

Małgorzata PĘDZIERSKA, Tomasz KAMIŃSKI, Kamila GAŚIOREK, Ewa SZMIDT, Paula RAZIN

# KONCEPCJA OCENY WPŁYWU INTELIGENTNYCH SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH NA BEZPIECZEŃSTWO RUCHU DROGOWEGO I EFEKTYWNOŚĆ RUCHU Z UŻYCIEM WYSOKIEJ KLASY SYMULATORÓW JAZDY

*W niniejszym artykule opisano koncepcję oceny wpływu inteligentnych systemów transportowych na bezpieczeństwo ruchu drogowego i efektywność ruchu z użyciem wysokiej klasy symulatorów jazdy. Przedstawiono i omówiono najważniejsze parametry rejestrowane przy użyciu symulatora jazdy AS 1200-6, jakim dysponuje Instytut Transportu Samochodowego oraz oprogramowanie symulacyjne, które będzie wykorzystywane do badań prowadzonych w ramach realizacji projektu pt. „Wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego”. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów posłużą do opracowania wskaźników służących ocenie wpływu usług ITS na efektywność i bezpieczeństwo ruchu drogowego a także wytycznych w zakresie rozmieszczenia usług ITS, w celu ich poprawy.*

## WSTĘP

Z analiz statystyk wypadków wynika, że aż 95% z nich jest spowodowana niewłaściwym zachowaniem uczestników ruchu drogowego. Dlatego też koniecznym wydaje się prowadzenie badań kierowców, w celu ograniczenia niewłaściwych zachowań negatywnie wpływających na bezpieczeństwo oraz efektywność ruchu drogowego. Czynnikiem wpływającym na zwiększenie bezpieczeństwa ruchu drogowego jest niewątpliwie zastosowanie usług Inteligentnych Systemów Transportowych, co wykazały badania prowadzone zarówno w Europie, jak też w Stanach Zjednoczonych[5]. Systemy zarządzania zdarzeniami i przepływem ruchu w Stanach Zjednoczonych, przyczyniają się do zmniejszenia liczby wypadków od 15% do 50%, a liczby osób rannych od 20% do 29% [3]. Poza większą szansą przeżycia dla bezpośrednich ofiar wypadków, systemy zarządzania pozwalają zmniejszyć liczbę zdarzeń wtórnych o 40%. Co więcej, drogowe systemy zarządzania ostrzegające kierowców o niebezpiecznych warunkach pogodowych, spowodowały zmniejszenie średniej prędkości pojazdów o 26% [3]. System „dozowania wjazdu” (Ramp Metering) wdrożony w USA, spowodował zmniejszenie liczby wypadków w zakresie 24% do 50% oraz redukcję wypadków z obrażeniami ciała o 71%. Innym rodzajem systemów ITS są dynamiczne systemy zarządzania ruchem, które dostarczają kierowcom informacji o bieżących warunkach na drodze, na przykład o złej pogodzie lub stanie nawierzchni, co wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa. Efektem dostarczania takich informacji kierowcy jest redukcja prędkości oraz wahań prędkości i zwiększenie odstępów między pojazdami [1,7]. Z doniesień literaturowych wynika, że rozwiązania te umożliwiają zwiększenie bezpieczeństwa o 9% do 64% [4]. Liczba ofiar śmiertelnych wypadków drogowych, dzięki systemowi eCall zmniejszy się o 2 do 15%, a liczba osób ciężko rannych o 3 do 15% [4]. Usługa eCall może zmniejszyć skutki wypadku o 5% dzięki skutecznemu zarządzaniu prowadzoną akcją ratowniczą [11].

Powyżej wymienione dane statystyczne nie mogą być w sposób bezpośredni odniesione do stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce. Wynika stąd potrzeba przeprowadzenia dodatkowych analiz i badań, w celu określenia sposobu wdrażania poszczególnych usług ITS, w tym konfiguracji urządzeń i sposobu ich rozmieszczenia.

