

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Mateusza Papisa
pt. „Opracowanie metody szacowania obrażeń pieszego
odniesionych w wypadku z samochodem osobowym”**

Rozprawa doktorska mgra inż. Mateusza Papisa została przygotowana pod promotorską opieką dra hab. inż. Marka Matyjewskiego, prof. Politechniki Warszawskiej i dra Tomasza Krawczyka, pełniącego rolę promotora pomocniczego. Praca liczy 132 strony i została podzielona na osiem rozdziałów. Elementem pracy jest bibliografia licząca 99 pozycji, spis tabel i rysunków oraz załącznik w postaci „Wzoru karty zdarzenia drogowego”. Rozprawę opracowano w układzie klasycznym, tzn. zawiera ona opis problemu badawczego i użytych metod badawczych, opis wykorzystanych danych, koncepcję i opis sposobu opracowania autorskiej metody szacowania obrażeń pieszego, opis metody weryfikacji i walidacji tej metody oraz podsumowanie ze wskazaniem kierunków dalszych badań.

Podjęta w pracy tematyka jest aktualna i obejmuje zagadnienia z zakresu szacowania obrażeń pieszego uczestniczącego w wypadku drogowym. Należy podkreślić, że znaczna liczba zdarzeń drogowych w Polsce dotyczy wypadków z udziałem tzw. niechronionych uczestników ruchu drogowego, tj. przede wszystkim pieszych i rowerzystów. Ze statystyk Biura Ruchu Drogowego Komendy Głównej Policji wynika, że w 2020 roku doszło w Polsce do 23540 wypadków, w których zginęło 2491 osób a 26463 osoby zostały ranne. Należy zauważyć, że do obniżenia, w ubiegłym roku, wspomnianych wartości przyczynił się lockdown spowodowany pandemią COVID-19. Mimo to w Polsce utrzymuje się w dalszym ciągu bardzo wysoki wskaźnik liczby osób zabitych w przeliczeniu na 100 wypadków, wynoszący 10,6 i wskaźnik osób rannych w przeliczeniu na 100 wypadków, wynoszący 112,4 (dane dotyczące 2020 roku). Znaczna część wypadków dotyczy zdarzeń z udziałem pieszego (21,5% w 2020 roku), w których zginęło 624 pieszych (25,1% ogółu osób zabitych w wypadkach drogowych), a rannych zostało 4651 osób (17,6% osób rannych w wypadkach drogowych). Mimo, że w 2020 roku zaobserwować można poprawę w stosunku do lat poprzednich, dane te świadczą o znacznym zagrożeniu pieszych, jako uczestników ruchu drogowego w Polsce. Redukcja liczby pieszych, zabitych i rannych w wypadkach drogowych stanowi zatem istotne zagadnienie z punktu widzenia poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, szczególnie w kontekście

krajowych programów poprawy bezpieczeństwa i realizacji celu tzw. „wizji zero”, polegającej na całkowitej redukcji liczby osób zabitych.

Jednym z zagadnień związanych z realizacją tego celu jest ocena skutków wypadku z udziałem pieszego bezpośrednio po tym zdarzeniu, jak również przewidywanie ewentualnych skutków zanim dojdzie do zdarzenia, dla potrzeb systemów ADAS (zaawansowane systemy wspomagania kierowcy), stosowanych w pojazdach zautomatyzowanych. Szybka ocena stanu poszkodowanego, bezpośrednio po wypadku, umożliwiłaby adekwatne reagowanie w ramach systemu ratownictwa medycznego i technicznego, a ocena zagrożenia w systemach ADAS mogłaby przyczynić się do zmniejszenia skutków wypadku drogowego lub doprowadzić do jego uniknięcia. Niewiele prac w skali światowej dotyczy metod szacowania obrażeń pieszego uwzględniających w tym procesie jednocześnie wiele zmiennych związanych ze zdarzeniem drogowym. Opracowana przez Autora ocenianej rozprawy metoda umożliwia oszacowanie rozkładu prawdopodobieństw rozmiaru strat jakie mogą wystąpić w rozpatrywanym przypadku. Dzięki niej możliwa jest także ocena wpływu każdego z czynników na rozmiar ponoszonych obrażeń. Metoda ta uwzględnia ponadto krajowe dane dotyczące struktury pieszych (płeć, wiek kobiet i mężczyzn uczestniczących w wypadkach drogowych w Polsce oraz wzrost i wskaźnik BMI masy ciała Polaków, z podziałem na kobiety i mężczyzn). W opracowanej metodzie uwzględniono ponadto prędkość pojazdu (jako główny czynnik determinujący skalę obrażeń podczas zderzenia), rodzaj nadwozia pojazdu i parametr BCH, tj. wysokość na jakiej znajduje się najbardziej wysunięty do przodu pojazdu element zderzaka.

