

SYMULATOR JAZDY SAMOCHODEM JAKO STANOWISKO DYDAKTYCZNE UŻYWANE DO POPRAWY BEZPIECZEŃSTWA W RUCHU DROGOWYM I NAUKI EKOLOGICZNEJ JAZDY

THE DRIVING SIMULATOR AS A TEACHING POSITION USED TO IMPROVE THE ROAD SAFETY AND LEARNING ECO-DRIVING

Rafał S. Jurecki

Marek Jaśkiewicz

Politechnika Świętokrzyska

Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn

Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu,

al. 1000-lecia Państwa Polskiego 7

25-314 Kielce

e-mail: rjurecki@tu.kielce.pl

e-mail: m.jaskiewicz@tu.kielce.pl

Abstract: The article presents the problem of accidents with young drivers in Poland. It is shown that in order to improve the unfavorable statistics since several years the modern teaching methods whose goal is to increase the knowledge and skills of young drivers are introduced. The paper describes the requirements that the simulators used in drivers training must meet. The construction and the possibility of the Oktal® driving simulator belonging to the Laboratory of Automobile and Tractors of the Kielce University of Technology are presented. The exemplary characteristics such as the use of appropriate gear and the relevant engine speed or ability to predict the traffic situation determined during the training to assess the control by the driver are shown.

Keywords: simulator, driver training, driver behavior, eco-driving.

Wprowadzenie

Wraz z rozwojem motoryzacji w ostatnich latach coraz większy nacisk kładzie się na bezpieczeństwo pojazdów samochodowych i ekologię ich eksploatacji. Jeśli chodzi o bezpieczeństwo to dość wymiernym wskaźnikiem w tym względzie są statystyki wypadkowe, które nie są niestety dla Polski łaskawe.

Polska pomimo, znaczących postępów w zakresie poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym, odbiega jednak znacznie od najbardziej rozwiniętych krajów europejskich. Na podstawie CARE [3] (European Road Accident Database) w Polsce wciąż ginie 87 osób na 1 milion mieszkańców (dane 2013 r). Analizując te same statystyki wypadków drogowych można zauważyć, że wypadki komunikacyjne są jedną z głównych - przyczyn umieralności

młodych. Polska z wynikiem 151 osób zabitych w wypadkach w wieku 18-24 lat na milion mieszkańców plasuje się w ścisłej czołówce państw europejskich (Polskę wyprzedza np. Chorwacja 165 osób). Większość krajów europejskich ma jednak znacznie niższe wskaźniki w tym zakresie np. Hiszpania 44, Włochy 94 czy Niemcy 75.

Nie można więc w tym zakresie dziwić się więc wszelkim podejmowanym przez osoby odpowiedzialne za poziom bezpieczeństwa działaniom, które w zamierzeniu mają podnieść jego poziom w ruchu drogowym. Jednym ze sposobów mogących w pewnym okresie poprawić te negatywne wskaźniki, są działania zmierzające do poprawy sposobu i zakresu szkolenia kierowców. Wiązać się to może zarówno z poprawą warunków szkolenia, jak i wprowadzaniu nowych metod nauczania [25].

Unowocześnianie programów nauczania ma za zadanie szkolić początkujących kierowców w zakresie: przewidywania zagrożeń i łagodzenia ich wpływu oraz umiejętności utrzymania uwagi przez dłuższy okres czasu.

Problem ze szkoleniem młodych kierowców nie jest problemem nowym. Od wielu lat wprowadzane są pewne rozwiązania i nowoczesne technologie informatyczne, których celem jest lepsze wykształcenie nowych kierowców, a to może w pewnej perspektywie czasu umożliwić poprawę wspomnianych wyżej statystyk wypadkowych. Szkolenie kierowców w zakresie jazdy w specjalnych warunkach może być realizowane w coraz to powszechniej stosowanych w szkołach jazdy symulatorach jazdy.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 8 kwietnia 2011 Dz. U 81 poz. 444 [19] w załączniku określiło wymagania techniczne w zakresie funkcjonalności takich symulatorów. Takie szkolenie kierowców z wykorzystaniem symulatorów jest wymagane w zakresie kierowców zawodowych i kategorii „C” i „D” oraz pokrewnych C1, C1+E, C i C+E lub D1, D1+E, D i D+E. W zakresie kategorii B jest ono nadal nieobowiązkowe.

Symulatory jazdy samochodem mogą w istotny sposób jednak ułatwić opanowanie i doskonalenie praktycznych umiejętności bezpiecznego prowadzenia samochodów osobowych, ciężarowych i autobusów niemal w każdych symulowanych warunkach drogowych. Czy jednak takie szkolenie nie mogłoby się odbywać na rzeczywistej drodze? Na pewno tak, tylko trzeba sobie zdawać sprawę z faktu, że byłoby ono trudne w organizacji, kosztowne i niebezpieczne. Badania takie wymagają bowiem odpowiedniego przygotowania [15].

Już w nowo przyjętej nowelizacji ustawy Prawo o ruchu drogowym od 1 stycznia 2016 roku nowi posiadacze prawa jazdy będą musieli doskonalić swoje umiejętności w zakresie zagrożeń w ruchu drogowym [13]. Co jednak ważne podkreślenia płatne kilka godzinne szkolenie teoretyczne i praktyczne nie jest w stanie zapewnić, by kursanci opanowali i wyrobili w sobie odpowiednie nawyki.