Istnieje wiele metod wykonywania badań. Prowadzenie pomiarów zarówno w ruchu rzeczywistym jak i w warunkach badawczych wiąże się z pewnymi ograniczeniami. Możliwość ich wykonania uzależniona jest od warunków atmosferycznych, pory roku itp. Dlatego też zasadnym wydaje się poszukiwanie nowych rozwiązań. Dzięki rozwojowi technik komputerowych oraz symulacji cyfrowej możliwe było opracowanie wysokiej klasy symulatorów jazdy oraz oprogramowania symulacyjnego. Opracowane scenariusze badawcze, zawierające wirtualne odcinki dróg umożliwiają wykonanie pomiarów niezależnie od warunków atmosferycznych oraz zwiększają powtarzalność wyników [2].

W zadaniu 3 projektu pt. „Wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego”, realizowanego w ramach programu „Rozwój Innowacji Drogowych” (RID), planowane jest wykorzystanie wysokiej klasy symulatorów jazdy oraz oprogramowania symulacyjnego Vis-sim/Visum/Saturn do określenia wpływu wdrożenia usług ITS na bezpieczeństwo i efektywność ruchu. Podczas realizacji 1 i 2 zadań projektu przeprowadzono wstępną analizę wpływu usług i urządzeń ITS na efektywność oraz bezpieczeństwo ruchu drogowego. W tym celu dokonano analizy dostępnych danych literaturowych na temat wdrożonych systemów i usług ITS, a także opracowano i przeprowadzono badania ankietowe interesariuszy. Wykorzystano również wiedzę ekspercką a także własne doświadczenia wykonawców projektu. Podczas wykonywania analiz zidentyfikowano czynniki wpływające na występowanie zagrożeń w ruchu (poziom BRD) w obrębie poszczególnych obiektów badawczych (przekrojów dróg, węzłów, odcinków międzywęzłowych, korytarza drogi z uwzględnieniem dróg alternatywnych)[5,6].

Na podstawie wniosków zawartych w sprawozdaniach z analiz przeprowadzonych w ramach poszczególnych podzadań zadania 1 i 2 projektu, zaproponowano następującą wstępną listę usług ITS o największym znaczeniu dla efektywności i bezpieczeństwa ruchu drogowego (wykaz, z numeracją zgodną z systematyką usług zastosowaną w projekcie):

1. Elektroniczne płatności.
  - 1.1. Elektroniczny pobór opłat.
    - 1.1.2. Prowadzenie płatności elektronicznych.
2. Bezpieczeństwo i wsparcie akcji ratowniczych.
3. Zarządzanie ruchem.
  - 3.2. Zarządzanie ruchem zamiejskim.
    - 3.2.2. Zarządzanie prędkością pojazdów.
    - 3.2.7. Przekazywanie informacji drogowych kierowcom.
    - 3.2.10. Dozowanie ruchu na wjazdach.
  - 3.4. Zarządzanie zdarzeniami niepożądanymi.
  - 3.6. Zarządzanie informacją o środowisku.
    - 3.6.5. Przekazywanie informacji o środowisku kierowcom

Lista zostanie wykorzystana do opracowania katalogu usług stanowiących podstawę do realizacji kolejnych zadań projektowych, w celu dokonania oceny, w jaki sposób usługi ITS wpływają na efektywność i bezpieczeństwo ruchu drogowego. Ograniczenie listy usług i utworzenie na tej podstawie katalogu, który będzie następnie podlegał weryfikacji, jest podyktowane wysoką pracochłonnością i czasochłonnością realizacji badań z wykorzystaniem symulatorów jazdy i oprogramowania symulacyjnego. Realizacja badań wszystkich usług ITS wykraczałaby poza ramy projektu RID 4D. Do realizacji zadania zostaną wykorzystane wysokiej klasy symulatory jazdy i oprogramowanie do symulacji ruchu drogowego Visum/Saturn/Visim. Oprogramowanie symulacyjne pozwoli na określenie wpływu usług ITS na bezpieczeństwo ruchu drogowego a także efektywność ruchu. Ocena może być wykonywana w obszarze sieci dróg. Wysokiej klasy symulator jazdy zostanie wykorzystany do zbadania wpływu tych usług na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Ocena wykonywana będzie na odcinku drogi oraz w jej przekroju.

