

Mirosław Nader

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

Mikołaj Kruszewski

Instytut Transportu Samochodowego

WYKORZYSTANIE ZAAWANSOWANYCH SYMULATORÓW JAZDY W BADANIACH ZACHOWANIA I UMIEJĘTNOŚCI KIEROWCÓW

Rękopis dostarczono, kwiecień 2013

Streszczenie: Symulatory jazdy są stosunkowo nowym narzędziem badawczym, które wykorzystywane jest obecnie przez wiele instytucji badawczych w eksperymentach dotyczących różnych aspektów funkcjonowania ruchu drogowego. Prowadzone badania dotyczą zarówno wybranych aspektów funkcjonowania kierowcy w ruchu drogowym, jak również budowy i funkcjonowania wielu systemów pokładowych pojazdu.

Wykorzystanie symulatorów wiąże się jednak z pewnymi ograniczeniami. W artykule przedstawiono wybrane aspekty prowadzenia badań w środowiskach symulacyjnych, oraz określono korzyści i niedogodności wynikające z ich właściwości. Porównano również badania wykonywane z wykorzystaniem symulatorów jazdy z innymi, klasycznymi formami eksperymentów wskazując największe różnice i wynikające z nich ograniczenia dla prowadzonych eksperymentów.

Słowa kluczowe: symulatory jazdy, badania kierowców, choroba symulatorowa

1. WPROWADZENIE

Metody stosowane w badaniach zachowania i umiejętności kierowców stanowią obszerne spektrum typów eksperymentów. Możliwe jest wykonywanie typowych badań kontrolowanych, czyli takich, w których wykorzystuje się tradycyjne metody eksperymentalne lub symulatory jazdy. Zakładają one, że możliwie duża liczba zewnętrznych uwarunkowań zostaje ściśle określona przez eksperymentatorów, podczas gdy rejestrowane są reakcje kierowcy na zmianę jednego, lub kilku z tych warunków. Pełna kontrola środowiska badań powoduje jednak, że wyniki mogą mieć ograniczone możliwości generalizacji do rzeczywistych warunków drogowych – gdzie kompleksowość uwarunkowań jest dużo większa. Inny typ badań stanowią badania naturalistyczne,

w których wpływ na kierowcę pozostaje minimalny – brak jest instrukcji, bądź są one bardzo ograniczone. W tym przypadku mierzone jest normalne zachowanie kierowcy w ruchu. Eksperymenty z użyciem symulatorów jazdy i badania naturalistyczne stanowią dwa przeciwstawne podejścia, w których cechy eksperymentu wymuszają pewne ograniczenia co do wykonywanych badań. Przy czym autorzy pragną zauważyć, że użycie symulatorów jazdy daje unikalne możliwości, niedostępne w innych typach eksperymentów, które w pełni rekompensują niedogodności związane z wykorzystaniem środowiska symulacyjnego (występowania tzw. choroby symulatorowej i trudnościach związanych z odniesieniem wyników badań do sytuacji rzeczywistych).

Pomimo pewnych generalnych ograniczeń nakładanych przez eksperymenty symulacyjne, stają się one coraz powszechniejszą metodą badań różnorodnych czynników związanych z procesem prowadzenia i obsługi pojazdów i maszyn. Symulatory wykorzystuje się bowiem nie tylko do symulacji pojazdów samochodowych, ale przede wszystkim do treningu obsługi sprzętu wojskowego (symulatory czołgów, pojazdów opancerzonych itp.), maszyn latających (proste i zaawansowane symulatory lotów, symulatory samolotów i śmigłowców itp.), a także specjalistycznych maszyn (np. suwnic itp.), oraz do badań operatorów tych urządzeń. Jednocześnie sam podział klas symulatorów (ze względu na ich warunki techniczne), a co za tym idzie prawidłowość odwzorowania rzeczywistości, stanowi stosunkowo duże ograniczenie dla niektórych rodzajów badań.

W poniższym artykule autorzy przedstawiają wybrane kwestie związane z prowadzeniem badań z użyciem zaawansowanych symulatorów jazdy i związane z nimi ograniczenia oraz unikalne możliwości wynikające z ich wykorzystania, szczególnie w badaniach kierowców.