Symulatory jazdy samochodem mogą więc okazać się niezwykle pomocne w zdobywaniu doświadczenia kierowcy w sytuacjach zagrożenia np. w przypadku awarii różnych systemów pojazdu, rozpoznawaniu potencjalnych zagrożeń i reagowaniu w sytuacjach niebezpiecznych w ruchu drogowym.

Jednocześnie łatwiejsze może stać się opanowanie wymaganych umiejętności jazdy np. jazdy ekonomicznej.

Do głównych wymagań jakie spełniać powinna konstrukcja symulatora można zaliczyć:

- zgodność oprogramowania graficznego symulatora z polskim prawem w zakresie wykorzystywanych znaków i sygnałów drogowych [19, 20, 22] specyfiki dróg, możliwych do zaistnienia sytuacji drogowych oraz zasad ruchu drogowego. Oprócz pewnych szczegółowych wymagań technicznych takich jak: odpowiednie określenie w modelu matematycznym symulatora współpracy kół z różnymi nawierzchniami drogi, odpowiedni opis dynamiki wzdłużnej i poprzecznej pojazdu, odpowiednia liczba stopni swobody itd., w rozporządzeniu określono szczegółowe wymagania w zakresie jego funkcjonalności. Do głównych celów stawianych symulatorowi w tym zakresie zaliczyć można [19]:

- możliwość zapoznania się przyszłego kierowcy z miejscem pracy kierowcy, poprzez wyrobienie u kierowcy odpowiednich nawyków w zakresie posługiwania się elementami sterowania pojazdu, podzielności uwagi, niezbędnej dla jednoczesnej obserwacji bieżącej sytuacji drogowej i kontrolowania wskazań wskaźników na tablicy rozdzielczej (prędkości jazdy, prędkości obrotowej silnika, zużycia paliwa, kontrolki ostrzegawczych itd.),
- zapoznanie się kierowcy z zasadami ruchu drogowego, wyrobienie dobrych nawyków zachowania i odpowiednich reakcji na różnorodne znaki i sygnały drogowe,
- zapoznanie się kierowcy z różnorodną infrastrukturą drogową, z jaką można spotkać się w ruchu po rzeczywistej drodze,
- uzyskanie umiejętności jazdy w odpowiednim (szerokim) zakresie momentu obrotowego silnika (z zachowaniem konkretnych zaleceń producenta pojazdu), w celu uzyskania odpowiedniej elastyczności jazdy i dynamiki wynikającej z sytuacji awaryjnych; niezbędne jest zapoznanie z zakresem przełożeń i charakterystyką silnika,
- zapoznanie się kierowcy z różnorodnymi sytuacjami stwarzającymi problemy nowym kierowcom podczas jazdy pojazdami ciężarowymi np. podczas ruszania pod górę, jazdy z ładunkiem, podczas gwałtownego rozprędzania, gwałtownego hamowania skutkującego utratą stateczności, hamowania z użyciem różnych układów hamulcowych (awaryjnego, zwalniacza), długotrwałego

hamowania, awarii pojazdu (zaniku sił hamowania, przebicia opony, przemieszczenia ładunku, awarii ABS, ESP) itd.,

- uzyskania przez kierowców umiejętności rozpoznawania sytuacji niebezpiecznych w ruchu drogowym, dostosowywania techniki jazdy do zmieniających się warunków drogowych i odpowiedniego reagowania na nie,
- umiejętności jazdy ekonomicznej i planowania trasy.

Symulator wykorzystywany do szkoleń powinien więc umożliwiać symulację różnorodnych zjawisk fizycznych, jakie mogą być związane z ruchem pojazdu po zmiennych nawierzchniach drogi (asfalt, beton, szutr), w różnym środowisku i otoczeniu. Koło kierownicy powinno posiadać aktywne sprzężenie siłowe, zależne od momentu stabilizującego pojazd. Opory takie powinny również występować na pedale hamulca, sprzęgła i dźwigni zmiany biegów. Poprzez generowanie odpowiedniego obrazu symulator powinien jednocześnie umożliwiać rejestrację zachowania kierowców niezgodnego z wymaganiami w trakcie jazdy po różnych nawierzchniach dróg, w różnym otoczeniu, w różnych warunkach atmosferycznych. Symulator zgodnie z rozporządzeniem [19] powinien posiadać układ akwizycji danych pomiarowych i rejestrować np.:

- pozycję pojazdu, prędkość przyspieszenia pojazdu;
- położenie pedałów: sprzęgła, hamulca roboczego i przyspieszenia;
- kąta obrotu kierownicy;
- położenia dźwigni zmiany biegów, kierunkowskazów;
- prędkości obrotowej silnika,
- faktu włączenia kierunkowskazów, różnorodnych świateł pojazdu, systemów elektronicznych;
- itd.

Symulator wykorzystywany do szkoleń powinien być wyposażony w kabinę współczesnego samochodu ciężarowego, ciągnika siodłowego lub autobusu zarówno z uproszczonym wyposażeniem, jak i w wersji idealnie odwzorowującej rzeczywistą konstrukcję. W kabinie powinien się znajdować regulowany fotel, tablica rozdzielcza z prędkościomierzem i obrotomierzem w wersji klasycznej lub wirtualnej, wcześniej wymienione elementy sterowania, włączniki i różne elementy kontrolne występujące w rzeczywistej kabinie. Jednocześnie symulator powinien generować różne efekty

dźwiękowe, które słyszalne przez badanego kierowcę powinny odwzorowywać odgłosy silnika, przepływu powietrza, odgłosy współpracy opon z nawierzchnią drogi (w tym poślizgów), sygnały dźwiękowe i alarmowe [19].