Na wstępie ocenianej rozprawy doktorskiej określono jej cel, jako – „opracowanie metody służącej do szacowania obrażeń pieszego odniesionych w wypadku z samochodem osobowym, uwzględniającej wiele czynników mogących mieć wpływ na rozmiar poniesionych przez przechodnia urazów”. Sformułowano także następującą tezę pracy – „Możliwe jest opracowanie metody szacowania rozmiaru obrażeń pieszego z uwzględnieniem wpływu wielu czynników w aspekcie poprawy bezpieczeństwa drogowego”. W pierwszym rozdziale omówiono potrzebę podjęcia problemu badawczego, umiejscowiono temat w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*, sformułowano cel i tezę rozprawy oraz omówiono jej zakres. W drugim rozdziale scharakteryzowano ogólne metody badawcze, metody stosowane w inżynierii bezpieczeństwa, w tym bezpieczeństwa ruchu drogowego i wykorzystywane w tym celu metody badawcze. Trzeci rozdział pracy zawiera opis najczęściej stosowanych systemów klasyfikacji i oceny obrażeń. Czwarty rozdział dotyczy statystyk wypadków drogowych w Polsce, przedstawionych na tle danych z innych krajów. W piątym rozdziale przedstawiono opis danych użytych do opracowania metody szacowania obrażeń pieszego. Kolejny rozdział pracy stanowi opis koncepcji opracowanej metody, opis algorytmu szacowania obrażeń wraz z analizą wyników otrzymanych na podstawie przykładowych danych wejściowych. W siódmym rozdziale opisano sposób weryfikacji opracowanej metody szacowania obrażeń z wykorzystaniem metody Monte Carlo i danych powypadkowych. W ostatnim rozdziale pracy przedstawiono podsumowanie i określono kierunki dalszych badań.