2. BADANIA SYMULACYJNE NA TLE INNYCH RODZAJÓW EKSPERYMENTÓW BADAWCZYCH

Do badania kierowców możliwe jest wykorzystanie szeregu różnorodnych metod badawczych i typów eksperymentów, pośród których zdaniem autorów na szczególną uwagę zasługują badania z wykorzystaniem symulatorów jazdy. Badania te stanowią bowiem stosunkowo młodą dziedzinę badań z zakresu transportu drogowego, a tym samym są silnie rozwijane w kierunku różnych, często nie związanych ze sobą obszarów, których jedynym łącznikiem staje się kierowca prowadzący pojazd w ruchu drogowym. W dalszej części podsumowano ogólne właściwości wybranych typów eksperymentów (za McLaughlin et al, 2010) wykonywanych w ruchu drogowym, wskazując na ich podstawowe zalety i wady względem badań symulacyjnych, oraz zakres najczęściej obserwowanych zastosowań eksperymentu.

Badania w środowisku symulacyjnym mogą obejmować eksperymenty z wykorzystaniem symulatorów różnych konstrukcji i o różnych właściwościach, co szerzej opisano w rozdziale 4. Niewątpliwą zaletą badań w środowisku symulacyjnym jest możliwość kontroli warunków drogowych w eksperymencie – zarówno pozostałych

użytkowników drogi, jak też innych czynników środowiska symulacyjnego, m.in. pogody, pory dnia czy rodzaju nawierzchni. Możliwa jest więc standaryzacja warunków eksperymentu co doskonale poprawia porównywalność otrzymywanych wyników badań. Symulatory jazdy umożliwiają też wykonywanie badań dotyczących zachowań w sytuacjach ryzykownych, które są ciężkie lub wręcz niemożliwe do wykonania w innych warunkach eksperymentalnych.

Znaczącą wadą środowisk symulacyjnych może być istotna trudność w ocenie wiarygodności odwzorowania rzeczywistości w środowisku symulacyjnym, a co za tym idzie, wiarygodności i rzetelności pomierzonych danych. Stopień poprawności odwzorowania poszczególnych czynników procesu prowadzenia pojazdu może znacząco się wahać w zależności od konstrukcji symulatora oraz zastosowanych w nim rozwiązań technicznych. Sposób prowadzenia badań musi uwzględniać typ stosowanej aparatury i być do niego dostosowany. Dodatkowo, w niektórych symulatorach jazdy, obserwowane jest u uczestników badań występowanie tzw. choroby symulatorowej (ang. simulator sickness), którą bliżej scharakteryzowano w rozdziale 5.

Badania symulatorowe są obecnie wykorzystywane w eksperymentach dotyczących właściwie każdej dziedziny związanej z ruchem drogowym, w tym między innymi:

- interfejsów człowiek-maszyna (HMI – Human-Machine Interface) w zakresie funkcjonalności urządzeń pokładowych pojazdu;
- studiach behawioralnych;
- przyczyn wypadków (m.in. jako narzędzie do rekonstrukcji przebiegu wypadków);
- zdolności indywidualnych kierowców (np. badania pamięci, badania umiejętności, badania wpływu obciążenia poznawczego na proces prowadzenia pojazdu itp.);
- badaniach nad systemami szkoleń;
- badaniach właściwości mechanicznych pojazdów i innych.

Ponieważ, jak już wspomniano, badania z wykorzystaniem symulatorów jazdy stanowią stosunkowo młodą dziedzinę, obszar zastosowania symulatorów stopniowo obejmuje nowe, dotychczas nie eksplorowane z ich wykorzystaniem obszary, bądź pozwala na prowadzenie badań związanych z czynnikami, które były niemożliwe do standaryzacji z wykorzystaniem innych typów eksperymentów.

Badania na torach testowych stanowią pierwszy krok w stronę urzeczywistnienia środowiska badań względem eksperymentów symulacyjnych. Badania te posiadają wyższą rzetelność odwzorowania ruchu (w tym przede wszystkim dynamiki, czyli reakcji pojazdu) od środowiska symulacyjnego, pozwalając jednocześnie na bardzo wysoki stopień kontroli warunków zewnętrznych. Badania na torach testowych mogą służyć pomiarom ogólnego zachowania kierowcy, bądź szczególnych reakcji na wymuszone zadania (scripted scenarios). Jednocześnie zauważalnie duży jest wpływ samego przygotowania eksperymentu (obecność badaczy, oczekiwania kierowcy, warunki ruchu drogowego) na przebieg procesu jazdy, co wpływa na wiarygodność pozyskiwanych danych. Dodatkowo ograniczenie stanowi fakt, że w eksperymentach tego typu odwzorowanie realnych warunków ruchu bywa trudne lub wręcz niemożliwe. Osiągnięcie powtarzalności sytuacji, szczególnie interakcji między użytkownikami, może stanowić również istotne ograniczenie wpływające na sam wybór przedmiotu badań, ale również na miarodajność osiąganych wyników.

