

УДК 62-6  
UDC 62-6

### **WSPOMAGANA KOMPUTEROWO ANALIZA BRD, JAKO METODA POPRAWY JAKOŚCI PROJEKTÓW INFRASTRUKTURY DROGOWEJ**

USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska  
KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska  
JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska  
LEJDA Kazimierz, Prof. dr hab. Inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska  
WOŚ Paweł, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

### **КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ЯК СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЕКТІВ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

УСТШИЦКІ Адам, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща  
КУШЕВСКІ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща  
ЯВОРСКІ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща  
ЛЕЙДА Казімеж, Професор, Доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща  
ВОС Павел, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

### **COMPUTER-AIDED ROAD SAFETY ANALYSIS AS A METHOD OF IMPROVING QUALITY OF ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS**

USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland  
KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland  
JAWORSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland  
LEJDA Kazimierz, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland  
WOS Pawel, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

**Wstęp.** Pomimo malejącej w ostatnich latach liczby wypadków drogowych w Polsce, w porównaniu z krajami Europy jest ona ciągle wysoka, a Polska nadal zajmuje niekorzystne miejsce w rankingu bezpieczeństwa państw Unii Europejskiej w ruchu drogowym, tuż po Litwie i Rumunii. Według raportu Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego za rok 2013, co 8 śmiertelna ofiara wypadku drogowego była mieszkańcem Polski [10]. W tym roku zanotowano 35847 wypadków, w których zginęło 3357 osób, a 44059 zostało rannych [11]. Z danych tych wynika, że prawie co 10 wypadek kończy się śmiercią. Szacowany rozwój motoryzacji w Polsce wskazuje, że do 2020 roku liczba pojazdów może wzrosnąć o dalsze 15–25% i może osiągnąć 30 mln pojazdów. Zaniechanie lub ograniczenie działań prewencyjnych w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd) w najbliższych latach może doprowadzić do zahamowania lub odwrócenia tendencji spadkowej liczby wypadków drogowych oraz ich ofiar, a straty materialne i społeczne tych zdarzeń drogowych mogą sięgnąć nawet kwoty 225 mld zł [9]. Stąd też konieczne jest podjęcie skutecznych i efektywnych działań mających na celu ochronę życia i zdrowia uczestników ruchu drogowego.

W krajach przodujących w zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu drogowego, do których należy zaliczyć Holandię, Niemcy, Szwajcarię, Francję, Wielką Brytanię, Szwecję, Norwegię, Belgię, Finlandię i Portugalię, celem rozwiązania problemów związanych z brd, podejmowano działania zmierzające do [4]:

- poprawy drogowego zachowania użytkowników poprzez sprawną egzekucję kar wspieraną przez ustawodawstwo, edukację i promocję dobrych zachowań oraz wprowadzenie nowych technologii pojazdów poprawiających bezpieczeństwo,
- poprawy infrastruktury drogowej poprzez audyty bezpieczeństwa, uspokojenie ruchu, budowę rond, czy szerokich poboczy,
- poprawy bezpieczeństwa niechronionych użytkowników dróg, poprzez kombinację różnych czynników w tym ulepszeń pojazdów, odpowiednią infrastrukturę, programy edukacyjne, promocję właściwych zachowań i egzekwowania przepisów prawa drogowego,
- promowania bezpieczniejszych pojazdów, poprzez zwiększenie zakresu stosowania aktywnych i pasywnych systemów bezpieczeństwa oraz informowania konsumentów o tego typu rozwiązaniach,

- poprawy szkolenia młodych kierowców, ich edukacji w zakresie bezpieczeństwa i promowanie bezpiecznych zachowań na drodze,
- poprawy działania służb ratunkowych oraz w zakresie niesienia pomocy ofiarom wypadków, poprzez skrócenie czasu przyjazdu do miejsca wypadku, szkolenie personelu medycznego, poprawy opieki medycznej na miejscu, odpowiednich programów rehabilitacji,
- poprawy w zakresie zbierania analizy i dystrybucji danych o wypadkach, poprzez rozwój bazy danych, tworzenie systemów do łączenia różnych danych, dogłębne dochodzenie w sprawie wypadku,
- lepszego zarządzania bezpieczeństwem za pomocą: systematycznego podejścia, określenia celów, realizacji i oceny działań, określenia wymagań dotyczących zasobów i zaangażowania agencji publicznych, regularnej identyfikacji problemów i monitorowania postępu osiąganiu celów.