Układ wizualizacji obrazu oparty może być zarówno na ekranie umieszczonym przez kabiną, jak i na projekcji obrazu pozornego na szybach kabiny. Pole widzenia nie powinno być mniejsze w poziomie niż 180° (plus widzenie w lusterkach bocznych) oraz 30° w pionie, rozdzielczość minimalna wynosi 1024×768 pixeli, częstotliwość generowania klatek obrazu co najmniej 30Hz. Możliwe powinno być generowanie dużej liczby uczestników ruchu: pojazdów, pieszych, rowerzystów, w tym również nie poruszających się zgodnie z zasadami ruchu drogowego, zarówno w obszarze zabudowanym (drogi miejskie i wiejskie), jak i niezabudowanym (drogi gruntowe, jedno i dwujezdniowe, ekspresowe, autostrady itd.) w różnych warunkach atmosferycznych (śnieg, deszcz, mgła) i przy różnym ukształtowaniu terenu [19].

Układ ruchu powinien mieć 6 stopni swobody względem 3 osi. Generowane przez układ ruchu przyspieszenie powinno wynosić co najmniej $\pm 4 \text{ m/s}^2$, prędkość $\pm 0,3 \text{ m/s}$ przyspieszeń kątowych $\pm 200^{\circ}/\text{s}^2$, prędkości kątowych $\pm 30^{\circ}/\text{s}$ [19]. Oprócz zasad bezpiecznego poruszania się pojazdem symulatory muszą uczyć jazdy zgodnej z zasadami Ecodriving'u. Zasady te obejmują przede wszystkim konieczność odpowiedniego korzystania z przełożeń poprzez odpowiednio wczesną zmianę biegów, stosowanie podczas jazdy niskich obrotów silnika, hamowanie silnikiem oraz przewidywanie sytuacji na drodze itd.

Symulatory oprócz szkoleń mogą być również wykorzystywane do różnorodnych badań mogących dać wymierne informacje dotyczące sposobu zachowania kierowców w różnych sytuacjach drogowych w różnych warunkach ruchu [10]. Ponieważ jak już napisano wcześniej symulatory do szkolenia kierowców muszą mieć możliwość zmiany wielu parametrów ruchu, otoczenia itd., tak więc korzystając z tak bezpiecznego wirtualnego stanowiska można dokonać wyznaczenia wielu różnorodnych analiz.

Badania kierowców wykonywane są szeroko w celu określenia wpływu na reakcje kierowców w ruchu drogowym różnych czynników, których badanie w warunkach rzeczywistego ruchu byłoby kłopotliwe i niebezpieczne. Do

takich czynników należy np. zmęczenie, zbyt krótki sen [17], zawartość w organizmie kierowcy alkoholu [11, 22] czy narkotyków [12]. Badania kierowców w symulatorach [5] mogą być realizowane również w różnych celach medycznych np. osób z demencją starczą, czy też z nadpobudliwością psychoruchową (ADHD) [18].

Dla kierowców zawodowych takie badania dotyczyły oceny senności na ich zachowanie w ruchu drogowym [9]. Celem badań opisanych w pracy [23] było określenie zmian percepcji kierowców w związku z ich sennością i porannymi podróżami długodystansowymi [6]. W pracy [4] analizowano wpływ różnych czynników powszechnie występujących w pojazdach, mogących mieć wpływ na czas reakcji kierowcy: słuchanie radia, rozmowa z pasażerem, rozmowa poprzez telefon – trzymany w dłoni lub za pomocą zestawu głośnomówiącego. Wyznaczano również wartości czasu reakcji kierowców w trakcie rozmowy przez telefon komórkowy [14, 16].

Kierowcy z zasady podczas kierowania pojazdem muszą kierować swoją uwagę na wiele przyrządów oraz realizować różne cele. W pracy [7] opisano badania mające na celu zbadanie: wpływu sposobu jazdy - konieczności dbania o oszczędność paliwa oraz czasu jazdy na zachowanie kierowców, wpływu prędkości [21] na bezpieczeństwo.

Symulatory stały się narzędziem w określaniu związków przyczynowych w sztucznie stworzonym środowisku, pomiędzy zachowaniem się kierowcy a różnymi czynnikami np. zaburzeń neurologicznych, ergonomią miejsca pracy kierowcy czy też rozproszenia jego uwagi [2]. Ważnym argumentem za prowadzeniem badań w środowisku wirtualnym jest możliwość realizacji zaprogramowanych sytuacji i parametrów prób [8]. Badania kierowców ciężarówek w nieoczekiwanych sytuacjach krytycznych opisane w pracy [1] zrealizowano w symulatorze na trasie zlokalizowanej na autostradzie o 2 pasach ruchu w każdym kierunku.

Realizując badania w symulatorze trzeba jednak zdawać sobie również sprawę z pewnych wad tej metody. Symulatory o prostych konstrukcjach małej liczbie DOF (w tym symulatory statyczne), mają ograniczoną możliwość pełnego odwzorowania rzeczywistości co powoduje że występuje w nich sztuczność odczuć badanych kierowców. Z kolei symulatory najbardziej zaawansowane 6 – 8 DOF są drogie.

Pomimo tych wad symulatory są powszechnie używane w badaniach, których realizacja w rzeczywistych warunkach jest trudna, niebezpieczna a wielu przypadkach wręcz niemożliwa.