Klasycznym przykładem badań z wykorzystaniem eksperymentów na torach testowych jest badanie wpływu alkoholu na szybkość reakcji kierowcy. Badanie takie, pomimo że niejednokrotnie przynosi spodziewane wyniki, obarczone jest błędem wynikającym z faktu, że kierowca wie dokładnie jaki jest cel badania i zazwyczaj może być też świadomy momentu, w którym powinien wykazywać największe skupienie. Wykonywanie podobnego eksperymentu w symulatorze jazdy pozwala na taką aranżację scenariuszy testowych, aby dwie porównywalne sytuacje np. kolizyjne, miały miejsce w dwóch nie związanych ze sobą punktach (przy zachowaniu podobnej, czy wręcz tożsamej struktury budowy), co znacząco poprawia rzetelność wyników pomiarów.

Kolejnym krokiem w kierunku badań naturalistycznych są badania w rzeczywistej sieci drogowej. Mogą być przeprowadzane szczególnie w przypadkach, gdy zadanie badawcze nie wymaga pojawienia się sytuacji niebezpiecznej. Najlepszym wyborem są badania ogólnego zachowania kierowcy lub badania, w których nie występuje wpływ eksperymentu (lub badaczy) na zachowanie kierowcy. Mogą one obejmować np. badanie wpływu niektórych elementów pulpitu na zachowanie kierowcy (czyli badania HMI). Wówczas kierowca postępuje i reaguje naturalnie, gdyż jest świadom zwyczajnych – występujących w normalnym ruchu drogowym – zagrożeń. Możliwe jest również wykorzystanie dodatkowych pojazdów, które w normalnym ruchu drogowym (udając normalnego użytkownika drogi) wymuszają pewne reakcje osoby badanej (z wyłączeniem reakcji na sytuacje niebezpieczne). Eksperymenty tego typu mogą mieć jednak ograniczoną powtarzalność warunków ruchu. W przypadku badań ogólnego zachowania kierowców w ruchu drogowym, naturalność rzeczywistego środowiska drogowego silnie przemawia za wykonywaniem takich badań. Gdy planowane są pewne wymuszenia na kierowcy, na które reakcje stanowią przedmiot badań, to środowisko symulacyjne wyraźnie sprzyja bezpieczeństwu uczestników eksperymentu.

Następnym etapem w stronę naturalizacji badań są eksperymenty operacjonalizowane (ang. Field Operational Trial – FOT), w których pojazd wyposażony jest w urządzenia mające rejestrować zachowanie kierowcy, a sam pojazd zostaje przeznaczony do normalnego użytkowania. Pomiaru wykonywane są w miarę użytkowania pojazdu, nie zakłócając w żaden sposób działań kierowcy. Największymi wadami tego rozwiązania są duże koszty, problemy logistyczne (zazwyczaj pojazd nie jest własnością osoby badanej) oraz czasochłonność badań. Dodatkowo brak możliwości kontrolowania sytuacji może powodować, że specyficzne rodzaje sytuacji (które miały być przedmiotem badań), nie wystąpią. Na naturalność jazdy może mieć też wpływ obecność dodatkowych urządzeń (której należy unikać chyba że są one przedmiotem badań), "nowość" samochodu (w stosunku do normalnie wykorzystywanego przez kierowcę) oraz świadomość że pojazd nie jest własnością osoby badanej. Jednocześnie badania takie dostarczają bardzo wiarygodnych danych o zachowaniu kierowcy, wynikających z naturalności środowiska jazdy. FOT jest zalecane szczególnie dla badań systemów pokładowych w pojeździe (na ostatnich etapach ich opracowywania), jak też w badaniach ogólnych zachowań kierowcy.

Całkowitym przeciwieństwem badań symulacyjnych są badania naturalistyczne, które zakładają minimalizację wpływu eksperymentu na osobę badaną. Przeprowadzane są zazwyczaj poprzez wyposażenie prywatnego pojazdu osoby badanej w odpowiednią aparaturę pomiarową. Badania tego typu powinny być prowadzone przez odpowiednio długi okres czasu, gdyż wymagają okresu przyzwyczajania użytkownika do urządzeń pomiarowych, w którym to okresie nie powinny być zbierane żadne dane pomiarowe.

Osoba badana nie jest zazwyczaj w żaden sposób instruowana, a badanie nie ma wpływu na jej zwyczajną aktywność codzienną. Na aparaturę składają się natomiast elementy nie wpływające na postępowanie kierowcy, np.: kamery video, radary zewnętrzne, akceleratory, lokalizatory (np. GPS). Ze względu na potencjalnie duże ilości danych związanych z rejestracją jazdy, powinno się stosować wskaźniki, po których można wyróżnić konkretne zdarzenia (np. gwałtowne hamowanie), mające wpływ na badania.