Jak wskazują doświadczenia tych krajów, dopiero kompleksowe podejście do brd może przynieść pozytywne efekty, do których należy zaliczyć zmniejszenie liczby wypadków i ich ofiar. W Polsce, w każdym z tych obszarów jest jeszcze wiele działań podjęcia, szczególnie w obszarach, które były i są ciągle zaniedbane w porównaniu do czołowych krajów UE. Do tych obszarów należy przede wszystkim stan infrastruktury drogowej, który pomimo intensywnych działań zmierzających do poprawy w tym zakresie, z powodu długoletnich zaniedbań, ciągle pozostawia wiele do życzenia. Samo budowanie nowych autostrad czy dróg ekspresowych może być niewystarczające, jeżeli jakość wprowadzanych rozwiązań infrastruktury drogowej będzie niska pod względem brd. Jakość tych rozwiązań może być podniesiona m.in. dzięki audytom projektów infrastruktury drogowej.

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/96/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej [2] od 2012 r. istnieje w Polsce obowiązek prowadzenia analiz brd, które polegają na [12]:

- przeprowadzeniu;
  - oceny wpływu planowanej drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego,
  - audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- dokonywaniu klasyfikacji odcinków dróg;
  - ze względu na koncentrację wypadków śmiertelnych,
  - ze względu na bezpieczeństwo sieci drogowej.

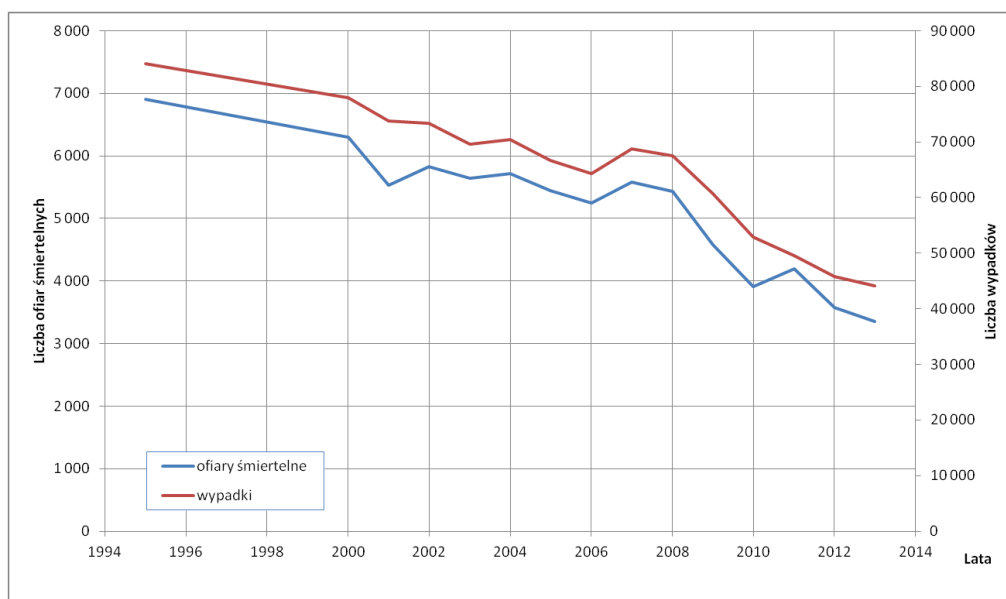
Ocenę wpływu planowanej drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego przeprowadza się jeszcze przed wszczęciem postępowania w sprawie decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych. Przeprowadzana na wczesnym etapie planowania ocena jest strategiczną analizą wpływu wariantów planowanej drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego w sieci dróg publicznych znajdujących się w obszarze wpływu planowanej drogi. Przy przeprowadzaniu oceny tego oddziaływania planowanej drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego uwzględnia się m.in. takie zagadnienia, jak: liczbę wypadków drogowych i zabitych na drogach, z których ruch drogowy może zostać przeniesiony na planowaną drogę, wpływ planowanej drogi na istniejącą sieć drogową i jej uczestników oraz natężenie ruchu drogowego i jego rodzaj. Podczas prowadzenia oceny wpływu powinny być brane pod uwagę także czynniki sezonowe i klimatyczne, możliwość wystąpienia tąpnięć górniczych oraz potrzeby uczestników ruchu w zakresie bezpiecznych stref parkingowych. Analiza taka powinna dotyczyć co najmniej 3 różnych wariantów planowanej drogi [12, 13,14].