Charakterystyka symulatora Politechniki Świętokrzyskiej

Widok dynamicznego symulatora jazdy samochodem produkcji firmy OKTAL® będący na wyposażeniu Laboratorium i Ciągników Politechniki Świętokrzyskiej został przedstawiony na rys. 1. Inaczej niż symulatory do szkół jazdy nie jest zbudowany z pełnej kabiny samochodu osobowego, ale z jej fragmentu oraz umieszczonymi przed oczami badanych trzema monitorami o rozdzielczości obrazu FullHD.

Kabina kierowcy umieszczona jest na ruchomej hybrydowej platformie ruchu Stewart'a o sześciu stopniach swobody (6 DOF) zaprezentowanej na rys. 2, uruchamianej i sterowanej elektrycznie. Platforma posiada nośność około 300kg (co uniemożliwia zastosowanie pełnej kabiny) i poruszana jest za pomocą sześciu silników elektrycznych ze sterownikami z reduktorami połączonych dźwigniowo z platformą. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie przez platformę obrotu kąтового względem osi X, Y i Z w zakresie $\pm 10^\circ$, przyspieszenia kąтового do $\pm 150^\circ/s^2$ oraz przemieszczenia liniowego platformy ± 50 mm z uzyskiwanym przyspieszeniem do 3 m/s^2 .

Kabina symulatora przedstawiona na rys. 3, wyposażona została we fragment rzeczywistej deski rozdzielczej pojazdu posiada wszystkie elementy sterowania jakie znajdują się w pojeździe. Koło kierownicy posiada sprzężenie siłowe związane z momentami stabilizującymi o wartości do 15 Nm, jednocześnie odwzorowuje nierówności drogi wyczuwalne na kole kierownicy. Pedaly sterujące (przyspieszenia, hamulca, sprzęgła) posiadają bierne sprzężenie siłowe. W kabinie zamontowano m.in. dźwignię zmiany biegów, hamulec postojowy, regulowane siedzenie kierowcy, pasy bezpieczeństwa itd. Kabina wyposażona została w głośniki w systemie 5.1, które odtwarzają dźwięki związane z poruszaniem się pojazdu takie jak: praca silnika, współpraca kół z powierzchnią drogi, ewentualne poślizgi kół oraz inne hałasy otoczenia.



Rys. 1 Widok na symulator jazdy OKTAL®.



Rys. 2. Platforma ruchu o 6 stopniach swobody CKAS® wykorzystana w symulatorze OKTAL®.



Rys. 3. Widok na koło kierownicy i edytowalną deskę rozdzielczą.

System wizualizacji generowanego obrazu oparty został na komputerach klasy IBM® współpracujących z 3 monitorami o rozdzielczości (1920x1080). Symulator posiada nowoczesne oprogramowanie Scaner Studio® wraz z opcją edycji terenu, umożliwia tworzenie własnego typu pojazdu, konfigurowanie parametrów istniejących pojazdów, profilu drogi, dowolnego tworzenia jej otoczenia i własnych scenariuszy sytuacji drogowych. Deska rozdzielcza pochodzi z rzeczywistego pojazdu miejskiego. Od standardowej wersji wykorzystywanej w pojeździe odróżnia ją to, że

zastosowano w niej ciekłokrystaliczny wyświetlacz (w pełni edytowalny), prezentujący dowolne parametry potrzebne do przedstawienia kierowcy w badaniach lub szkoleniu kierowców. Można na nim znaleźć oprócz szybkościomierza i obrotomierza, inne informacje takie jak np.: stopień wciśnięcia pedałów sterujących, położenie pojazdu w układzie współrzędnym, zużycie paliwa.

Na rys. 4 zaprezentowano widok na miejsce pracy kierowcy, ze standardowym fotelem wyposażonym w regulację położenia siedziska, oparcia i zagłówek.



Rys. 4. Widok elementy sterujące kabiny i miejsce kierowcy.

Oprogramowanie symulatora model pojazdu do symulacji (model Callas®) o 15÷43 stopniach swobody w zależności od ustawień modelu. Symulator umożliwia dokonanie wyboru rodzaju pojazdu oraz modyfikowanie rodzajów silnika i jego parametrów, charakterystyk układu kierowniczego ze wspomaganie, rodzaju zawieszenia itd. W oprogramowaniu symulacyjnym zastosowano zaawansowane modele opony, dzięki którym można symulować zmianę przyczepności kół w zależności od rodzaju nawierzchni drogi, zmian ciśnienia w ogumieniu (np. w skutek jej rozzerwania), nagrzania opony, zmian jej sztywności pionowej i poprzecznej, aquaplaningu itd. Oprogramowanie pozwala na symulację działania (lub uszkodzenia) różnych układów

wspomagających pracę kierowcy takich jak: ABS, ESP, ASR, itp.