Analizując przedstawioną do oceny rozprawę doktorską należy stwierdzić, że jej układ jest poprawny i logiczny. Dysertacja obejmuje prawidłowo zbudowany, logiczny ciąg działań, którego efektem jest opracowanie metody szacowania obrażeń pieszego, uwzględniającej kilka czynników jednocześnie. Opisy zawierają stwierdzenia i przykłady poparte adekwatnymi źródłami literaturowymi. W pracy omówiono także wyniki dostępnych analiz i zakres pozyskanych danych, dotyczących w szczególności wypadków z udziałem pieszych. Metoda została zweryfikowana na podstawie dostępnych danych. Praca nie jest jednak pozbawiona wad, które w głównej mierze dotyczą potknięć stylistycznych (językowych). Na stronie 13 rozprawy użyto nieprawidłowego sformułowania „największy wskaźnik”. Należy opisywać wartość wskaźnika, która może być najwyższa lub najniższa, a nie największa lub najmniejsza. W pracy nieprawidłowo rozwinięto skrót ITS, jako Instytut Transportu Drogowego, zamiast Instytut Transportu Samochodowego. Dotyczy to zapisów na stronie 11 i 95. Niewłaściwie zapisano sformułowanie *S-kształtna*, stosując cudzysłów przed i za literą S (str. 11). W treści pracy niewłaściwie używano znaków pauzy/półpauzy i dywizu (łącznika) – np. w przypadku zapisu dat na stronie 11 (lata „1994–1998”). Pojawiają się również niedostatki natury edytorskiej polegające na nieprawidłowym formatowaniu tekstu (np. str. 22-25). Widoczne są również niezręczności językowe jak np. użyte na stronie 13 rozprawy sformułowanie „dla niektórych parametrów może być trudność”, czy błędnie sformułowane myśli w zdaniu „Analiza bezpieczeństwa jest obecnie jedną z priorytetów nauki na świecie” (str. 19). Nie udało się również uniknąć innych potknięć językowych, do których należy sformułowanie użyte na stronie 21, dotyczące „testów, badających części ciała pieszego”. Testy mogą służyć do takich badań, a przypisywanie im cech właściwych organizmom żywym jest błędne. Niepoprawne językowo jest również sformułowanie użyte na stronie 26, dotyczące „powszechnej krzywej sigmoidalnej”. Na stronie 27 użyto nieprecyzyjnego sformułowania, zgodnie z którym „Metoda Monte Carlo została zapoczątkowana pod koniec pierwszej połowy ubiegłego wieku...”. Z zapisu nie wynika, czy została wówczas opracowana, czy weszła do powszechnego użycia. Na stronie 36, powołując się na dane dotyczące wypadków drogowych opracowywane m.in. przez Komendę Główną Policji użyto niepełnej nazwy „Komenda Policji”. Autor pracy omawiając liczbę wypadków, osób zabitych i rannych na polskich drogach na początku rozdziału zawierającego te analizy stwierdził, że liczba wypadków systematycznie maleje w kolejnych latach, co świadczy o wzroście bezpieczeństwa ruchu drogowego. Takie stwierdzenie jest uprawnione, warto jednak wspomnieć o tym, że nie zostały osiągnięte cele stawiane w programach poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz o idei tzw. „wizji zero”, czyli całkowitej redukcji liczby osób zabitych w wypadkach drogowych. W chwili obecnej daleko jeszcze do spełnienia tego założenia w warunkach krajowych. Błędnie zatytułowano rozdział V-3 używając słowa „oddziaływujących” zamiast „oddziałujących”. W opisie na stronie 48 użyto nieprawidłowego sformułowania „Bliskie położenie środka masy do miejsca przyłożenia impulsu...”. Środek masy może być położony blisko lub daleko od miejsca przyłożenia siły. Na stronie 63 znajduje się nieprawidłowo sformułowane zdanie – „Parametr age (wiek przechodnia) zostanie uwzględniony bezpośrednio w zależnościach na