Audyt bezpieczeństwa ruchu drogowego jest to niezależna, szczegółowa, techniczna ocena cech projektowanej, budowanej, przebudowywanej lub użytkowanej drogi publicznej pod względem bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego [6]. Zgodnie z zarządzeniem Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad audyt ten powinien być prowadzony na każdym etapie realizacji projektu infrastruktury drogowej. tj. na etapie [13,15]:

- projektu wstępnego;
- projektu szczegółowego;
- przygotowania drogi do otwarcia;
- w początkowej fazie użytkowania drogi.

W odniesieniu do istniejących dróg należy dokonywać klasyfikacji odcinków dróg z jednej strony ze względu na koncentrację wypadków śmiertelnych, z drugiej ze względu na bezpieczeństwo sieci drogowej. W wyniku analizy pod względem liczby wypadków śmiertelnych istniejącej sieci drogowej, wytypowane zostają najbardziej niebezpieczne odcinki dróg o dużej liczbie wypadków śmiertelnych. Klasyfikacja odcinków dróg ze względu na bezpieczeństwo sieci drogowej to natomiast analiza, której efektem jest wytypowanie odcinków dróg w istniejącej sieci drogowej o dużej możliwości poprawy brd. Analizy te powinny być przeprowadzane co najmniej raz na trzy lata, a klasyfikację odcinków dróg ze względu na

koncentrację wypadków śmiertelnych powinno się przeprowadzać dla odcinków dróg pozostających w użytkowaniu nie krócej niż trzy lata [12,14].



Rys. 1. Liczba wypadków drogowych i ofiar śmiertelnych w Polsce w latach 1995-2013 [11]

Według Ustawy o drogach publicznych zarządzanie bezpieczeństwem dróg i związane z nim analizy powinny być prowadzone dla transeuropejskiej sieci drogowej (TEN-T). Niemniej jednak, takim analizom mogą być poddawane także drogi istniejące lub projekty drogowe poza tą siecią, zwłaszcza o dużych natężeniach ruchu. Realizacja analiz brd wiąże się oczywiście z dodatkowymi kosztami, jednakże w końcowym rozrachunku może ograniczyć zarówno koszty końcowe inwestycji, ze względu na ograniczenie usterek i błędów, które będą musiały być usunięte, jak również może zmniejszyć globalny koszt transportu ze względu na mniejszą liczbę wypadków i liczbę ich ofiar. Aby to było możliwe, istotnym zagadnieniem jest jakość prowadzonych analiz brd, które powinny być prowadzone przez niezależnych audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego lub zespoły audytujące. Uwzględniając stosunkowo dużą liczbę prowadzonych ostatnio w Polsce inwestycji drogowych oraz konieczność realizacji nowych, celem osiągnięcia stanu infrastruktury drogowej zbliżonej do pozostałych krajów europejskich, ilość prowadzonych analiz może skutkować tym, że będą wykonywane przez zespoły audytorów o mniejszym doświadczeniu i znajomości problemów brd, co może prowadzić z kolei do ich powierzchowności i tym samym ograniczonej skuteczności. Zjawisko to może tym bardziej się uwidocznić ze względu na wiele wymagań, jakie narzucone są na audytorów brd. Według Ustawy o drogach publicznych audytorem nie może być osoba [12]:

- związaną bezpośrednio z audytowanym projektem, co oznacza, że audytor nie wykonuje lub nie wykonywał zadań w zakresie projektowania, budowy, przebudowy, zarządzania odcinkiem drogi podlegającym audytowi, zarządzania ruchem lub nie nadzoruje nad zarządzaniem ruchem na odcinku drogi podlegającym audytowi,
- której małżonek, krewny i powinowaty do drugiego stopnia, przysposobiony lub podlegający opiece, czy kurateli wykonywał lub wykonuje zadania w zakresie projektowania, budowy, przebudowy, zarządzania, zarządzania ruchem lub nadzoru nad zarządzaniem ruchem na odcinku drogi podlegającym audytowi.