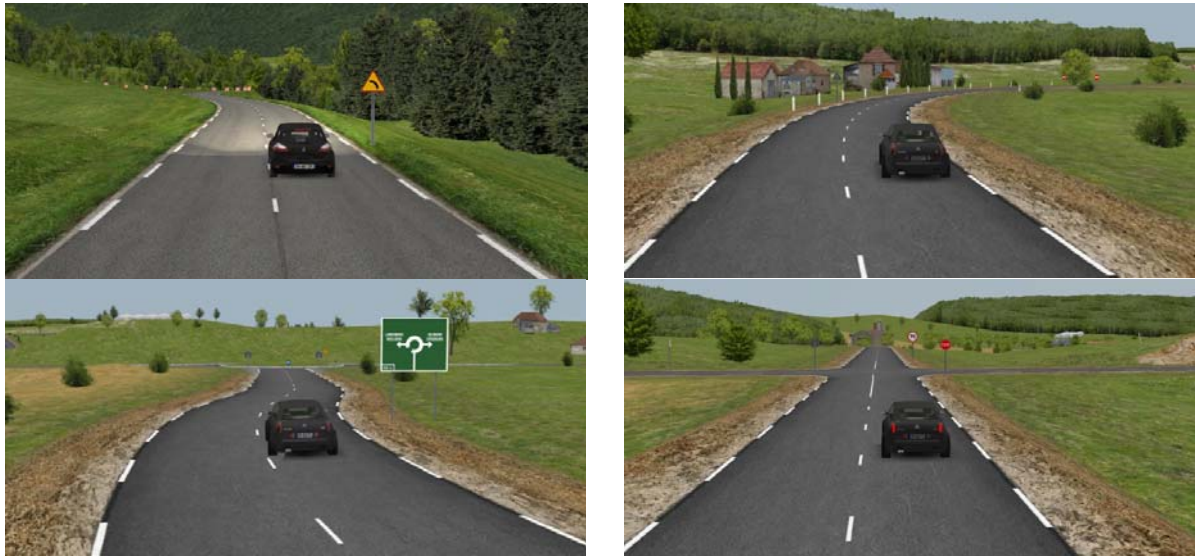
Charakterystyka tras symulatora

Symulator posiada ponad 100 km różnych tras po jakich mogą poruszać się badani kierowcy. Trasy te mogą być odpowiednio modyfikowane przez użytkowników dzięki edytorowi terenu. Osoby jadące symulatorem mogą jeździć po drodze w terenie zabudowanym i poza nim w różnych konfiguracjach – rys. 5 i rys. 6.

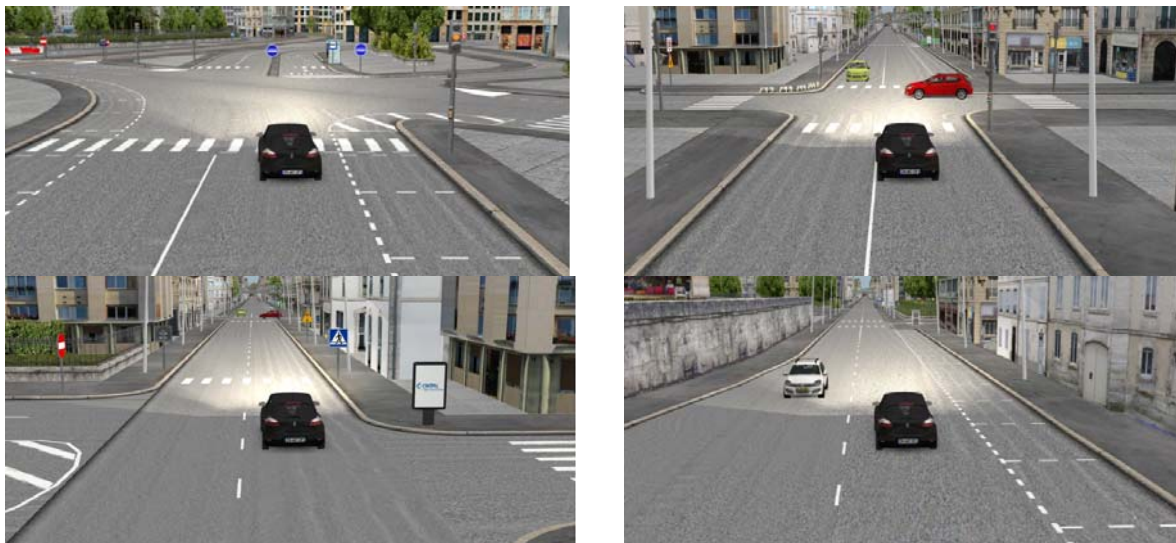
Oprócz zmiany otoczenia możliwa jest zmiana warunków otoczenia. Można poruszać się w nocy (jest możliwa płynna regulacja oświetlenia otoczenia) – wtedy niezbędne jest włączenie świateł mijania lub w czasie opadów deszczu również o różnej intensywności. Dzięki

możliwości tworzenia własnej drogi poprzez opcję edycji terenu, można stworzyć własną (wirtualną) drogę. Dzięki wbudowanym narzę-

dziom można zbudować drogę i zaimportować gotowe obiekty takie jak: budynki, infrastruktura drogowa, elementy otoczenia.



Rys. 5. Przykłady otoczenia poza terenem zabudowanym.



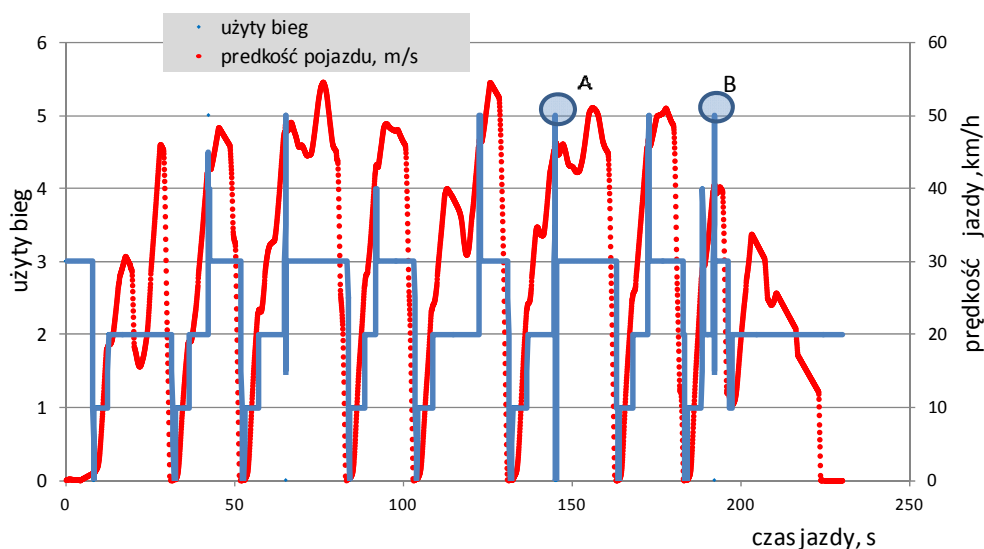
Rys. 6. Przykłady otoczenia w terenie zabudowanym