## 1. OPROGRAMOWANIE UŻYTE DO BADAŃ

### 1.1. Symulator Symulator jazdy AS 1200

Instytut Transportu Samochodowego dysponuje dwoma, wysokiej klasy, symulatorami jazdy – AS 1200-6 (symulator samochodu osobowego) oraz AS 1300 (symulator samochodu ciężarowego i autobusu). Badania czynników i uwarunkowań związanych z poruszaniem się po drodze z wykorzystaniem symulatorów jazdy pozwalają na dokonywanie szczegółowych pomiarów w warunkach zbliżonych do sytuacji rzeczywistej. Symulator jazdy umożliwia modelowanie różnych sytuacji eksperymentalnych, ich kontrolowanie i powtarzanie, przy równoległym minimalizowaniu zmiennych zakłócających. Symulator AS 1200-6 jakim dysponuje Instytut Transportu Samochodowego zbudowany jest z:

- pełnowymiarowej i w pełni wyposażonej, funkcjonalnej kabiny pojazdu marki Opel Astra IV,
- systemu 4 projektorów wyświetlających symulowany obraz na cylindrycznym ekranie pokrywającym 200° pola widzenia kierowcy w poziomie,
- systemu 3 monitorów pełniących funkcję lusterek,
- ruchomej platformy o sześciu stopniach swobody, umożliwiającej symulowanie ruchów kabiny podczas rzeczywistej jazdy:
  - kątowych (przemieszczenie  $\pm 22^\circ$ , prędkość  $\pm 30^\circ/s$ , przyspieszenie  $\pm 500^\circ/s^2$ ),

- liniowych (przemieszczenie  $\pm 0,25m$ , prędkość  $\pm 0,5m/s$ , przyspieszenie  $\pm 0,6g$ ),
- stanowiska operatora.



Rys. 1. symulator jazdy AS 1200-6

Źródło: Zbiory własne ITS

Symulatory jazdy, którymi dysponuje ITS, są przystosowane do prowadzenia badań wpływu otoczenia pojazdu (infrastruktura i inni uczestnicy ruchu) na kierowcę. Umożliwiają one zaprojektowanie eksperymentów uwzględniających różne warunki drogowe. Możliwe jest zarówno kontrolowanie zachowań uczestników ruchu, jak i warunków otoczenia: pogodowych i oświetleniowych. Modyfikacji podlegać mogą: warunki atmosferyczne (śnieg, deszcz, mgła), nawierzchnia drogi (śliska, oblodzona, mokra), pora dnia (dzień, noc), rodzaj drogi (autostrada, droga miejska, droga wiejska itp.) i sytuacja drogowa. Zaawansowana grafika komputerowa i wysoka jakość obrazu, jaki rzutowany jest na panoramiczny ekran pozwalają na uzyskanie bardzo realistycznego otoczenia jazdy. Ponadto symulator pojazdu znajduje się na platformie poruszającej się na pneumatycznych podnośnikach i przemieszcza się w trzech płaszczyznach (poziomej, pionowej i bocznej). Dzięki temu badany kierowca odbiera wrażenia kinestetyczne, które podczas jazdy w warunkach rzeczywistych pojawiają się w trakcie np. przyspieszania, skręcania, czy hamowania. Wewnątrz kabiny symulatora generowane są bodźce mechaniczne (wibracje kabiny i fotela) oraz efekty dźwiękowe.

Kierowca poprzez swoje zachowania, w tym przyspieszanie, hamowanie, zmiana toru jazdy, wykonywanie lub zaniechanie wykonywania poszczególnych manewrów, w istotny sposób wpływa na bezpieczeństwo ruchu drogowego, jak również na jego efektywność. W związku z tym, że w określonych warunkach otoczenia, kierowca podejmuje decyzje związane z prowadzeniem pojazdu, istotne staje się rejestrowanie zachowania kierowcy, w celu jego późniejszej analizy.

Oprogramowanie symulatorów umożliwia rejestrowanie danych takich jak: wartość prędkości prowadzonego pojazdu, zmiana wartości prędkości, wartość przyspieszenia pojazdu, odstęp między pojazdami, numer przełożenia skrzyni biegów, naciśnięcie pedału hamulca lub pedału przyspieszenia, SDLP – standardowe odchylenie pozycji w przekroju poprzecznym pasa ruchu, liczba korekt kierunku jazdy (ruchu kołem kierownicy), liczba niezamierzonych zmian pasa ruchu itp.