Uwzględniając powyższe uwarunkowania, narzędzie, które ułatwi prowadzenie analiz brd na odpowiednio wysokim poziomie, jest istotnym zagadnieniem związanym z poprawą brd.

**Program do komputerowego wspomaganie analiz brd.** Analiza rozwiązań związanych z zarządzaniem bezpieczeństwem ruchu drogowego pozwala na stwierdzenie, że na świecie stosowanych jest wiele aplikacji wspierających zarządzanie bezpieczeństwem ruchu drogowego, przy czym są to programy dedykowane zarówno audytorom BRD jak i zarządcom dróg. Spośród stosowanych aplikacji tego typu, do najważniejszych należy zaliczyć [13]:

- Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM) – USA, przeznaczony do analizy bezpieczeństwa ruchu na autostradach, którego użytkownikami docelowymi są zarządcy dróg,
- Road Safety Audit (RSA) – USA, przeznaczony dla audytorów BRD i wspomagający przeprowadzanie audytu i generowanie raportu z tego audytu,

- EUSka – Niemcy, przeznaczony dla zarządców dróg, którego głównym zadaniem jest analiza bezpieczeństwa ruchu na autostradach,
- Traffic Engineering Software (TES) – Kanada, program dla zarządców dróg przeznaczony do analizy bezpieczeństwa sieci dróg,
- Microcomputer Accident Analysis Package (MAAP) – Wielka Brytania, przeznaczony do archiwizacji danych o wypadkach oraz analizy bezpieczeństwa ruchu przydatny władzom lokalnym, policji oraz zarządcom dróg,
- ARRB Suite of Tools to Assist Road Managers – Australia, zestaw narzędzi, w skład którego wchodzi m.in.:
  - Australian National Risk Assessment Model (ANRAM),
  - Road Safety Audit Toolkit (RSAT), program wspomagający audyt BRD przeznaczony głównie dla audytorów,
  - Austroads Safety Engineering Toolkit (ASET), narzędzie przeznaczone dla projektantów, zarządców dróg, które może być wykorzystywane również przez audytorów BRD.

Wykorzystując te doświadczenia w ramach projektu EYEVID pt. „Innowacyjny zestaw metod i narzędzi do badania infrastruktury drogowej w aspekcie BRD” opracowywany jest zestaw narzędzi do kompleksowej oceny bezpieczeństwa wynikającego z widoczności lub braku widoczności elementów kluczowych dla poprawnego i bezpiecznego prowadzenia pojazdów w sieci drogowej. Zestaw ten, posiadający modułową budowę, zawiera stanowiska do: kwalifikacji krytycznych odcinków drogi, okولوجraphicznych badań brd w rzeczywistym ruchu drogowym i w warunkach symulacyjnych oraz program do operacjonalizacji i opracowania wyników badań brd [3]. W ramach tego narzędzia powstają m.in. moduły do prowadzenia oceny wpływu projektowanej drogi na brd oraz audytu projektów infrastruktury na różnych etapach realizacji tych projektów.

**Moduł do oceny wpływu projektowanej drogi na brd.** Moduł przeznaczony jest do ułatwienia realizacji oceny wpływu projektów infrastruktury drogowej na brd [7]. Opracowano go przyjmując metodykę obliczeń miar brd, wprowadzoną w lutym 2011 r. do Instrukcji dla Audytorów Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, stanowiącej Załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 3/09/2009 roku [5]. W metodyce tej, dla poszczególnych odcinków jednorodnych uwzględnia się w obliczeniach szereg parametrów mających wpływ na brd, do których należą:

- rok prognozy,
- natężenie ruchu,
- przekrój drogi,
- klasa drogi,
- krętość drogi,
- rodzaj obszaru otaczającego drogę,
- występowanie węzłów i skrzyżowań,
- udział samochodów ciężarowych i autobusów,
- czynniki regionalne (województwa),
- stan drogi.