Przykładowe możliwości szkoleniowe symulatora

Symulator dzięki zaawansowanemu systemowi akwizycji danych ma możliwość rejestrowania danych pomiarowych kilkuset parametrów jazdy zarówno pojazdu badawczego, jak i okolicznych obiektów ruchomych. Możliwa jest jednocześnie znacznie łatwiejsza do oceny wizualizacja przejazdu z wybranej perspektywy (np. „z lotu ptaka”, z miejsca siedzenia

kierowcy). Zarejestrowane dane mogą służyć do oceny sposobu jazdy różnych kierowców. Dzięki nim możliwa jest ocena prawidłowości stosowania się kierującego do występujących nakazów. Możliwe jest jednocześnie analizowanie sposobu sterowania pojazdem np. poprawności użytego biegu.

Na rys. 7 przedstawiono przykładowe zestawienie prędkości jazdy w terenie zabudowanym wraz z włączonym w trakcie jazdy biegiem.

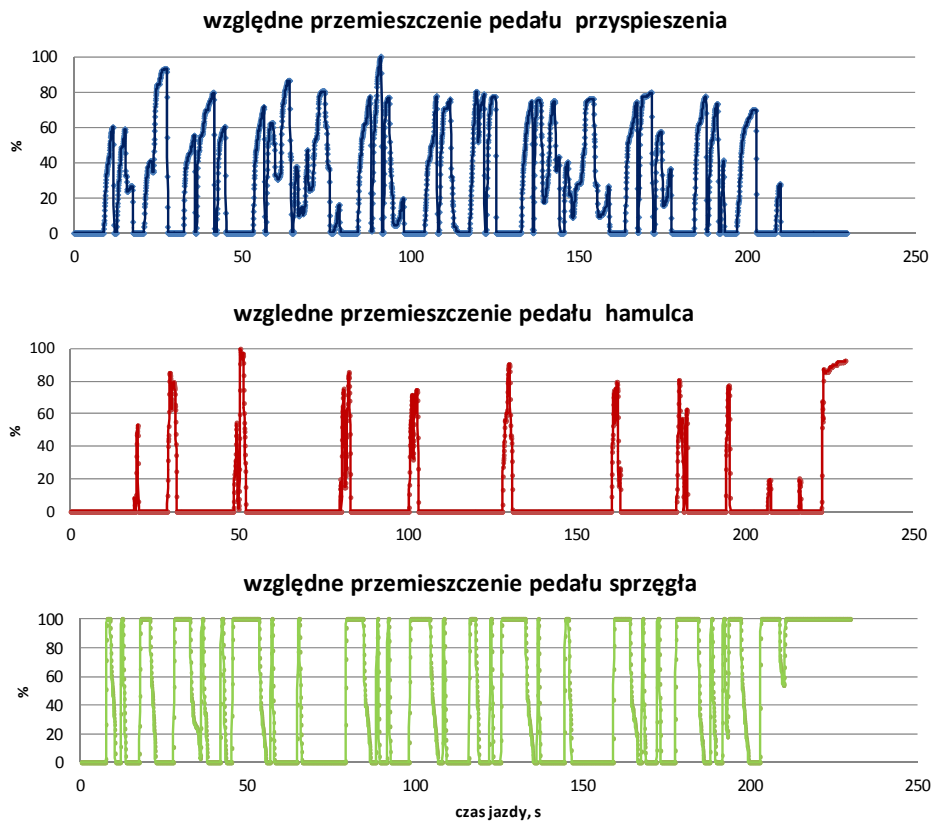


Rys. 7. Zestawienie prędkości jazdy oraz używanego w tym czasie biegu.

