

OKULOGRAF JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE AUDYT BRD

Artur JAWORSKI, Hubert KUSZEWSKI, Kazimierz LEJDA,
Adam USTRZYCKI, Paweł WOŚ¹

W artykule przedstawiono okulograf (eyetracker) jako narzędzie proponowane do wspomagania audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD) na drodze istniejącej lub w środowisku symulacyjnym. Użycie okulografu związane jest głównie z oceną widoczności kluczowych elementów infrastruktury drogowej.

1. WPROWADZENIE

Katedra Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Rzeszowskiej wraz z czterema ośrodkami krajowymi realizuje projekt badawczo-rozwojowy dotyczący opracowania metod i narzędzi wspierających proces audytu i oceny bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD). Ośrodkami uczestniczącymi w tym projekcie są także: Instytut Transportu Samochodowego, Neuro Device Group Sp. z o.o., ODIUT Automex sp. z o.o. oraz Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej. Opracowywane w projekcie narzędzia wykorzystywać będą m.in. okulografy oraz symulatory jazdy do oceny najważniejszego aspektu bezpieczeństwa na drodze, tj. widoczności, nie tylko samej drogi i innych uczestników ruchu drogowego, ale również oznakowania i elementów infrastruktury drogowej oraz innych obiektów w otoczeniu drogi.

2. AUDYTY BRD W POLSCE

Podstawowym założeniem przeprowadzania audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego jest poprawa BRD na nowo projektowanych drogach transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T). Długość dróg wchodzących w skład transeuropejskiej sieci drogowej w Polsce wynosi około 4800 km i pozostają one w kompetencjach 28 zarządców dróg - Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad oraz 27 prezydentów miast na prawach powiatu [4]. Ponieważ audyt BRD można przeprowadzać także na innych drogach np. już istniejących, nie należących do tej sieci, staje się on narzędziem poprawy jakości oznakowania ukierunkowanym na polepszenie jego czytelności i widoczności. W wyniku przeprowadzenia audytu na takich drogach, zwłaszcza w miejscach, w których występuje duża liczba zdarzeń drogowych mogą być wykonywane modernizacje tych odcinków dróg zmierzające do poprawy BRD.

Uregulowania formalno-prawne odnośnie zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego w Polsce, a w szczególności przeprowadzania audytów BRD sięgają swymi początkami pierwszej dekady XXI w. W formie procedur organizacyjno-wykonawczych wprowadziła je do swej działalności statutowej, jako organ zarządzający drogami krajowymi, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad na podstawie wewnętrznych zarządzeń i instrukcji [2]. Podstawą prawną działań wprowadzających pilotażowy program audytu BRD w strukturach GDDKiA był przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 8 maja 2000 r. Krajowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w Polsce. Wdrożenie systemu audytu BRD uznano w tym dokumencie za działanie o charakterze systemowym warunkującym realizację Programu. Celem audytu BRD jest poprawa jakości projektów drogowych pod względem bezpieczeństwa ruchu drogowego, zwrócenie uwagi na projektowanie bezpiecznych rozwiązań przez wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego, eliminacja błędów projektowych, które mogłyby być przyczyną wypadków, minimalizacja ryzyka i konsekwencji wypadków drogowych na projektowanym obiekcie drogowym lub pobliskiej sieci drogowej oraz minimalizacja potrzeb i kosztów ewentualnych prac naprawczych po zrealizowaniu projektu.

Istotnym punktem zwrotnym w prawodawstwie dotyczącym audytów BRD, rzutującym na obecny stan prawny, było ukazanie się Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/96/WE z

¹ dr inż. Artur Jaworski, dr inż. Hubert Kuszewski, prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda, dr inż. Adam Ustrzycki, dr inż. Paweł Woś; Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu

dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej [1]. Zobowiązuje ona państwa członkowskie do ustanowienia i wdrożenia procedur dotyczących przeprowadzania ocen wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego, audytów bezpieczeństwa ruchu drogowego, zarządzania bezpieczeństwem sieci drogowej i kontroli bezpieczeństwa ruchu drogowego w odniesieniu do dróg wchodzących w skład transeuropejskiej sieci drogowej znajdujących się na etapie projektu, budowy lub użytkowania, przy czym przepisy Dyrektywy mogą być również stosowane jako zestaw najlepszych praktyk w odniesieniu do krajowej infrastruktury transportu drogowego nie wchodzącej w skład transeuropejskich sieci drogowych, której budowa została w całości lub w części sfinansowana przez Wspólnotę.