Na podstawie wprowadzonych danych, dla poszczególnych wariantów obliczane są prognozowane miary ryzyka społecznego w postaci:

- gęstości wypadków GW [wypadków/km/rok],
- liczb wypadków [wypadków/rok],
- gęstości ofiar rannych GR [ofiar/km/rok],
- liczb ofiar rannych LR [ofiar/rok],
- gęstości ofiar śmiertelnych GZ [ofiar/km/rok],
- liczb ofiar śmiertelnych LZ [ofiar/rok],
- sumy powyższych miar z okresów najwyższych wartości dla trzech lat (z okresu dwudziestu lat prognozy),
- maksymalnej gęstości miar z okresu trzyletniego, dla odcinka o największych wartościach miar ryzyka SGXmax.

- sumy miar dla poszczególnych wariantów drogi, dla całego 20-letniego okresu prognozy.

Następnie wyznaczane są klasy ryzyka odcinków jednorodnych oraz klasa ryzyka dla wariantu, jako klasa najgorszego odcinka. W module dokonywana jest ocena skuteczności analizowanych wariantów w zakresie redukcji liczby wypadków i ich ofiar.

Ponadto moduł realizuje obliczenia prognozowanych miar strat społecznych dla sieci dróg w obszarze wpływu planowanej drogi oraz prognozowanych kosztów wypadków drogowych. Na podstawie obliczonych miar strat społecznych i strat ekonomicznych dokonywana jest punktacja poszczególnych wariantów i ustalany jest ich ranking końcowy.

Modul umożliwia *generowanie* raportu końcowego z oceny wpływu, w którym zawarte są ogólne dane dotyczące projektu, dane wyjściowe do analiz i ocen, dane dotyczące analizy stanu istniejącego oraz wyniki przeprowadzonej analizy stanu prognozowanego zawierające m.in.:

- prognozowane maksymalne miary ryzyka społecznego,
- zidentyfikowane klasy ryzyka społecznego dla wariantów planowanej drogi,
- prognozowane miary strat społecznych dla sieci dróg w obszarze wpływu planowanej drogi,
- prognozowane koszty wypadków,
- ocenę skuteczności analizowanych wariantów w zakresie redukcji liczby wypadków i ich ofiar,
- ocenę skuteczności analizowanych wariantów w zakresie redukcji kosztów strat materialnych i ofiar wypadków,
- punktacje i rankingi analizowanych wariantów.

**Moduł wspomagający prowadzenie audytu brd** Zadaniem modułu jest ułatwienie audytu, poprzez uporządkowanie procesu jego przeprowadzania, co powinno się przyczynić do poprawy jakości przeprowadzonych audytów, przyspieszając także ich wykonanie. W podstawowej formule moduł pozwala na precyzyjne zdefiniowanie przeprowadzanego audytu, dzięki któremu możliwe jest automatyczne wygenerowanie listy pytań kontrolnych, które audytor powinien poddać analizie. W dalszej kolejności moduł umożliwia opis znalezionych błędów i usterek projektu, dając audytorowi możliwość określenia poziomu wpływu tego problemu na brd, jak również pozwala na zaproponowanie niezbędnych zmian, które zdaniem audytora pozwolą na wyeliminowanie tych usterek, czy błędów lub ograniczenie ich wpływu na brd. W końcowym efekcie moduł generuje usystematyzowany raport zgodnie z wymaganiami. Poza wymienionymi w Zarządzeniu Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad [15] rodzajami audytu, oprogramowanie pozwala na prowadzenie audytu także w innych fazach realizacji projektu i są to audyty [13]:

- projektu wstępnego,
- projektu szczegółowego,
- przygotowania do otwarcia,
- w początkowej fazie użytkowania drogi,
- drogi istniejącej,
- drogi wirtualnej np. poprzez wirtualny przejazd symulatorem po projektowanej drodze [1].