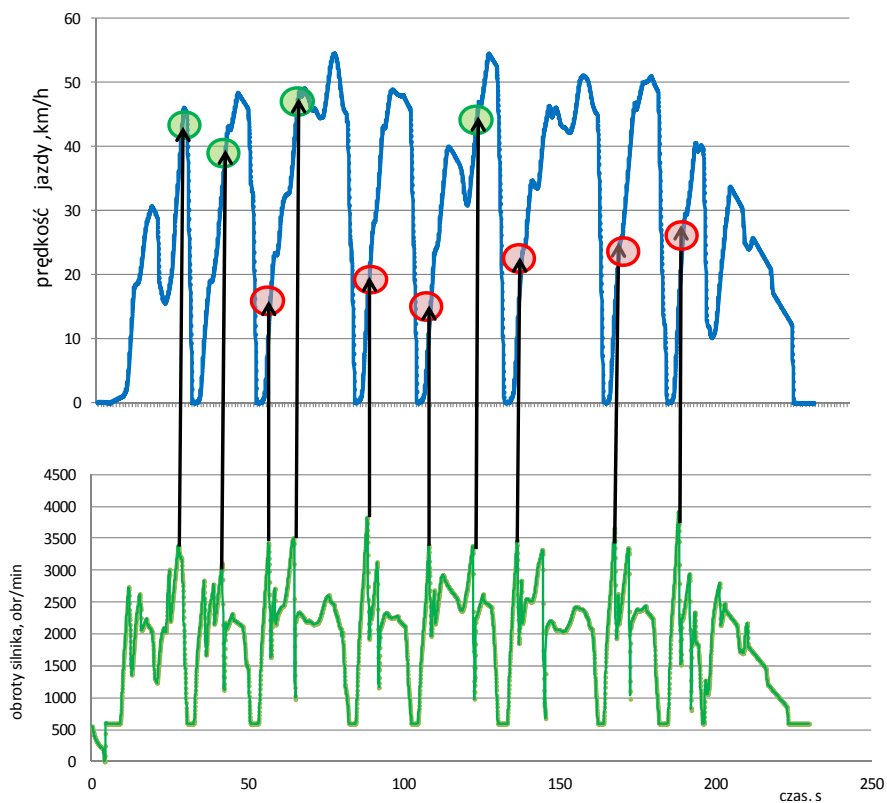
Analizując uzyskane charakterystyki można łatwo ocenić sposób użycia przez kierowcę odpowiedniego przełożenia na konkretnej trasie. Widoczne jest zarówno przyspieszanie przez biegi, jak i hamowanie silnikiem. Jednocześnie stosunkowo łatwo można znaleźć momenty, kiedy kierowca podczas przyspieszania gwałtownie redukuje (znacznik A) lub nie realizuje odpowiednio wcześniej redukcji biegu (patrz znacznik B na rys. 7).

W trakcie jazdy szkoleniowej oprócz nagrania pełnej sekwencji filmowej z różnych ujęć, możliwe jest również zarejestrowanie wielu innych parametrów ruchu w tym działania kierowcy na pedały sterujące: przyspieszenia, hamulca oraz sprzęgła. Przykładowe zestawienie charakterystyk przemieszczenia pedału przedstawiono na rys. 8. Dzięki temu można ocenić prawidłowość stosowania metod hamowania silnikiem (Eco-drivingu) oraz częstotliwości użycia hamulca roboczego. Możliwe jest jednocześnie sprawdzenie poprawności pełnego wyprzęgnięcia. Takie informacje mogą znacznie ułatwić określenie sposobu jazdy kierowcy: agresywna, spokojna, jak również ocenić zdolność przewidywania przez kierowcę różnych sytuacji drogowej. Dzięki takim obserwacjom możliwe jest wychwycenie nawet niewielkich niedociągnięć w trakcie kierowania pojazdem np. mimowolne naciśnięcie pedału sprzęgła trakcie normalnej jazdy i zwrócenie uczestniczącemu w szkoleniu na te błędy.

Oprócz wartości prędkości jazdy ważną informacją jest również wartość wykorzystywanej w trakcie jazdy prędkości obrotowej silnika. Wyższe prędkości silnika mogą być wykorzystywane w sytuacjach awaryjnych, podczas „spokojnej” jazdy według ogólnych zasad, aby nie podnosić zużycia paliwa nie powinno przekraczać się prędkości 2500-3000 obr/min. Ważne jest zatem analizowanie używanych prędkości obrotowych zarówno podczas ruszania, jak i podczas jazdy, zalecanych w zależności od charakterystyk silnika. Jak wynika z przedstawionej na rys. 9 charakterystyki można zauważyć, że wysokie obroty silnika występowały w różnych sytuacjach. W większości przypadków, kiedy prędkość obrotowa przekraczała 3500 obr/min miało to miejsce przy niewielkich prędkościach obrotowych (patrz rys. 9) na niskich biegach 1-2 czyli podczas ruszania (okrągłe znaczniki w środkowej części na rys. 9). Takie sytuacje są charakterystyczne dla niedoświadczonych kierowców, kiedy to brak doświadczenia i umiejętności manualnych powoduje, że kierowcy w celu zabezpieczenia się przed ewentualnym zgaszeniem silnika podczas ruszania, podnoszą nadmiernie obroty silnika. Dość ciekawe są obserwacje zaznaczone na rys. 9 okrągłymi znacznikami w górnej części. Wzrost prędkości obrotowej silnika występuje tu przy prędkości jazdy powyżej 40 km/h i bierze się z nieprawidłowo użytego przełożenia skrzyni biegów.



Rys. 8. Zestawienie użycia pedałów sterujących podczas jazdy testowej.



Rys. 9. Porównanie prędkości obrotowej silnika i prędkości jazdy.

Podsumowanie

Symulator jazdy samochodem jest urządzeniem, które może być wykorzystywane zarówno w badaniach naukowych, jak i szkoleniach. Szczególnie młodzi kierowcy mogą być podatni na taki sposób kształcenia, gdyż są z reguły zaznajomieni z nowoczesnymi gramami komputerowymi. Znacznie rzadziej występuje u nich tzw. choroba symulatorowa. Symulator jazdy dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu może zapewnić możliwość podnoszenia swoich umiejętności w specyficznych, czasem niebezpiecznych sytuacjach.