Dyrektywa w szczególności ustanawia elementy i ogólne kryteria dla oceny i audytów BRD, przy czym ocena wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego jest przeprowadzana na wstępnym etapie planowania, przed akceptacją projektu infrastruktury, natomiast audyty BRD stanowią integralną część procesu projektowania infrastruktury i są przeprowadzane na etapie projektu wstępnego, projektu szczegółowego, przygotowania do otwarcia oraz w początkowej fazie użytkowania.

Dla sieci dróg będących w użytkowaniu, przepisy Dyrektywy wymagają klasyfikacji odcinków dróg o dużej koncentracji wypadków oraz klasyfikacji ze względu na bezpieczeństwo sieci w oparciu o oceny użytkowania sieci drogowej wykonane wg ustalonych kryteriów przez zespoły ekspertów, w tym audytorów BRD. Te odcinki dróg powinny być traktowane priorytetowo przy stosowaniu odpowiednich środków zaradczych, zwiększających poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Niezależnie od tego, w odniesieniu do dróg będących w użytkowaniu, w szczególności tych, na których wykonywane są roboty drogowe, powinny być dokonywane kontrole bezpieczeństwa celem zidentyfikowania elementów związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego i zapobiegania wypadkom.

Dyrektywa wprowadza również obowiązek przyjęcia przez państwa członkowskie programów szkoleń dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego. Określa również podstawowe wymogi stawiane kandydatom do pełnienia tej funkcji z zastrzeżeniem, że w celu przeprowadzenia audytu projektu infrastruktury audytor w momencie przeprowadzania audytu nie może być zaangażowany w tworzenie lub użytkowanie danego projektu infrastruktury. Dyrektywa sankcjonuje tym samym instytucję niezależnego audytora BRD dla projektów infrastruktury.

Jeszcze przed przyjęciem przez prawodawstwo polskie wytycznych Dyrektywy, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad podjęła działania mające na celu dostosowanie wewnętrznych procedur do standardów unijnych. Polegały one na nowelizacji wewnętrznych przepisów zarządczych i wykonawczych poprzez [2]:

- wprowadzenie Zarządzenia nr 17 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 11.05.2009 r. w sprawie stadiów i składu dokumentacji projektowej dla dróg i mostów w fazie przygotowania zadań, uwzględniające przeprowadzanie Ocen BRD i Audytów BRD wraz z obszernym, szczegółowym załącznikiem – instrukcją,
- wprowadzenie Zarządzenia nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 03.09.2009 r. w sprawie oceny wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej [5] wraz z załącznikami, tj.:
- szczegółową instrukcją dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego - Załącznik 1 w trzech częściach: cz.1 – „Ocena wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego”, cz.2 – „Audyt bezpieczeństwa ruchu drogowego” oraz cz.3 – „Metoda oceny wpływu projektów infrastruktury drogowej na bezpieczeństwo ruchu drogowego” – załącznik A,
- wzorem upoważnienia do wykonywania zadań audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego w Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad – Załącznik 2,
- wzorem pieczętki audytora bezpieczeństwa ruchu drogowego upoważnionego do wykonywania zadań audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego w strukturach GDDKiA.

Dla dostosowania istniejącego prawodawstwa polskiego do zaleceń Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/96/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej, Sejm RP przyjął w dniu 13 kwietnia 2012 r. Ustawę o

zmianie ustawy o drogach publicznych oraz niektórych innych ustaw [3]. Celem wprowadzenia zmian jest przede wszystkim – zgodnie z art. 1 ww. dyrektywy – ustanowienie oraz wdrożenie procedur dotyczących zarządzania bezpieczeństwem dróg wchodzących w skład transeuropejskiej sieci drogowej. Ustawa wprowadza odpowiednie zmiany i rozszerza treść następujących aktów prawnych:

- ustawy z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. z 2007 r. Nr 19, poz. 115, z późn. zm.),
- ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623, z późn. zm.),
- ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. - Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2005 r. Nr 108, poz. 908, z późn. zm.),
- ustawy z dnia 10 kwietnia 2003 r. o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg publicznych (Dz. U. z 2008 r. Nr 193, poz. 1194 i Nr 199, poz. 1227 oraz z 2009 r. Nr 72, poz. 620),
- ustawy z dnia 12 stycznia 2007 r. o drogowych spółkach specjalnego przeznaczenia (Dz. U. Nr 23, poz. 136, z 2008 r. Nr 218, poz. 1391 oraz z 2009 r. Nr 86, poz. 720),
- ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. Nr 199, poz. 1227, z późn. zm.).

Najbardziej istotne zmiany, pod względem wykonywania audytów, dotyczą ustawy o drogach publicznych, w której wprowadzono nowe definicje konieczne z uwagi na implementację do polskiego systemu prawnego przepisów dyrektywy 2008/96/WE, tj. pojęcia [1, 3]:

- transeuropejskiej sieci drogowej,
- oceny wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego,
- audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- klasyfikacji odcinków dróg o dużej koncentracji wypadków,
- klasyfikacji odcinków dróg ze względu na bezpieczeństwo sieci,
- uczestnika ruchu drogowego.

W dokumencie tym określono także, że zarządzanie bezpieczeństwem dróg w transeuropejskiej sieci drogowej polega na przeprowadzeniu oceny wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego, audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego, dokonywaniu klasyfikacji odcinków dróg o dużej koncentracji wypadków oraz klasyfikacji ze względu na bezpieczeństwo sieci drogowej.

W wyniku tych zmian, na autostradach płatnych zarządzanie bezpieczeństwem dróg w transeuropejskiej sieci drogowej należy do kompetencji Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad. Natomiast spółka, z którą zawarto umowę o budowę i eksploatację albo wyłącznie eksploatację autostrady, przeprowadza jedynie okresowe kontrole stanu dróg i drogowych obiektów inżynierskich oraz przepraw promowych, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, w tym weryfikację cech i usterek, które wymagają prac konserwacyjnych ze względu na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz bada wpływ robót drogowych na bezpieczeństwo ruchu drogowego, jako wyodrębnione zadanie.

Dla zarządców dróg leżących w transeuropejskiej sieci drogowej (w tym dla prezydentów miast na prawach powiatu) ustawa nakłada nowe obowiązki. Zadania wynikające z zarządzania drogami publicznymi, w tym kontrole bezpieczeństwa, zgodnie z podziałem wskazanym w art. 19 ustawy o drogach publicznych, jest zadaniem własnym prezydentów miast na prawach powiatu. Oznacza to, że zarządcy mają też obowiązek zapewnienia finansowania tych zadań.

W świetle nowo przyjętych ustaw, audyt bezpieczeństwa ruchu drogowego oznacza niezależną, szczegółową, techniczną ocenę cech projektowanej, budowanej, przebudowywanej lub użytkowanej drogi publicznej pod względem bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego [3]. Odnośnie przeprowadzania audytów bezpieczeństwa ruchu drogowego w ustawie o drogach publicznych określono, że do wykonywania tych zadań uprawniony jest audytor lub zespół audytujący, w którego skład wchodzi co najmniej jeden audytor BRD. Ustawa wskazuje, iż po przeprowadzeniu

audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego audytor lub zespół audytujący przedstawia wynik audytu, który stanowi sprawozdanie z audytu oraz sformułowane na jego podstawie zalecenia dla zarządcy drogi. Zarządca drogi uwzględnia wynik audytu na dalszych etapach przygotowania, budowy i użytkowania drogi. Jednakże w przypadku nieuwzględnienia wyniku audytu zarządca drogi obowiązany jest do opracowania uzasadnienia, które stanowi załącznik do wyniku audytu

Pakiet nowych regulacji kładzie nacisk na rozwój zawodowej kadry audytorów BRD oraz właściwy dobór osób dopuszczonych do wykonywania funkcji audytora, zapewniających rzetelne przeprowadzanie audytu bezpieczeństwa infrastruktury drogowej na każdym z etapów jej projektowania, przygotowania do otwarcia oraz podczas użytkowania. Nowe przepisy określają status audytora bezpieczeństwa ruchu drogowego, system szkolenia audytorów BRD, jak również nakładają na audytora obowiązek stałego podnoszenia kwalifikacji zawodowych na szkoleniach okresowych.