Po wprowadzeniu podstawowych danych o projekcie dotyczących nazwy i wykonawcy ocenianego projektu drogowego, zleceniodawcy audytu, zespołu audytorów oraz daty wykonania, moduł generuje listę pytań kontrolnych, która tworzona jest dynamicznie, odpowiednio do zdefiniowanego typu audytu. Rodzaj audytu definiowany jest poprzez [13]:

- wybór typu audytu w zależności od etapu, na jakim się odbywa,
- określenie (wybór) parametrów drogi (kategorii drogi i jej funkcji, prędkości projektowej, typu drogi itp.),
- określenie rodzaju terenu, przez który przebiega droga (np. płaski, pagórkowaty, górzysty),
- określenie (wybór) rodzaju przylegającego obszaru, przez który przebiega droga (miejski, pozamiejski, inny),

W trakcie sprawdzania listy pytań, moduł programu umożliwia scharakteryzowanie zauważonych problemów i usterek poprzez:

- opis problemu – w tym segmencie programu audytor nadaje nazwę, charakteryzuje usterki lub błędy projektu oraz precyzuje lokalizację problemu opisowo lub graficznie,
- ocenę poziomu zagrożenia w skali 1 do 5 (bardzo małe, małe, średnie, duże, bardzo duże) w różnych kategoriach (m.in.: prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, następstwa wypadków), z których obliczany jest wypadkowy poziom ryzyka, na podstawie którego audytor może zidentyfikować odcinki najbardziej krytyczne w zakresie poprawy poziomu bezpieczeństwa,
- sugestie dotyczące usunięcia problemu,

Moduł generuje końcowy raport z audytu, w którym znajdują się informacje dotyczące projektu oraz realizowanego audytu wprowadzone podczas definiowania audytu i zestawienie problemów według założonego schematu (np. według lokalizacji lub zdefiniowanych problemów). Pozostałe zagadnienia, które powinny znaleźć się w raporcie, wprowadzane są w edytorze tekstowym i są to [8,13]:

- zestawienie uwag z oceny wpływu na brd, jeśli taka ocena poprzedzała audytowane stadium projektu lub zestawienie błędów wymienionych w raporcie audytu brd do poprzedniego stadium projektowego, które nie zostały usunięte w ocenianym projekcie,
- ocena odstępstw od warunków technicznych wraz z jednoznacznymi wnioskami dotyczącymi konieczności wprowadzenia zmian projektowych,
- końcowa ocena projektu rozstrzygająca o możliwości i warunkach jego realizacji,

- w przypadku etapu przygotowania do otwarcia drogi oraz początkowej fazy użytkowania drogi zestawienie zidentyfikowanych błędów, usterek oraz problemów wraz z wnioskami o niezbędnych usprawnieniach lub zmianach warunkujących użytkowanie drogi,
- wnioski wskazujące na zalecane usprawnienia, których realizacja nie warunkuje jednak przyjęcia projektu lub użytkowania drogi.

Generowanie raportu jest możliwe na każdym etapie wprowadzania danych, z wyjątkiem danych początkowych projektu, które umożliwiają identyfikację projektu (tj. numer, czy nazwa).

**Podsumowanie i wnioski.** Poprawne rozwiązania realizowanych inwestycji drogowych mogą mieć istotny wpływ na zmniejszenie liczby wypadków na nowo projektowanych drogach oraz zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych, która w Polsce jest bardzo wysoka w odniesieniu do innych krajów Unii Europejskiej. Jedną z metod poprawy tych rozwiązań jest systematyczne prowadzenie analiz brd projektów infrastruktury drogowej. Uwzględniając stosunkowo dużą ilość realizowanych projektów tego typu, należy wyposażyć zespoły audytorskie dokonujące ocen tych projektów w narzędzie ułatwiające i przyspieszające ich wykonanie. Takim narzędziem może być opracowywany w ramach projektu EYEVID zestaw narzędzi, w skład którego wchodzi oprogramowanie wspomagające proces oceny wpływu projektowanej drogi na brd oraz audytu projektów infrastruktury drogowej na każdym etapie projektowania.

Podstawowym zadaniem tego narzędzia jest podniesienie jakości prowadzonych ocen projektów polegające na znalezieniu wszystkich istotnych błędów projektu oraz jak największej ilości usterek obniżających poziom bezpieczeństwa na projektowanej drodze.