Niewątpliwą zaletą badań naturalistycznych jest minimalny wpływ na osobę badaną, a tym samym możliwość wykonywania badań zachowań kierowcy w rzeczywistym ruchu drogowym. Główną wadą jest brak kontroli otoczenia i warunków projektu, co wpływa na niską porównywalność wyników w próbie oraz zwiększa prawdopodobieństwo nie uzyskania pożądaných sytuacji drogowych. Generalnie, jak już zaznaczono powyżej, badania naturalistyczne stanowią całkowite przeciwieństwo badań symulacyjnych, zarówno ze względu na cechy eksperymentu, jak i na zakres możliwych do badania zachowań i reakcji kierowców. Skrajna odmienność tych warunków powoduje, że porównywanie tych metod wydaje się być bezcelowe.

3. PRZEDMIOT BADAŃ

W badaniach kierowców, także tych realizowanych w symulatorach jazdy, stosowane są różnorodne metody pomiaru wybranych parametrów aktywności kierowcy. Mierzone mogą być zarówno fizjologiczne cechy aktywności, jak również procesy psychiczne i psychomotoryczne. Metoda pomiaru i stosowane w tym celu narzędzia są wybierane zgodnie z celem eksperymentu. Symulatory jazdy pozwalają na znaczące zwiększenie liczby dostępnych danych, które najczęściej opisują interakcję z innymi użytkownikami ruchu.

Jednym z najpopularniejszych przedmiotów badań wykonywanych w symulatorach jazdy jest badanie aktywności wzrokowej kierowców, która uważana jest za jeden z najważniejszych aspektów badań kierowców. Kanał wzrokowy dostarcza kierowcy istotnych informacji związanych z prowadzeniem pojazdu. W publikacji Wickens'a (Wickens, 1992) na temat mierników zachowania kierowców autor swoje rozważania na temat alokacji uwagi rozpoczął właśnie od dyskusji na temat pola widzenia i aktywności wzrokowej. Wskazał również na zasadność założenia, że fiksacja spojrzenia jest jednoznaczna z przeniesieniem uwagi na obserwowany obiekt. Uporządkowany ruch oka od fiksacji do fiksacji wskazuje poziom istotności elementów w polu widzenia kierowcy. O ruchu oka decyduje indywidualny model poznawczy, w którym o kolejności decyduje rodzaj zadania, oczekiwania kierowcy, wyrazistość elementów w polu widzenia, wartość informacyjna elementu oraz wymagany wysiłek dla pozyskania wiadomości.

Symulatory dostarczają możliwości badania aktywności wzrokowej związanej z wykonywanym zadaniem przy zachowaniu bezpieczeństwa osób badanych, co jest bardzo trudne przy wykorzystaniu innych rodzajów eksperymentów. Możliwe jest więc bezpieczne testowanie np. urządzeń pokładowych pojazdu pod względem ich cech użytkowych, ergonomii oraz wpływu na proces prowadzenia pojazdu. W badaniach związanych z wykonywaniem zadań dodatkowych w czasie jazdy, zazwyczaj badane są

zarówno ilości jak i długości spojrzeń poza obszar drogi, co może być traktowane jako substytut miary ryzyka. Najczęściej do opisu zagadnienia aktywności wzrokowej kierowcy wykorzystuje się okulografy mobilne (np. zakładane na głowę) lub stacjonarne bezkontaktowe (tzw. zdalne), które pozwalają na wykonywanie pomiarów bez jakiegokolwiek ingerencji w zachowanie kierowcy.

Pomimo, że aktywność wzrokowa jest jednym z najczęściej badanych atrybutów, część z miar opisujących kierowcę może być odniesiona do oceny zadań jakie w danej chwili wykonuje kierowca. Mogą być to zadania związane z prowadzeniem pojazdu, jak skręcanie na skrzyżowaniu, lub zadania poboczne, jak np. obsługa radia. W związku z wykonywaniem zadań mierzone mogą być, oprócz opisanej wcześniej aktywności wzrokowej, także parametry związane bezpośrednio z zachowaniami niebezpiecznymi, czyli niekontrolowane opuszczenie pasa ruchu, nagłe manewry lub spóźnione reagowanie (za Gstaltera, 2010). Miary związane z podejmowanymi zadaniami nie związanymi z jazdą mogą też być mierzone w kategoriach poprawności ich wykonania - czasu wykonywania, popełnionych błędów itp. Także przy wykonywaniu zadań przez kierowcę w czasie jazdy ujawnia się główna zaleta środowisk symulacyjnych, w których eksperymenty takie są stosunkowo bezpieczne.