Sterowanie programem symulacji i rejestrowanie przebiegu jazdy możliwe jest ze stanowiska operatora. System rejestracji danych umożliwia zapisywanie parametrów ruchu wszystkich pojazdów i zdarzeń następujących w trakcie jazdy. Możliwa jest akwizycja kilkudziesięciu różnych zmiennych jednocześnie. Rozbudowany system dopuszcza projekcję do 100 obiektów drogowych równocześnie.

śnie i naśladowanie jazdy po ponad 200 km wirtualnych dróg w różnych warunkach atmosferycznych i drogowych.

Dzięki możliwości budowania scenariuszy badawczych możliwy jest przejazd przygotowanym wcześniej wirtualnym odcinkiem drogi, w ramach którego będą funkcjonowały różne usługi ITS. W ramach planowanych badań zostaną opracowane scenariusze uwzględniające usługi ITS o największym znaczeniu dla BRD i efektywności ruchu. W celu określenia wpływu usług ITS na w/w cechy ruchu drogowego, wykorzystane będą scenariusze z różnymi konfiguracjami tych usług.

W ramach realizacji projektu RID 4D zostaną wybrane lokalizacje poligonowe i lokalizacje docelowe do przeprowadzenia badań.

## 1.2. VISSIM

Vissim jest programem firmy PTV AG umożliwiającym modelowanie i mikroskopową symulację ruchu drogowego [6]. Dzięki wykorzystaniu programu możliwe jest przeprowadzenie analizy warunków ruchu komunikacji zbiorowej a także indywidualnego z uwzględnieniem m.in.:

- konfiguracji pasów ruchu,
- struktury rodzajowej ruchu,
- przejść dla pieszych,
- wpływu sygnalizacji świetlnej,
- przystanków komunikacji zbiorowej.

Program zatem jest bardzo pożytecznym narzędziem przy ocenie rozwiązań alternatywnych a także rozwiązywaniu problemów transportowych.

Do zastosowań VISSIM należą m.in.:

- opracowanie i ocena zastosowanego sposobu sterowania sygnalizacją świetlną w celu wprowadzenia priorytetu dla pojazdów komunikacji zbiorowej,
- ocena i optymalizacja przepływu ruchu w połączonej sieci skoordynowanych i akomodowanych sygnalizacji świetlnej,
- analiza zakłóceń ruchu wywołanych niskimi prędkościami i obszarami przepętania ruchu,
- porównanie alternatywnych rozwiązań obejmujących skrzyżowania z sygnalizacją, skrzyżowania ze znakami podporządkowania, ronda i wielkie węzły wielopoziomowe,
- analiza przepustowości i działania złożonych układów stacji szybkiego tramwaju i autobusowych,
- określanie nowych tras przejazdu na podstawie znaków o zmiennej treści lub zmian w ruchu,
- modelowanie oraz symulacja potoków pieszych na ulicach a także wzajemne oddziaływanie pieszych i innych uczestników ruchu,
- modelowanie, symulacja i wizualizacja ruchu pieszych w budynkach,

W skład pakietu wchodzi symulator ruchu i generator stanów sygnalizacji zbierający dane z detektorów i sterujący sygnalizacją. W symulatorze jazdy programu VISSIM wykorzystywana jest logika „jazdy za liderem” opisana przez Wiedermann'a. Model jazdy zakłada jazdę w pasie ruchu bez możliwości wyprzedzania. Zgodnie z założeniem każdy kierowca oddziałuje zarówno na pojazdy jadące przed jak i za nim. Według Wiedermann'a kierujący pojazdem zaczyna hamować podczas dojeżdżania do pojazdu jadącego wolniej. Ze względu na brak możliwości dokładnego określenia prędkości pojazdu poprzedzającego, hamowanie trwa do momentu osiągnięcia prędkości mniejszej. Kolejno następuje zwiększenie prędkości danego pojazdu. Zatem taka sytuacja skutkuje występowaniem procesu hamowania i przyspieszania. Oprócz takiego modelu, symulator ruchu w programie VISSIM uwzględnia m.in. ustąpienie pierwszeństwa dwom sąsiednim pojazdom znajdujących się na przyległych pasach ruchu drogi wielopasowej oraz podwyższenie

uwagi kierowcy w odległości 100m od sygnalizacji świetlnej. Te wszystkie czynniki powodują dużą dokładność symulatora programu VISSIM.