Audyty bezpieczeństwa ruchu drogowego stanowią integralną część procesu projektowania infrastruktury. Audyt BRD należy wykonywać zgodnie z „Instrukcją dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego”. Jako usystematyzowana procedura interdyscyplinarnego i wielopłaszczyznowego sprawdzania przez audytorów BRD prawidłowości rozwiązań pod kątem ryzyka wystąpienia zagrożenia wypadkowego wobec wszystkich uczestników ruchu drogowego, audyt jest przeprowadzany w trakcie procesu przygotowania inwestycji na wszystkich etapach planowania i we wszystkich stadiach projektowania, jak również na etapie przygotowania do otwarcia oraz w początkowej fazie użytkowania infrastruktury drogowej. Prawidłowa i komplementarna realizacja audytu wymaga posiadania odpowiednich „wzorców”, które stanowią punkt odniesienia. Jako wzorce mogą służyć wymagania i zalecenia zdefiniowane w uregulowaniach prawnych i technicznych oraz zestaw dobrych praktyk określonych przez instytucje i ekspertów z dziedziny bezpieczeństwa ruchu drogowego.

3. CHARAKTERYSTYKA OKULOGRAFÓW MOBILNYCH

Okulograf jest urządzeniem umożliwiającym rejestrację aktywności wzrokowej kierowcy podczas prowadzenia pojazdu. Z punktu widzenia zastosowań do badań kierowców używa się zasadniczo okulografów opartych o optyczne metody bezkontaktowych pomiarów ruchu oczu. Do urządzeń tego typu należą eyetrackery firmy SensoMotoric Instruments (SMI). Przykładem jest zbudowany na bazie okularów mobilny okulograf SMI EyeTracking Glasses, stosowany do analizy percepcji wzrokowej w środowisku rzeczywistym oraz wirtualnym. Urządzenie umożliwia rejestrację obrazu obserwowanego przez kierowcę w oparciu o system kamer. Jego podstawowe dane zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyczne parametry okulografu SMI EyeTracking Glasses [6]

Analizowana wielkość	Wartość
Rozdzielczość	1280 x 960p @24fps
Format wideo	H264
Pole widzenia	60° w poziomie, 46° w pionie
Częstotliwość próbkowania	30 Hz obuoczna
Dokładność przestrzenna	0.1°
Maksymalne odchylenie pomiaru	0.5 °
Obszar śledzenia	80° w poziomie, 60° w pionie
Minimalny dystans	40 cm

Okulograf mobilny pozwala na badania polegające na monitorowaniu ruchu gałki ocznej i źrenicy oka kierowcy. Dane po zarejestrowaniu są wprowadzane na nagrany z kamery obraz znajdujący się przed kierowcą. W efekcie uzyskiwana jest informacja o obserwowanym przez kierowcę obszarze. W badaniach okulograficznych, na podstawie zarejestrowanych fiksacji

(elementów, na których wzrok się zatrzymał) oraz sakkadów (ruchów gałek ocznych), przy użyciu dedykowanego oprogramowania możliwe jest analizowanie m.in. następujących wielkości [7]:

- map cieplnych (map uwagi),
- map fiksacji,
- obszarów zainteresowań.

Mapy cieplne (heatmaps) prezentują obraz analizowany przez badane osoby, na którym zaznaczone są w postaci obszarów o różnej intensyfikacji odcieni w zależności od częstotliwości i czasu skupienia wzroku. Bardziej intensywny odcień na mapie („gorące obszary”) odpowiada miejscu, na którym częściej i dłużej skupiano wzrok.

Mapy fiksacji zawierają wyniki przedstawione w postaci linii oraz okręgów, które pokazują kolejność i długość poszczególnych fiksacji (średnice okręgów odpowiadają czasowi trwania fiksacji).