Osiągnięcie tego jest możliwe poprzez usystematyzowanie procesu analizy brd (oceny wpływu lub audytu) oraz umożliwienie dodatkowych analiz np. audytu drogi wirtualnej w środowisku symulacyjnym, co daje nowe możliwości znajdowania błędów projektu nawet mniej doświadczonym audytorom. Ponieważ stopień komplikacji oraz ilość niezbędnych danych, zwłaszcza przy realizacji oceny wpływu projektowanej drogi, są bardzo duże, stąd też narzędzie, które w dużym stopniu pozwoli na zautomatyzowanie prac, pozwoli na ograniczenie liczby błędów w trakcie obliczeń i oceny poszczególnych wariantów. W efekcie wybrany do realizacji wariant drogi będzie najkorzystniejszy pod kątem bezpieczeństwa brd realizowanej inwestycji drogowej.

Projektowane oprogramowanie wspomagające analizy brd może więc w znaczącym stopniu podnieść jakość prowadzonych audytów infrastruktury drogowej i w efekcie samych projektów infrastruktury drogowej. Pozwoli to na obniżenie globalnego kosztu transportu drogowego, na który wpływ mają poza kosztami wypadków (leczenie i rehabilitacja rannych, utracone korzyści w wyniku niezdolności do pracy, zaprzepaszczenie nakładów, nie tylko finansowych, związanych z wykształceniem młodych ludzi, którzy stosunkowo często są śmiertelnymi ofiarami wypadków), także koszty wynikające z niepotrzebnego i nadmiernego zanieczyszczenia powietrza oraz innych zasobów na skutek np. kongestii będącej wynikiem przyjęcia złych rozwiązań infrastruktury drogowej.

## LITERATURA

- [1] Balawender K., Jaworski A., Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A., Woś P.: Audyt BRD drogi wirtualnej z wykorzystaniem symulatora wysokiej klasy. *Logistyka* nr 6, 2014.
- [2] Dyrektywa 2008/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej. *Dziennik Urzędowy UE* L 319/59 z dnia 29 listopada 2008 r.
- [3] [eyevid.pl](http://eyevid.pl) – Portal projektu EYEVID.
- [4] Gitelman V., Hendel L., Carmel R., Bekhor S.: An examination of the national road-safety programs in the ten world's leading countries in road safety. *European Transport Research Review* (2012) 4:175–188 (doi 10.1007/s12544-012-0081-x).
- [5] Instrukcja dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego część I, Załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 3/09/2009 roku w sprawie oceny wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej. Warszawa 2011.
- [6] Jaworski A., Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A., Woś P.: Audyt BRD dróg transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T) w Polsce w aspekcie wymagań światowych standardów. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe*. Nr 3/2013.
- [7] Jaworski A., Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A., Woś P.: Prognozowanie miar strat społecznych w ocenie wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej. *Logistyka* 3/2014.
- [8] Jaworski A., Kuszewski H., Lejda K., Ustrzycki A., Woś P.: Symulator jazdy samochodem jako narzędzie audytu BRD. *Technika Transportu Szynowego*. Nr 10/2013.

[9] National Road Safety Programme 2013–2020. National Road Safety Council, Ministry of Infrastructure and Development, Warsaw 2013 ([ec.europa.eu/transport/road\\_safety/pdf/national-road-safety-strategies\\_pl.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/national-road-safety-strategies_pl.pdf)).

[10] Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz działania realizowane w tym zakresie. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa 2013.

[11] Transport. Wyniki działalności w 2013 r. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.

[12] Ustawa o drogach publicznych. Dziennik Ustaw z 1985 r., Nr 14, poz. 60, tekst ujednolicony z 2012 r.

[13] Ustrzycki A., Jaworski A., Kuszewski H., Lejda K., Woś P.: System komputerowego wspomaganie audytu BRD. Logistyka 3/2014.

[14] Ustrzycki A., Jaworski A., Kuszewski H., Lejda K., Woś P.: Zestaw narzędzi do analizy BRD infrastruktury drogowej. XXV Międzynarodowa Konferencja Naukowa SAKON'14 nt. "Systemy i środki transportu samochodowego", t.5, Rzeszów, 18-20.09.2014.

[15] Zarządzenia nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 3/09/2009 roku w sprawie oceny wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej. GDDKiA, Załącznik nr 1: Instrukcja dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego część II. Warszawa 2009.