Oprócz parametrów aktywności wzrokowej, jednymi z najczęściej mierzonych parametrów związanych z prowadzeniem pojazdów, są wybrane parametry dotyczące prędkości i zdarzeń hamowania. Prędkość jest dość oczywistym współczynnikiem opisującym zachowanie kierowcy (Martens, Brouwer, 2003). Prędkość jazdy w różnych warunkach otoczenia może być pośrednią miarą zachowania kierowcy, np. w kategoriach zachowania bezpiecznego i niebezpiecznego. Sposób hamowania może być parametrem opisującym sposób zachowania i poziom umiejętności kierowcy. Ocena może być wykonywana zarówno w kategoriach liczby zdarzeń „intensywnych hamowań” które generalnie można uznawać za wykonywane w celu uniknięcia kolizji, jak też średnich intensywności i wariancji intensywności hamowania (które są wykorzystywane zdecydowanie rzadziej z powodu trudności związanych z interpretacją wyników). Bezpośrednio związanymi ze zdarzeniami hamowania są niektóre współczynniki wywodzące się z Traffic Conflict Technique: Czas do kolizji (Time To Collision – TTC), Czas do wypadku (Time to Accident – TA), oraz pochodne ich interpretacji, np.: czas do przejścia dla pieszych (Time To Zebra – TTZ), Zintegrowane czasowo TTC (Time Integrated TTC), Czas ekspozycji TTC (Time Extended TTC). Współczynniki te odnoszą się głównie do interakcji między badanym kierowcą, a innymi użytkownikami ruchu.

Badania w symulatorach jazdy pozwalają na rejestrację dokładnych przebiegów jazdy użytkowników ruchu przy zachowaniu zarówno wysokich częstotliwości próbkowania, jak i dokładnej kontroli lokalizacji pojazdów (czy też innych elementów). Fakt ten pozwala na dokładne obliczenie parametrów wynikających z interakcji z otoczeniem.

Stosowane są też inne parametry opisujące jakość wykonywania zadań przez kierowcę. Przykładem są tu miary związane z parametrami jazdy w relacji poprzecznego przekroju pasa ruchu, czyli: średnia pozycja w pasie, wariancja (lub odchylenie standardowe) pozycji w pasie, przypadkowe wyjechanie poza pas ruchu, czy też czas do przekroczenia linii (Time to Line Change – TLC). Miary te generalnie opisywane są jako służące ocenie jakościowej umiejętności kierowcy.

Kolejną kategorią parametrów rejestrowanych w badaniach kierowców są współczynniki opisujące akceptowalny poziom bezpieczeństwa przy wykonywaniu

manewrów, bądź w trakcie jazdy w ruchu swobodnym. Za takie parametry uważa się „akceptowalną przerwę” (Gap Acceptance – GA) oraz „czas podążania” (Time Headway – TH). GA jest miarą stosowaną głównie przy ocenie zachowania na skrzyżowaniach i przy manewrach włączania do ruchu. TH natomiast może służyć ocenie dystansu podążania za pojazdem poprzedzającym w ruchu swobodnym, akceptowalnego przez kierowcę jako „bezpieczny”.

Możliwa jest również ocena umiejętności kierowców na podstawie występowania zdarzeń i incydentów, jednak w badaniach z użyciem symulatorów jazdy (ze względu na stosunkowo krótkie przejazdy) powstawanie takich zdarzeń nie jest pożądane.