Symulacja ruchu odbywa się na zasadzie przemieszczania układów „kierowca-pojazd” w sieci transportowej. Rozróżnia się trzy kategorie cech charakteryzujących cechy indywidualne układu „kierowca - pojazd”: opis techniczny pojazdu, zachowanie układu a także zależności pomiędzy kierowcą a pojazdem [8].

## 1.3. VISUM

System informacji i prognozowania dla transportu indywidualnego i publicznego. VISUM to wszechstronne, elastyczne oprogramowanie firmy PTV AG przeznaczone do modelowania popytu na transport, planowania sieci transportowych, a także do zarządzania danymi. Program stosowany jest do opracowywania miejskich, regionalnych oraz ogólnokrajowych planów rozwoju infrastruktury transportowych na całym świecie. Umożliwia opracowanie modeli sieci transportowych uwzględniających wszystkie możliwe środki transportu. VISUM oparty jest na architekturze składników programowych i przeznaczony do pracy w środowisku Windows.

Model sieci transportowej składa się z następujących elementów: węzły: (skrzyżowania dróg, przystanki), odcinki (infrastruktura drogowa i kolejowa), relacje skątne, rejon komunikacyjny: początki i cele podróży, podłączenia rejonów do sieci, trasy linii i rozkłady jazdy transportu publicznego, dane operacyjne dla pojazdów i przewoźników transportu publicznego, punkty pomiarowe dla liczenia pasażerów i detekcji pojazdów.

VISUM to jedyny przechowujący wszystkie ścieżki tworzone podczas rozkładu ruchu, co pozwala na rozbudowane analizy potoków po zakończeniu procedury rozkładu. VISUM umożliwia porównanie tras transportu indywidualnego i komunikacji publicznej pomiędzy dwoma rejonami, odwzorowanie ruchu na dowolnej kombinacji węzłów oraz ruchu na wybranym obszarze. Wiele trybów graficznych programu VISUM ułatwia przedstawienie i precyzyjną ocenę następujących scenariuszy:

- planowane obciążenie poszczególnych węzłów: pokazanie wielkości potoków w relacjach skątnych,
- planowane potoki: zróżnicowane formy prezentacji potoków ruchu, jak:
  - przedziały trzygodzinne, godzina szczytu,
  - stosunki natężenia/ przepustowości,
  - obciążenia linii transportu publicznego,
  - obciążenie w kierunkach/ przekroju,
  - bez lub wraz ekstrapolacją i zaokrągleniami,
  - histogramy, diagramy słupkowe/kołowe w odniesieniu do rejonu, węzła i przystanku,
- informacje o obszarach również w odniesieniu do tła oraz innych obiektów,
- symulacja ruchu pojazdów komunikacji publicznej [9].

## 2. PRZEPROWADZENIE BADAŃ I ANALIZA WYNIKÓW

Do prawidłowego wykonania badań konieczna była integracja i uzupełnienie baz danych do opracowania oraz kalibracji narzędzi badawczych (symulator jazdy, Visum/Saturn/Vissim). Dane zostały pozyskane z baz danych systemów zarządzania ruchem w obszarach, na których wdrożono wybrane usługi ITS. W celu umożliwienia określenia czasu wykrycia zdarzenia, czasu dojazdu służb ratowniczych i czasu do usunięcia skutków zdarzenia pozyskano także dane policyjne oraz dane Straży Pożarnej. Planuje się przeprowadzenie badań terenowych, w celu uzupełnienia baz danych o zdarzeniach i innych czynnikach wpływających na zachowania kierowcy - np. zdarzenia niepożądane (zachowania przedkonflik-

towe i konflikty ruchowe, zwane incydentami), zdarzenia niebezpieczne (kolizje i wypadki), złe warunki atmosferyczne, oświetlenie, itp. Bazy danych będą również uzupełnione o dane o parametrach ruchu (prędkość, natężenie, struktura ruchu). Część danych z wybranych obiektów kontrolnych oprócz kalibracji modeli zostanie wykorzystana do ich weryfikacji.

