaproponował sposób segregacji i zakresy parametrów sztywnościowych, sprawdził przydatność uogólnionych zakresów na bazie testu zderzeniowego. **Wszystkie ww. czynności wykonał i udokumentował w sposób merytorycznie poprawny.**

Oprócz stworzenia samej koncepcji metody, Doktorant opracował również autorską aplikację, która implementuje nową metodę, jak również pozwala zrekonstruować lub zasymulować zaistniałe zdarzenie drogowe wykorzystując obecnie stosowane różne dostępne metody opracowane przez innych badaczy i zwalidowane w ostatnich latach w praktyce rzeczoznawczej i sądowej. **Jest to z pewnością bardzo mocna strona niniejszej rozprawy doktorskiej.**

W ramach stworzonego programu komputerowego o nazwie Crash3Analyzer Doktorant zaimplementował algorytmy energetyczne, zaproponował właściwą kolejności dokonywania obliczeń i wykorzystywania stosownych danych, wyprowadził zależności na prędkość kątową

z pomięciem odległości przemieszczenia, zaproponował weryfikację wyników obliczeń za pomocą bilansu widocznego na każdym etapie ich realizacji, stworzył architekturę programu, zaproponował w programie indywidualny wybór miejsca przyłożenia impulsu, opracował bazę danych w oparciu o testy NHTSA do wykorzystania w obliczeniach parametrów A i B, opracował strukturę programu dla wizualizacji zamkniętych trójkątów pędów, wprowadził stosowane obecnie modele Burga i Marquarda. Wymienione czynności są tylko częścią tych, które należało zrobić, aby uzyskać aktualny efekt.

W ramach walidacji samej metody oraz stworzonej aplikacji, Doktorant wybrał odpowiednie zderzenia zaistniałe w rzeczywistości i dokonał obliczeń przy wykorzystaniu kilku metod. Wykorzystał tutaj również zaawansowane narzędzia matematyczne w postaci liniowej optymalizacji, metody Levenberga-Marquarda oraz algorytmów genetycznych. **Uzyskane wyniki potwierdzają poprawność opracowanej metody oraz działania samego programu komputerowego. Równocześnie należy podkreślić fakt uzyskania poprawnych wyników dla przykładów, które przy wykorzystaniu innych metod symulacji czy rekonstrukcji nie byłyby możliwe do uzyskania. Godnym odnotowania jest również fakt, że zaproponowana metoda oraz aplikacja jest obecnie testowana i z powodzeniem wykorzystywana w praktyce przez osoby ze środowiska rzeczoznawców i biegłych sądowych.**

Chcąc być w pełni obiektywnym należy wskazać również elementy, które nie powinny, moim zdaniem, pojawić się w rozprawie, a których usunięcie podniosłoby jej wartość – która, co trzeba mocno podkreślić, i tak jest wysoka.

Wadą pracy jest jej struktura, która nie pozwala na jednoznaczną i szybką ocenę, co zrobiono w trakcie realizacji pracy. Wprawdzie cele pracy wraz z tezami i uzasadnieniem wyboru tematu są napisane właściwie (o czym już wcześniej nadmieniłem) i znajdują się we właściwym miejscu w pracy oraz dodatkowo w podsumowaniu pracy, Autor wskazał w skrótowy sposób, co zrealizował, wydaje się właściwszym (bardziej czytelnym) jednoznaczne wyodrębnienie w pracy części literaturowej i badawczej. Taki podział daje czytelnikowi możliwość szybkiej i jednoznacznej oceny. Oczywiście, jako recenzent zdaję sobie sprawę, że w różnych dyscyplinach naukowych, a nawet ośrodkach naukowych, istnieją różne „szkoły” pisanie rozpraw doktorskich. Taki sposób uważam jednak za właściwszy. W obecnym stanie, w pracy mamy sytuację wymieszania informacji pochodzących od innych autorów – zaczerpniętych z literatury oraz własnych badań. Ten stan traktuję jako dyskusję wyników, która jak najbardziej jest w pracach doktorskich pożądana a nawet wymagana. Patrząc z tej perspektywy stanowi to obraz bardzo szerokiej dyskusji, w której uczestniczy Autor wraz ze swoimi wynikami, co niewątpliwie jest jednak zaletą. **Wartym zauważenia jest również fakt, że pracę w przedstawionej formie czyta się jak dobrą książkę, chociaż dostrzeżenie wszystkich czynności wykonanych przez Doktoranta w ramach swojej pracy (a jest ich naprawdę dużo) wymaga już od czytelnika znacznego wysiłku.**

Pozytywną kwestią, na którą należy zwrócić uwagę jest fakt, że Doktorant zauważa również ograniczenia, co do możliwych zastosowań swojej metody. Wymienia tutaj przydatność wyłącznie do zderzeń bez poślizgu w obszarze deformowanych nadwozi, czy wykorzystania do zderzeń z obiciem. Zderzenia powinny też następować na jednej płaszczyźnie odniesienia, a same pojazdy uczestniczące w zdarzeniach ogranicza się do samochodów osobowych. Z obliczeń wyklucza się również kolizje przy niewielkich prędkościach, których efektem są niewielkie odkształcenia.

W związku z podanymi ograniczeniami nasuwają mi się następujące pytania (odpowiedzi na nie oczekiwałbym podczas publicznej obrony):

- 1) Czy na możliwość zastosowania opracowanej metody mają wpływ gabaryty i masy pojazdów uczestniczących w zdarzeniu, ich prędkości i różnice między nimi?
- 2) Czy istnieje możliwość rozszerzenia zastosowania opracowanej metody na zdarzenia z udziałem pojazdów innych niż samochody osobowe?

**Pomimo wymienionych w recenzji uwag, z merytorycznego punktu widzenia rozprawa zasługuje na pozytywną ocenę.**

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE


Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wnosi znaczący wkład teoretyczny i praktyczny w rozwój *nauk technicznych*, w dyscyplinie *transport*.

Wykonana praca o bogatym dorobku teoretyczno-eksperymentalnym dowodzi, że jej Autor potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe i rozwiązywać złożone problemy teoretyczne i eksperymentalne.

Ze względu na wagę podjętego w rozprawie problemu badawczego i znaczenie dla praktyki, a przede wszystkim na pozytywną ocenę wartości merytorycznej i metodologicznej rozprawy doktorskiej, stwierdzam, że **rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Roberta Owsiańskiego do publicznej obrony.**

W przypadku pozytywnego przebiegu obrony rozprawy doktorskiej będę głosował za nadaniem Panu mgr. inż. Robertowi Owsiańskiemu stopnia naukowego doktora *nauk technicznych* w dyscyplinie *transport*.

Równocześnie, mając na uwadze wysoki poziom rozprawy doktorskiej, pozwalam sobie zaproponować jej wyróżnienie. Uprzejmie proszę Radę Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej o pozytywne ustosunkowanie się do mojej sugestii.



.....  
dr hab. inż. Andrzej Świdorski, prof. ITS