4. SYMULATORY, JAKO NARZĘDZIA BADAWCZE

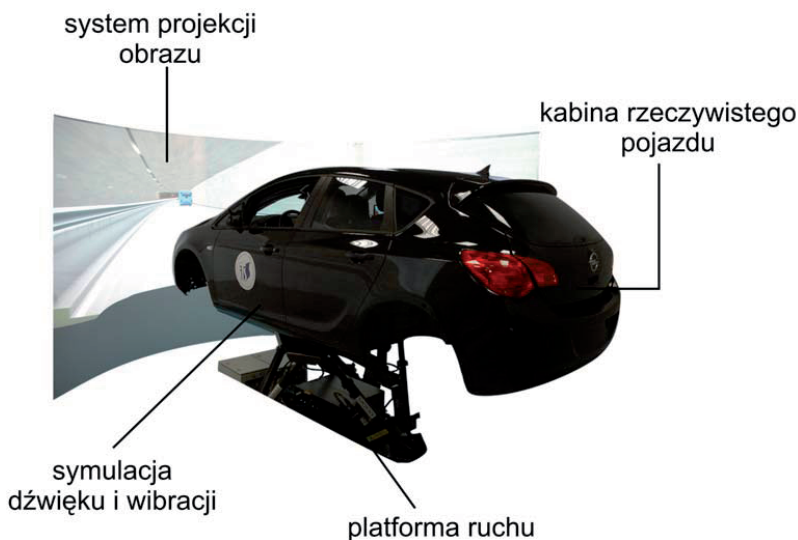
Badania w środowisku symulacyjnym mogą obejmować eksperymenty. Badania w środowisku symulacyjnym mogą obejmować eksperymenty z wykorzystaniem symulatorów różnych konstrukcji i o różnych właściwościach. Badania te wykonywane są zarówno na stosunkowo prostych symulatorach jazdy (często porównywanych z gramami komputerowymi), wyposażonymi jedynie w uproszczone narzędzia sterownicze i prosty system wizualizacji, jak i na zaawansowanych symulatorach jazdy „światowej klasy” – wyposażonych w wieloosiową platformę ruchu, 360 stopniowy system wizualizacji i systemy udźwiękowienia, symulacji drgań itp.

W klasyfikacji symulatorów jazdy można spotkać się również z terminem tzw. symulatorów wysokiej klasy. Co prawda termin ten jest związany z symulatorami szkoleniowymi, jednak można go odnosić również do badań naukowych. Wymagania techniczne opisujące symulatory jazdy w ujęciu narzędzia badawczego interpretuje się jako najmniejszy zestaw parametrów symulatora jazdy, który gwarantuje stopień odwzorowania rzeczywistych warunków w środowisku symulacyjnym w stopniu pozwalającym na przybliżanie otrzymanyh wyników badań do tych, które byłyby wynikiem analogicznego eksperymentu w środowisku rzeczywistym.

Symulator, aby spełnić te minimalne wymagania powinien być wyposażony w (za Lozia et al., 2010):

- oryginalną pełnowymiarową kabinę pojazdu;
- platformę ruchu – do symulacji sił oddziałujących na kierowcę;
- system wizualizacji pozwalający co najmniej na projekcję obrazu dla 180 stopni pola widzenia w osi horyzontalnej i 40 stopni pola widzenia w osi wertykalnej, oraz symulację widoku wszystkich lusterek pojazdu;
- symulację hałasu i wibracji kabiny.

Tylko taki zestaw, w powiązaniu z odpowiednio przygotowanym oprogramowaniem do symulacji, może być podstawą prowadzenia badań, które w sposób realistyczny odwzorowują proces prowadzenia pojazdu.



Rys. 1. Budowa wysokiej klasy symulatora jazdy na przykładzie AutoSim AS 1200-6

Niestety, głównie ze względu na warunki ekonomiczne (Andysz et al., 2010) i fakt występowania choroby symulatorowej (więcej informacji w rozdziale 5), badania kierowców są często wykonywane z wykorzystaniem symulatorów nie spełniających tych wymagań. Przykładowo badania na Uniwersytecie Nottingham (Crundall et al., 2010) wykonywane były przy wykorzystaniu symulatora Faros GB3, w którym odwzorowano tylko podstawowe przyrządy sterownicze, a obraz wyświetlany był na 3 ekranach LCD które pozwalały na projekcję widoku kierowcy w zakresie 90 stopni w osi horyzontalnej i 21 stopni w osi wertykalnej. Wykorzystanie prostych symulatorów jazdy może powodować duże różnice w zachowaniu kierowców w stosunku do rzeczywistości występującego w czasie jazdy w warunkach naturalnych. Badania na symulatorach jazdy niskiej klasy są też znacznie częściej narażone na tzw. syndrom gry komputerowej, w którym uczestnik badania zaczyna zachowywać się w sposób charakterystyczny dla gier komputerowych (np. wyścigowych), co całkowicie zaburza otrzymywane wyniki badań.

Budowa symulatora jazdy, która wpływa na stopień odwzorowania warunków rzeczywistych w środowisku symulacyjnym, może w bardzo złożony sposób wpływać na reakcję i zachowania kierowcy. Wykorzystanie symulatorów jazdy wysokiej klasy pozwala na odpowiednio wysoki stopień odwzorowania warunków funkcjonalnych pojazdu dla prowadzenia badań zachowania i umiejętności kierowców, jednak wiąże się z nasilonym występowaniem skutków ubocznych w postaci choroby symulatorowej, którą scharakteryzowano w dalszej części artykułu.