Kierowcy, szczególnie młodzi, którzy z zasady posiadają niewielkie doświadczenie, nim napotkają na drodze w warunkach rzeczywiście pewnego ruchu drogowego pewne niebezpieczne sytuacje, będą mogli opanować i wytrenować pewne odruchy. Dzięki takim urządzeniom nie tylko będą wiedzieć w jaki sposób zareagować, ale również co nie mniej ważne, reakcja ta będzie szybka. Stworzenie specyficznego środowiska szkoleniowego i możliwość zapewnienia odpowiednich warunków stwarza możliwość porównania dokonanych przejazdów testowych z przyjętym wzorcem oraz dogłębną analizę występujących różnic.

Bibliografia

1. Benderius, O., Markkula, G., Wolff, K., Wahde, M., Driver behaviour in unexpected critical events and in repeated exposures – a comparison, *Eur. Transp. Res.*, 2013, Rev. DOI 10.1007/s12544-013-0108-y.
2. Boyle, L.N., Lee, J.D., Using driving simulators to assess driving safety, *Accident Analysis & Prevention*, 2010/42(3), pp. 785-787.
3. CARE (European Road Accident Database).
4. Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M., Berg, W., Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response, *Accident Analysis and Prevention*, 2003/35, pp. 495–500.
5. Devlin, A., McGillivray, J., Charlton, J., Lowndes, G., Etienne, V., Investigating driving behaviour of older drivers with mild cognitive impairment using a portable driving simulator, *Accident Analysis & Prevention*, 201/49, pp. 300-307.
6. Di Milia, L., & Kecklund, G., The distribution of sleepiness, sleep and work hours during a long distance morning trip: A comparison between night-and non-night workers, *Accident Analysis & Prevention*, 2013/53, pp. 17-22.
7. Dogan, E., Steg, L., Delhomme, P., The influence of multiple goals on driving behavior: The case of safety, time saving, and fuel saving, *Accident Analysis & Prevention*, 2011/43(5), pp. 1635-1643.
8. Eryilmaz, U., Tokmak, H.S., Cagiltay, K., Isler, V., Eryilmaz, N.O., A novel classification method for driving simulators based on existing flight simulator classification standards, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2014/42, pp. 132-146. DOI: 10.1016/j.trc.2014.02.011.
9. Gillberg, M., Kecklund, G., Åkerstedt, T., Sleepiness and performance of professional drivers in a truck simulator—comparisons between day and night driving, *Journal of Sleep Research*, 1996/5(1), pp. 12-15.
10. Guzek M., Jaśkiewicz M., Jurecki R.S., Lozia Z., Zdanowicz P., Driver reaction time under emergency breaking a car- research in the driving simulator, *Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 2012/14(2), pp. 295-301.
11. Helland, A., Jenssen, G.D., Lervåg, L.E., Westin, A.A., Moen, T., Sakshaug, K., & Slørdal, L., Comparison of driving simulator performance with real driving after alcohol intake: A randomised, single blind, placebo-controlled, cross-over trial, *Accident Analysis & Prevention*, 2013/53, pp. 9-16.
12. Hindmarch, I., Psychomotor function and psychoactive drugs, *British Journal of Clinical Pharmacology*, 2004/58(7), pp. 720–740.
13. <http://prawo.rp.pl/artykul/966535.html> (dostęp 01.09.2015).
14. Jurecki, R., Badania czasu reakcji kierowców w symulatorze w różnych warunkach pracy kierowcy, *Logistyka*, 2014/6, pp. 5003-5014.

15. Jurecki, R., Stańczyk, T.L., Driver reaction time to lateral entering pedestrian in a simulated crash traffic situation, *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 2014/27A, pp. 22–36, DOI: 10.1016/j.trf.2014.08.006.
16. Mohebbi, R., Gray, R., Tan, H.Z., Driver Reaction Time to Tactile and Auditory Rear-End Collision Warnings While Talking on a Cell Phone, *Human Factors*, 2009/51(1), pp. 102-110. DOI: 10.1177/0018720809333517.
17. Philip, P., Sagaspe, P., Moore, N., Taillard, J., Charles, A., Guilleminault, C., Bioulac, B., Fatigue, sleep restriction and driving performance, *Accident Analysis & Prevention*, 2005/37(3), pp. 473–478.
18. Reimer, B., Mehler, B., D’Ambrosio, L.A., Fried, R., The impact of distractions on young adult drivers with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), *Accident Analysis & Prevention*, 2010/42(3), pp. 842-851.
19. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 8 kwietnia 2011 r. (poz. 444) wymagania techniczno-organizacyjne oraz zakres funkcjonalności realizowanej przez symulator.
20. Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych (Dz. U. Nr 170, poz. 1393, z 2008 r. Nr 179, poz. 1104 oraz z 2010 r. Nr 65, poz. 412).
21. Schmidt-Daffy, M., Brandenburg, S., Beliavski, A., Velocity, safety, or both? How do balance and strength of goal conflicts affect drivers’ behaviour, feelings and physiological responses?, *Accident Analysis & Prevention*, 2013/55, pp. 90-100.
22. Scott-Parker, B., Watson, B., King, M. J., Hyde, M.K., “I drove after drinking alcohol” and other risky driving behaviours reported by young novice drivers, *Accident Analysis & Prevention*, 2014/70, pp. 65-73.
23. Smith, S.S., Horswill, M.S., Chambers, B., Wetton, M., Hazard perception in novice and experienced drivers: The effects of sleepiness, *Accident Analysis & Prevention*, 2009/41(4), pp. 729-733.
24. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. — Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2005 r. Nr 108, poz. 908, z późn. zmianami).
25. Yamani, Y., Samuel, S., Fisher, D., Simulator evaluation of an integrated road safety training program, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2014/58(1), pp. 1904-1908.