prawdopodobieństwa poniesienia poszczególnych urazów”. Wspomniane wzory służą do opisu prawdopodobieństwa a nie są zależnościami „na prawdopodobieństwo”. W pracy wielokrotnie używane jest formułowanie „auto” w odniesieniu do pojazdu samochodowego. Właściwsze byłoby używanie pojęcia „samochodu” lub „pojazdu”, które jest osadzone m.in. w przepisach dotyczących ruchu drogowego. Pisząc o pojazdach autonomicznych, zamiast używania sformułowań „samochody częściowo autonomiczne” i „w pełni autonomiczne” (str. 14) lub „autonomiczne” i „półautonomiczne” (str. 15), powinno się używać sformułowań zautomatyzowane i autonomiczne, ewentualnie definiować stopień autonomizacji zgodny z opisanym np. w powszechnie używanym w tym celu dokumencie SAE J 3016. Sformułowanie „częściowo autonomiczny” jest wewnętrznie sprzeczne, podobnie jak sformułowanie częściowo-wysoki, czy częściowo-zdrowy. Autonomiczność oznacza bowiem zdolność do samodzielnego podejmowania decyzji w każdych warunkach, przy czym decyzji tej nie można przewidzieć np. na podstawie znajomości opracowanego wcześniej algorytmu sterowania. Schemat przedstawiony na rysunku VI-1, zawiera błędny opis parametru BCH, który nie jest jak napisał Autor rozprawy „wysokością zderzaka”. Wielkość ta stanowi odległość od podłoża (drogi), najbardziej wysuniętego do przodu elementu przedniego zderzaka samochodu. Prawidłowo pokazano to na rysunku V-7. Na stronie 77 Autor opisuje „własność” dotyczącą sumy prawdopodobieństw, która z założenia jest równa 1. Mówiąc o wyrażeniu matematycznym, powinno mówić się o „właściwości”. Słowo „własność” jest natomiast związane z posiadaniem czegoś. Podając wartości liczbowe należy w języku polskim stosować separator dziesiętny w postaci przecinka. Błędnie użyto kropki na str. 85. Na stronie 94 Autor rozprawy stwierdził, że „głównym zadaniem” opracowanej metody jest „odpowiedź na pytanie”. Należy zaznaczyć, że metoda należy do materii nieożywionej i może stanowić narzędzie umożliwiające badaczowi odpowiedź na postawione pytanie, które może być z kolei jego głównym zadaniem. Metoda sama w sobie nie może mieć „postawionych zadań” i „odpowiadać na pytanie”. Na stronie 98 Autor błędnie powołuje się na rysunek VIII-3, zamiast na umieszczony na 96 stronie rysunek VII-3. Na stronie 98 rozprawy zaprezentowano rysunek VII-5 zawierający histogram wylosowanych wartości zamiennej wieku przechodnia. Pięć-letnie przedziały histogramu w zakresie 15-100 lat oznaczono jako 15-20, 20-25, 25-30 itd. Z takiego zapisu wynika, że są to przedziały obustronnie domknięte, a jak należy się domyślać, przy sporządzaniu histogramu nie przyjęto takiego założenia, ponieważ np. osoby w wieku 20-stu lat należałyby do dwóch sąsiadujących ze sobą przedziałów. Należy przy tym zaznaczyć, że błędu dotyczącego oznaczenia przedziałów wiekowych nie powielono już np. w przypadku kolejnych wykresów: VII-8, VII-9 i VII-10.

Wątpliwość budzi również zaproponowany w ocenianej rozprawie sposób szacowania struktury floty samochodów osobowych poruszających się po polskich drogach. Autor posłużył się w tym przypadku danymi dotyczącymi liczby pojazdów zarejestrowanych przez „polskie firmy” w latach 2011-2020 (do pierwszej połowy 2020 roku). Dane te nie uwzględniają pojazdów prywatnych, których struktura, ze względu na rodzaj nadwozia, nie musi być zgodna z danymi dotyczącymi samochodów należących do przedsiębiorstw. Ponadto średni wiek samochodu osobowego w Polsce wynosi 14 lat,

zatem szacowanie struktury na podstawie okresu niespełna 10-cio letniego może nie odzwierciedlać rzeczywistej struktury rodzajów nadwozia samochodów poruszających się po polskich drogach. W tym przypadku lepszym rozwiązaniem byłaby analiza danych z Centralnej Ewidencji Pojazdów, stanowiącej element Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców. Dostęp do takich danych jest jednak utrudniony, co częściowo usprawiedliwia podejście zastosowane przez Autora ocenianej rozprawy.

Lektura recenzowanej rozprawy doktorskiej nasuwa także następujące pytanie. W rozdziale III opisano skalę AIS oceny zagrożenia życia osoby uczestniczącej w zdarzeniu drogowym. W tabeli III-1 przedstawiono skalę AIS, wraz z przykładowymi obrażeniami dotyczącymi AIS 1 do AIS 6 i AIS 9. W rozdziale III-2 opisano skalę ISS, definiując wskaźnik ISS jako sumę kwadratów trzech ocen AIS dla najpoważniejszych urazów ciała. Stwierdzono przy tym, że wskaźnik ISS zawiera się w przedziale 0-75. Byłoby to prawdą w przypadku, kiedy skala AIS przyjmowałaby wartości z przedziału 0-5, a nie jak podano 0-9 (1-6 i 9). Należy przy tym zaznaczyć, że w praktyce spotykane są, w przypadku bardzo ciężkich wypadków drogowych, urazy osób poszkodowanych charakterystyczne dla AIS 6. Polegają one np. na złamaniu czaszki, zgnieceniu klatki piersiowej, złamaniu kręgosłupa na wysokości trzeciego kręgu szyjnego lub powyżej niego. Autor stwierdza ponadto, że „W przypadku wystąpienia pojedynczego urazu o wskaźniku AIS 6, ocena ISS automatycznie wynosi 75”. Prosta arytmetyka wskazuje, że wskaźnik powinien przyjmować wówczas wartość 36. W związku z tym, że informacje w tekście rozprawy doktorskiej nie odpowiadają wprost podanym danym, proszę o krótkie wyjaśnienie tej nieścisłości.