Obszary zainteresowań (areas of interest – AOI) charakteryzują elementy obrazu pod względem takich parametrów jak: czas fiksacji, częstość powrotów spojrzeń, itp.

4. ZASTOSOWANIE OKULOGRAFU DO WSPOMAGANIA AUDYTU BRD

Badania okulograficzne znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym oraz badaniach zachowań kierowców w rzeczywistych warunkach na drodze lub w warunkach laboratoryjnych, w symulatorach jazdy.

Zastosowanie okulografu jest przydatne w ocenie poprawności oznakowania drogi oraz wpływu obiektów infrastruktury drogowej, a także innych obiektów (np. reklam, krzewów, drzew), które znajdują się w pasie drogowym i poza nim, na widoczność i koncentrację kierowcy. Użycie okulografów związane jest z oceną widoczności drogi, co sprawia, że mogą być zastosowane do analizy istniejącej drogi lub drogi zaimplementowanej w środowisku symulacyjnym. W przypadku drogi istniejącej, możliwa jest także ocena obrazu wideo widoku drogi zarejestrowanej z pozycji kierowcy przez samochód wyposażony w specjalny system kamer. Implementacja obrazu drogi rzeczywistej do środowiska symulatora jazdy pozwoli na badania grup kierowców na symulatorze przy takich samych warunkach. Wyniki badań okulograficznych grupy kierowców umożliwią, w aspekcie jakościowym i ilościowym, ocenę badanego projektu infrastruktury drogowej pod kątem bezpieczeństwa ruchu drogowego w aspekcie widoczności kluczowych elementów drogi. Ocena uzyskana na podstawie badań okulograficznych, stanowić będzie zapewne cenną informację dla audytora (zespołu audytującego) dokonującego audytu BRD projektu infrastruktury drogowej.

5. PODSUMOWANIE

Zastosowanie okulografu stanowi cenne narzędzie, które jest przydatne do oceny bezpieczeństwa ruchu drogowego pod względem widoczności kluczowych elementów drogi. Na podstawie analizy wyników badań okulograficznych możliwa będzie poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wykorzystanie okulografu możliwe jest jednakże w przypadku audytu BRD obejmującego późniejsze etapy projektów infrastruktury drogowej, tj. przed otwarciem drogi do eksploatacji oraz na drodze eksploatowanej. W efekcie, dla oceny projektów infrastruktury na etapie projektu wstępnego i szczegółowego zastosowanie okulografu możliwe byłoby jedynie w środowisku symulacyjnym. Należy tu jednak pamiętać o różnicach w postrzeganiu rzeczywistego otoczenia drogi i otoczenia symulacyjnego, które w obecnych rozwiązaniach symulatorów jazdy jest odwzorowywane tylko dwuwymiarowo. Zastosowanie okulografu powinno uwzględniać tę specyfikę środowiska wirtualnego i obecnie prowadzone są intensywne prace nad stworzeniem narzędzia, które mogłoby być wykorzystywane zarówno w środowisku rzeczywistym jak i symulacyjnym.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/96/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej. Dziennik Ustaw UE L 319/59 z dnia 29 listopada 2008 r.
- [2] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, <http://www.gddkia.gov.pl>.
- [3] Ustawa o zmianie ustawy o drogach publicznych oraz niektórych innych ustaw. Dziennik Ustaw z 2012 r., poz. 472.
- [4] Uzasadnienie projektu ustawy z dnia 13 kwietnia 2012 r. o zmianie ustawy o drogach publicznych oraz niektórych innych ustaw, Sejm RP VII kadencji, Nr druku: 104, 2012, <http://www.sejm.gov.pl>.
- [5] 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, Warszawa 2009.
- [6] www.neurodevice.pl.
- [7] <http://eyetracking.pl/>

OCULOGRAPH AS A TOOL TO ASSIST RSA AUDIT

This paper presents oculograph (eyetracker) as a tool to assist road safety audit (RSA) by existing or simulation environment. Use of eyetracker is mainly related to the assessment of the visibility of the important elements of road infrastructure.

Powyższa praca została zrealizowana w ramach projektu EYEVID finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (umowa nr PBS1/B6/9/2012).