5. CHOROBA SYMULATOROWA W BADANIACH KIEROWCÓW

W czasie wykonywania badań z wykorzystaniem symulatorów jazdy, jednym z podstawowych problemów wymagających rozwiązania jest występowanie objawów tzw. choroby symulatorowej (ang. simulator sickness). Choroba symulatorowa jest zbiorem nieprzyjemnych wrażeń, które może odczuwać kierowca w czasie jazdy symulatorem. Wrażenia te są podobne do odczuwalnych w chorobie lokomocyjnej (czy chorobie morskiej).

Choroba symulatorowa jest powodowana przez znajdujący się w uchu wewnętrznym aparat przedsionkowy, czyli organ odpowiedzialny za odczuwanie ruchu ciała i grawitacji oraz zmysł poczucia równowagi. Większość symptomów choroby symulatorowej wynika z niezgodności pomiędzy sygnałami odczuwanymi przez organ równowagi, a tymi otrzymywanymi kanałem wzrokowym (Brooks, 2010). Problem dotyczy zarówno symulatorów statycznych (w których kanałem wzrokowym obserwowany jest ruch, którego nie rejestruje organ równowagi), jak też symulatorów posiadających platformy ruchu, w których kierowca może (zależnie od rozwiązania) doświadczać wrażeń odwrotnych do tych obserwowanych w rzeczywistym świecie – która to niezgodność powoduje występowanie choroby. W czasie badań dotyczących występowania choroby symulatorowej (Kennedy, 1993) określono, że może ona występować łącznie w 16 różnych typach objawów kwalifikowanych do jednej z trzech klas: symptomów okulomotorycznych, dezorientacji i nudności. Przykładowymi objawami mogą być m.in.:

- zmęczenie,
- senność,
- suchość w ustach,
- nadmierne wydzielanie śliny,
- mdłości,
- dezorientacja,
- zawroty głowy,
- dolegliwości żołądkowe.

Niektóre z objawów mają charakter przeciwstawny, co widać na przykładzie „nadmiernego wydzielania śliny” i „suchości w ustach”

Wynikiem badań choroby symulatorowej była zunifikowana ankieta, tzw. SSQ – Simulator Sickness Questionnaire, który wykorzystywany jest do dzisiaj jako element metody pomiaru wpływu choroby symulatorowej na osoby badane.

Choroba symulatorowa ma bowiem bardzo indywidualny charakter, co oznacza że każdy kierowca może ją odczuwać odmiennie, bądź nawet wcale. Jednocześnie, gdy występuje, rodzaje obserwowanych symptomów mają indywidualną kombinację i nasilenie.

Przeciwdziałanie chorobie symulatorowej jest obecnie wykonywane głównie poprzez stopniową adaptację (Ronen, 2013) osoby badanej do warunków symulatora jazdy. Adaptacja obejmuje co najmniej jedną sesję jazdy symulatorem mającą na celu zapoznanie kierowcy ze środowiskiem jazdy. W czasie adaptacji osoby najsilniej odczuwające skutki choroby mogą być dyskwalifikowane z badań, co z jednej strony może być uznawane za niepoprawne metodycznie, jednak w przypadku badań symulacyjnych jest pewną koniecznością, wynikającą ze specyfiki badań.

Najbardziej rozbudowane cykle adaptacyjne mogą obejmować nawet kilka dni, w których kierowca korzysta z symulatora coraz dłużej. Jednocześnie kolejne sesje jazdy są przygotowane tak, by stopniowo zwiększać trudność wykonywanych zadań: liczbę zakrętów i innych manewrów, liczbę użytkowników ruchu (większa interakcja ze środowiskiem). Taki cykl adaptacyjny pozwala na odpowiednie zapoznanie się osoby badanej zarówno ze środowiskiem jazdy, jak też z samym pojazdem.

Jednocześnie „ze względu na występowanie choroby symulatorowej, projektując badania należy uwzględnić, że może ona powodować chwilowe zaburzenia motoryczne, w tym problemy z koordynacją ręka-oko i niestabilnością postawy” (Niezgoda et al, 2011). Choroba symulatorowa może wpływać na sam proces prowadzenia pojazdu w czasie eksperymentu, ale również przez pewien (niekiedy stosunkowo długi) okres po zakończeniu korzystania z symulatora jazdy.

Choroba symulatorowa jest obecnie przedmiotem badań zmierzających do rozpoznania dokładnych mechanizmów jej powstawania, oraz opracowania metod służących zapobieganiu występowania jej objawów (Domeyer 2013). Dopóki ten problem nie zostanie rozwiązany, każde badania z wykorzystaniem symulatorów jazdy mogą być obciążone błędami wynikającymi z występowania choroby.