W ramach opracowanych scenariuszy badawczych, zawierających przygotowane wcześniej wirtualne odcinki drogi, przeprowadzone będą badania symulacyjne z udziałem kilkudziesięcioosobowej grupy kierowców o zróżnicowanym wieku i doświadczeniu w prowadzeniu pojazdu. W ramach serii eksperymentów, na symulowanej trasie przejazdu, rozmieszczone będą elementy systemu realizującego badaną usługę ITS. Podczas symulacji zmianom będzie ulegać rozmieszczenie urządzeń ITS (podobnie jak w przypadku badań z użyciem oprogramowania do modelowania ruchu) lub modyfikowana będzie treść informacji dostarczanej kierowcom. Efektem, tak przeprowadzonej serii eksperymentów, będzie zbiór danych na temat prędkości jazdy, zmiany prędkości jazdy w czasie, długości odcinka drogi, na którym kierowca utrzymywał stałą prędkość (parametr istotny, ze względu na konieczność ponawiania np. znaku ograniczającego prędkość), dodatkowych informacji na temat zachowania kierowcy, itp. Przedmiotem badań będą zatem rozkłady prędkości w przekrojach dróg o różnej lokalizacji względem stosowanych środków, tak aby ocenić skalę zmian prędkości i zasięg tych zmian. Na podstawie zarejestrowanych danych przeprowadzona będzie analiza zachowania kierowcy (hamowanie/przyspieszenie/zmiana pasa ruchu, fakt zmiany odległości od poprzedzającego pojazdu, zmiana prędkości itp.).

W ramach planowanych eksperymentów rozważa się użycie okulografów, które umożliwiają monitorowanie ruchu gałki ocznej kierowcy, w celu stwierdzenia jakie elementy otoczenia, w tym wyposażenia infrastruktury drogowej, najbardziej absorbują uwagę kierowcy, jak dużo czasu poświęca on na ich obserwację, które elementy najbardziej przykuwają jego uwagę itp. Ponadto planowane jest przeprowadzenie badania ankietowego, które może być wykonane po każdym scenariuszu badawczym. Umożliwi ono poznanie subiektywnych wrażeń kierowców, a w efekcie, sposobu oddziaływania usług ITS na kierowców.

Dodatkowo będą przeprowadzone badania grup usług ITS o największym znaczeniu dla efektywności ruchu i największym znaczeniu dla BRD, zawartych w katalogu opracowanym na podstawie analiz prowadzonych w ramach realizacji zadań 1 i 2 projektu RID 4D. W ramach badań będą uwzględnione również usługi dodatkowe, związane z potrzebą udzielenia pomocy poszkodowanemu (systemy powiadamiania, współpraca ze służbami ratowniczymi), nadzorem nad ruchem (egzekwowanie przestrzegania przepisów) i usługami w pojazdach, z uwzględnieniem struktury funkcjonalnej (moduły), logicznej (procedury, organizacja) i fizycznej (sprzęt, teleinformatyka, łączność – w zakresie wpływu dostępności usługi na BRD).

Modele ruchu przygotowane będą w układzie trzypoziomym – w programie Visum, dla analiz makroskopowych, Saturn dla analiz mezoskopowych i Vissim – dla mikroskopowych symulacji ruchu. Modele przygotowane w programie Vissim będą przygotowane z wykorzystaniem danych rzeczywistych, z uwzględnieniem wybranych wyników badań z symulatora jazdy (w szczególności dotyczących zachowania kierowców). Modele symulacyjne będą stanowić rozszerzenie badań przeprowadzonych przy wykorzystaniu oprogramowania Visum/Saturn, w zakresie uwzględnienia interakcji między uczestnikami ruchu na odcinkach dróg (miejsca lokalizacji tablic i znaków o zmiennej treści, odcinkach dróg na których wprowadzono dozowanie wjazdu) i w obszarach węzłów (np. obszary włączenia), w przypadku dostarczenia usług ITS związanych ze

sterowaniem prędkością, przekazywaniem zaleceń i poleceń kierowcom oraz sterowania ruchem w przypadku zastosowania sygnalizacji świetlnej (np. dozowanie wjazdu na autostradę lub drogę ekspresową).