Analizując bibliografię tekstu rozprawy należy zauważyć, że pewnym niedostatkim jest również brak publikacji naukowych, w których opublikowano by sposób opracowania opisanej w pracy metody i uzyskane efekty szacowania obrażeń pieszego przy jej użyciu. Mam jednak nadzieję, że po obronie pracy Autor podejmie taką próbę.

Wracając jeszcze do początku pracy należy zauważyć, że Autor wymienił metodę „monte carlo” w ramach słów kluczowych. Było to co prawda jedno z narzędzi badawczych, ale sama metoda nie była rozwijana w pracy, dlatego jej nazwa nie powinna się znaleźć w tym miejscu. Lepszym rozwiązaniem byłoby np. użycie słowa kluczowego związanego z bezpieczeństwem ruchu drogowego, czy pojazdami zautomatyzowanymi.

Przedstawione w pracy zagadnienia są związane z analizą bezpieczeństwa i niezawodności maszyn i systemów, stanowiących istotny element dawnej dyscypliny *budowa i eksploatacja maszyn*. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz.U. 2018 poz. 1818), została ona włączona do obecnej dyscypliny naukowej – *inżynieria mechaniczna*, stanowiącej *dziedzinę nauk inżynieryjno-technicznych*. Przedstawiona w rozprawie doktorskiej autorska metoda szacowania obrażeń pieszego na skutek wypadku z samochodem osobowym, może mieć zastosowanie w procesie rekonstrukcji wypadków drogowych, w systemie ratownictwa medycznego i technicznego, oraz w zakresie rozwoju systemów automatyzujących prowadzenie pojazdów. Stanowi zatem podstawę

działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa systemów technicznych. Ze względu na interdyscyplinarny charakter rozprawy i szeroki zakres zastosowań opracowanej metody, może być ona również rozpatrywana w ramach dyscypliny *matematyka (dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych)* oraz *inżynieria lądowa i transport (dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych)*. W mojej ocenie, zarówno z punktu widzenia dawnej dyscypliny naukowej *budowa i eksploatacja maszyn*, jak również w kontekście obecnej dyscypliny – *inżynieria mechaniczna*, opracowana metoda szacowania obrażeń pieszego stanowi oryginalne i wartościowe osiągnięcie naukowe doktoranta. Oprócz możliwości jednoczesnego uwzględnienia wielu czynników związanych ze zdarzeniem drogowym i uwzględnieniu w jej opracowaniu danych dotyczących struktury pieszych w Polsce, posiada ona jeszcze jedną zaletę. Polega ona na zastosowaniu sekwencyjnego algorytmu opracowania metody, w ramach którego uwzględniano coraz większą liczbę zmiennych związanych z wypadkiem pieszego. Takie podejście umożliwia stosunkowo łatwe doskonalenie metody poprzez uwzględnianie kolejnych wielkości lub modyfikację rozkładów statystycznych już uwzględnionych wielkości.

Podsumowując stwierdzam, że wymienione w niniejszej recenzji niedoskonałości nie wpływają w istotny sposób na wartość naukową ocenianej rozprawy doktorskiej. W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Mateusza Papisa pt. „Opracowanie metody szacowania obrażeń pieszego odniesionych w wypadku z samochodem osobowym” spełnia warunki określone w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2018 poz. 261). Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie mgra inż. Mateusza Papisa do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