6. PODSUMOWANIE

Symulatory jazdy w ostatnich latach stały się powszechnym narzędziem wykorzystywanym w badaniach zachowania i umiejętności kierowców. Możliwość stosunkowo prostego konstruowania nawet bardzo skomplikowanych eksperymentów, możliwość kontroli środowiska jazdy i uczestników ruchu oraz inne cechy sprzyjają wykorzystaniu tego narzędzia w badaniach różnych aspektów funkcjonowania kierowcy w ruchu drogowym. Szczególnie w porównaniu do innych (standardowych) typów eksperymentów wykorzystywanych w badaniach kierowców symulatory jazdy ujawniają swoje największe zalety. Nie jest to jednak narzędzie bezproblemowe. Wykorzystanie środowiska symulacyjnego wiąże się bowiem z jednej strony z występowaniem choroby symulatorowej, która może zaburzać wyniki badań, a z drugiej ze znaczącymi problemami przy ich generalizacji do rzeczywistego środowiska jazdy.

Zdaniem autorów, pomimo pewnych niedogodności wynikających z ich wykorzystania, symulatory jazdy stwarzają unikatowe możliwości eksperymentalne, trudnodostępne lub wręcz niemożliwe do wykonania z użyciem innych typów eksperymentów. Występowanie pewnych niepożądanych skutków wykorzystania symulatorów można niwelować lub wręcz eliminować przez odpowiednie konstruowanie eksperymentu badawczego. Takie właściwości w połączeniu z unikatowymi możliwościami dostępnymi dzięki wykorzystaniu środowiska symulacyjnego, czynią z symulatorów niezwykle użyteczne narzędzi badawcze.

Bibliografia

1. Andysz A., Waszkowska M., Drabek M., Merez D.: Zastosowanie symulatorów jazdy w badaniach psychologicznych, *Medycyna Pracy*, 2010, s. 573-582.
2. Brooks J.O., Goodenough R.R., Crisler M.C., Kleina N.D., Alleya R.L., Koona B.L., Logan W.C., Ogleb J.H., Tyrrell R.A., Willsa R.S.: Simulator sickness during driving simulation studies. *Accident Analysis and Prevention* 42, 2010, s.788-796.
3. Crundall D., Andrews B., van Loon E., Chapman P.: Commentary training improves responsiveness to hazards in a driving simulator, *Accident Analysis & Prevention*, 2010, s. 2117-2124.
4. Domeyer J.E., Cassavaugh N.D., Bacs R.W.: The use of adaptation to reduce simulator sickness in driving assessment and research. *Accident Analysis and Prevention* 53, s.127-132, 2013.
5. Gstalter H., Fastenmeier W.: Reliability of drivers in urban intersections. *Accident Analysis and Prevention* 42, 2010, s. 225-234.
6. Kennedy R.S., Lane N.E., Berbaum K.S., Lilienthal M.G.: A simulator sickness questionnaire (SSQ): A new method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3) 203-220, 1993.
7. Lozia Z., Cup A., Mitraszewska I., Piętko T., Więckowski D.: Wymagania minimalne dla „symulatorów wysokiej klasy” stosowanych w szkoleniu kierowców. *Logistyka*, nr 4, lipiec-sierpień 2010.
8. Martens M., Brouwer R.: Linking behavioral indicators to safety: what is safe and what is not? 3rd International conference on Road Safety and Simulation Proceedings, Indianapolis, USA 2003.
9. McLaughlin S., Hankey J., Dingus T.: Driver measurement: methods and applications. *Transportation Research*, 2010.
10. Niezgoda M., Kamiński T., Ucińska M., Kruszewski M.: Effective Methods for Drivers Research with use of a Driving Simulator, *Journal of KONES Powertrain and Transport*. Vol. 18. No 3. 2011, Kraków 2011, s. 309-316
11. Ronen A., Yair N.:The adaptation period to a driving simulator. *Transportation Research Part F* 18, 2013, s. 94–106.
12. Wickens C.: *Engineering Psychology and Human Performance*, 2nd edn. HarperCollins, New York 1992.

APPLICATION OF TRAFFIC CONFLICT TECHNIQUE FOR ROAD TRAFFIC SAFETY ANALYZIS

Summary: Driving simulators as a research tools are commonly used at research centers in experiments on different aspects of road traffic. The conducted researches concern not only drivers' behaviour in road traffic but also structure and functioning of on-board systems.

The use of driving simulators is confined by some limitations. In this article some chosen aspects of conducting researches with the use of virtual reality as well as connected benefits and disadvantages are presented. A comparison between the traditional and simulator related research methods was made indicating major differences between them and limitations of so conducted experiments.

Keywords: Road Safety, Traffic Conflict Technique, simulator sickness