Wyniki przeprowadzonych eksperymentów będą stanowić podstawę do opracowania wskaźników służących ocenie wpływu usług ITS na efektywność i bezpieczeństwo ruchu drogowego a także wytycznych w zakresie rozmieszczenia usług ITS, w celu poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wytyczne będą też zawierały wskazanie w zakresie katalogu komunikatów różnych zdarzeń najbardziej oddziałujących na kierowców. W tym zakresie planowany jest udział psychologów transportu drogowego - pracowników Instytutu Transportu Samochodowego, którzy zinterpretują wyniki badań. Kolejnym efektem przeprowadzonych analiz będzie wielokryterialna metoda oceny wpływu usług ITS na bezpieczeństwo w ruchu drogowym.

Wskaźniki będą opracowane na podstawie Instrukcji Oceny BRD pt. "Metoda prognozowania wskaźników BRD" opracowanej przez jednego z konsorcjantów projektu - Politechnikę Gdańską oraz Politechnikę Krakowską na zlecenie GDDKiA. W opracowaniach zawarte są modele wykorzystywane do prognozowania wybranych miar bezpieczeństwa ruchu na drogach krajowych. Pierwsze z opracowań zawiera wytyczne obliczania tych miar na poziomie strategicznym dla nowoprojektowanych dróg oraz ich wpływu na poziomy bezpieczeństwa na przyjętym do analizy obszarze. Drugie zawiera instrukcję szacowania liczby wypadków, ofiar i kosztów (jako miar bezwzględnych BRD), niezbędnych dla potrzeb analiz efektywności ekonomicznej inwestycji, realizowanych na drogach krajowych w Polsce. Wykorzystane uogólnione modele regresji liniowej pozwalają na znalezienie zależności wpływu wybranych czynników drogowo-ruchowych na liczbę wypadków, ofiar śmiertelnych i rannych. Opracowane modele nie uwzględniały elementów ITS, które mogą mieć znaczny wpływ na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Uwzględnienie elementów architektury ITS powinno być realizowane zarówno na poziomie strategicznym, gdzie będzie uwzględniony ich wpływ w całym analizowanym obszarze, jak i również lokalnym, który pozwoli ocenić taką zależność na pojedynczym skrzyżowaniu, czy krótkim odcinku drogi.

W ramach realizacji projektu przewiduje się wykorzystanie powyższych modeli BRD, a także zweryfikowanego, omawianego wcześniej katalogu miar oceny BRD i efektywności ruchu. Katalog będzie w miarę potrzeb uzupełniony o miary wynikające z analizy statystyk BRD i analizy literaturowej. Katalog będzie stanowił podstawę do opracowania wskaźników wpływu usług ITS na BRD i efektywność ruchu. W kolejnym etapie przewidziano opracowanie wskaźników do oceny stanu BRD i efektywności ruchu. Wskaźnikiem jest liczbowe opracowanie rozpatrywanej wielkości. Wskaźniki wpływu poszczególnych konfiguracji usług na BRD i efektywność ruchu będą opracowane poprzez zastosowanie modeli BRD i modeli ruchu opracowanych przez członka konsorcjum - Politechnikę Gdańską. Wspomniane powyżej modele, będą rozbudowane o moduł przeznaczony do oceny BRD. W obecnej postaci modele uwzględniają możliwość badania efektywności ruchu. W zakresie określenia wpływu na BRD przewiduje się opracowanie wskaźników bezpośrednich (np. związanych z redukcją liczby wypadków, zmniejszeniem ciężkości wypadków, redukcją liczby wypadków wtórnych) oraz wskaźników pośrednich (związanych z redukcją prędkości, redukcją czasu do udzielenia pomocy poszkodowanemu, redukcją czasu ekspozycji na zagrożenie, niezawodnością warstwy fizycznej). W zakresie określenia wpływu na efektywność ruchu przewiduje się opracowanie wskaźników charakteryzujących płynność ruchu oraz warunki ruchu i przepustowość.