### STRESZCZENIE

USTRZYCKI Adam. Wspomagana komputerowo analiza brd, jako metoda poprawy jakości projektów infrastruktury drogowej/USTRZYCKI Adam, KUSZEWSKI Hubert, JAWORSKI Artur, LEJDA Kazimierz, WOŚ Paweł // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NUT, 2015. - № 32.

W artykule przedstawiono opracowywane w ramach projektu EYEVID narzędzie do analizy i oceny projektów infrastruktury drogowej oraz tzw. kwalifikacji krytycznych odcinków dróg. W ramach opracowywanego narzędzia tworzone jest oprogramowanie umożliwiające komputerowe wspomaganie oceny wpływu projektowanej drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego (brd) w obszarze wpływu tej drogi oraz prowadzenie audytu projektów infrastruktury drogowej. Projektowane narzędzie pozwoli na usystematyzowanie prac prowadzonych podczas powyższych analiz brd oraz umożliwi prowadzenie audytu także w środowisku symulowanym. Funkcjonalności programu umożliwiają m.in. prowadzenie audytów na wszystkich etapach projektu zgodnie z wymaganiami Ustawy o drogach publicznych, klasyfikację znalezionych błędów i usterek projektu pod kątem ich wpływu na brd oraz generowanie raportów w ujednoliconej formie zgodnie z wymaganiami Generalnej Dyrekcji Dróg i Autostrad.

### РЕФЕРАТ

ЯВОРСКИ Артур. Комп'ютерний аналіз безпеки дорожнього руху як способу підвищення якості проектів дорожньої інфраструктури / УСТШИЦКІ Адам, КУШЕВСКІ Губерт, ЯВОРСКИ, Артур, ЛЕЙДА Казімеж, ВОС Павел // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. - Вип. 2 (32).

В статті представлено розроблений інструмент для аналізу та оцінки проектів дорожньої інфраструктури і кваліфікації критичних ділянок дороги. Розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє створювати системи автоматизованої оцінки впливу передбачуваної дороги з безпеки дорожнього руху в зоні впливу дороги та проводити перевірки дорожньо-інфраструктурних проектів. Запропонований інструмент дозволяє систематизувати роботу, виконану протягом проведеного аналізу безпеки дорожнього руху, а також провести перевірку в штучному середовищі. Функціональність програми включає проведення перевірок на всіх стадіях проекту відповідно до вимог Закону про громадські дороги, класифікацію дефектів проекту з точки зору їх впливу на безпеку дорожнього руху та створення звітів стандартизованої форми відповідно до вимог Головного управління автомобільних доріг і автомагістралей.

### ABSTRACT

USTRZYCKI Adam, KUSZEWSKI Hubert, JAWORSKI Arthur, LEJDA Kazimierz, WOS Pawel. Computer-aided road safety analysis as a method of improving quality of road infrastructure projects. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. - Kyiv. National Transport University, 2015. - Issue 2 (32).

The article presents the tool developed under the project EYEVID and designed for analysis and evaluation of road infrastructure projects and so-called qualifications of critical road sections. As a part of the tool, the software that allows creating a computer aided assessment of impact on road safety (RS) for the projected road exerting area and conducting audits of road infrastructure projects. The proposed tool makes possible to systematize the work carried out during the above analysis of road safety and also enables

auditing in a simulated environment. The program functionality covers conducting audits at all stages of the project in accordance with the requirements of the Act on Public Roads, the classification of errors and defects found in the project and influenced RS, and generating reports in a standardized form in accordance with the requirements of General Directorate of Roads and Highways.

**AUTORZY:**

USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

LEJDA Kazimierz, Prof. dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

WOŚ Paweł, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

**АВТОРИ:**

УСТШИЦЬКІ Адам, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

КУШЕВСЬКІ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЯВОРСЬКІ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЛЕЙДА Казімеж, Професор, Доктор габілітований, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ВОС Павел, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

**AUTHORS:**

USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

JAWORSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

LEJDA Kazimierz, Prof. DSc, Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

WOS Pawel, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

Levkivskiyi O.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.

Gutarevych Y.F, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.