## PODSUMOWANIE

Istnieje wiele usług Inteligentnych Systemów Transportowych, których wdrożenie może przyczynić się do zwiększenia poziomu bezpieczeństwa i efektywności ruchu drogowego. Dzięki zastosowaniu symulatora jazdy oraz oprogramowania symulacyjnego możliwe będzie poszukiwanie najbardziej efektywnych usług ITS wpływających na poprawę warunków drogowych i bezpieczeństwa ruchu, tj. takich które charakteryzują się największym potencjałem wzrostu efektywności ruchu i redukcji niepożądanych zdarzeń drogowych. Wykorzystanie wyżej wymienionych narzędzi umożliwi połączenie różnych elementów infrastruktury (np. oznakowanie pionowe i znaki poziome), a także różnych rozwiązań i metod poprawy warunków oraz bezpieczeństwa ruchu, jak środki projektowania organizacji ruchu, projektowania geometrycznego, metody zarządzania prędkością, czy zaawansowane pokładowe systemy informacyjne w pojazdach.

Warto zauważyć, że zastosowanie symulatora jazdy umożliwia przeprowadzanie badań także tych, rozwiązań, które są nieznanne uczestnikom ruchu oraz rozwiązań stosowanych w innych krajach, lecz na tą chwilę niewdrożonych w Polsce. Dzięki tym badaniom można będzie zweryfikować zasadność zastosowania danych rozwiązań w warunkach rzeczywistych, co gwarantuje uniknięcie ryzyka ewentualnych zdarzeń drogowych, możliwych do wystąpienia w przypadkach badań nowych rozwiązań, nieznanymi jeszcze uczestnikom ruchu drogowego.

## BIBLIOGRAFIA

- Gupta, N., Bisantz, A. M., Singh, T., "The effects of adverse condition warning system characteristics on driver performance: an investigation of alarm signal type and threshold level", *Behavior and Information Technology*, 21(4), pp. 235–248 (2002).
- Guzek M., Jurecki R., Karendal M., Lozia Z, Zdanowicz P., Badania reakcji kierowców na pieszego wychodzącego z prawej strony, realizowane w symulatorze jazdy samochodem, *Autobusy* 6/2010.
- <http://www.benefitcost.its.dot.gov/> [dostęp 14.03.2017].
- <http://www.esafety-effects-database.org> [dostęp 14.03.2017].
- Kamiński T., Niezgodna M., Siergiejczyk M., Oskarbski J., Świderski A., Filipek P.: Wpływ stosowania usług inteligentnych systemów transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, zeszyt 113, Warszawa 2016.
- Kamiński T.: Praca zbiorowa pt. „Kodeks dobrych praktyk efektywnego wdrażania Inteligentnych Systemów Transportowych”. *Polski Kongres ITS*, Warszawa 2015.
- Kolisetty, V. G. B., Iryo, T., Asakura, Y., Kuroda, K., "Effect of variable message signs on driver speed behavior on a section of expressway under adverse fog conditions—a driving simulator approach", *Journal of Advanced Transportation*, 40(1), pp. 47–74 (2006).
- Oficjalna strona producenta (<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/>) [dostęp 20.03.2017].
- Oficjalna strona producenta (<http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-visum/>) [dostęp 20.03.2017].
- Pawlus D., Tarnowski A., Lewkowicz R., Kamiński T., Kruszewski M.: Innowacyjny zestaw metod i narzędzi do analizy infrastruktury drogowej w aspekcie poprawy bezpieczeństwa, *Logistyka* 6/2014, s. 8514
- Sihvola, N., Schirokoff, A. and Luoma, J., "Impacts of an automatic emergency call system on accident consequences", *Proceedings of the 13th World Congress on Intelligent Transport Systems*, London, 8–12 October 2006.

### The conception of evaluation of the impact of intelligent transport systems on road traffic safety and traffic efficiency with the use of a high class of driving simulators

*This article describes the concept of impact assessment of intelligent transport systems on road safety and traffic efficiency using high-performance driving simulators. The paper discussed the most important parameters recorded using the AS 1200-6 driving simulator, which is available at the Motor Transport Institute, and simulation software, which will be used for research carried out within the project implementation, "The impact of using Intelligent Transport Systems on the level of road safety". The results of the experiments will be used to develop indicators for assessing the impact of ITS services on road safety and efficiency, as well as guidelines for the deployment of ITS services, to improve them.*

Autorzy:

inż. **Małgorzata Pędzierska**

dr inż. **Tomasz Kamiński**

mgr **Kamila Gąsiorek**

dr inż. **Ewa Szmidt**

mgr inż. **Paula Razin**

Wszyscy autorzy artykułu są pracownikami Instytutu Transportu Samochodowego.