

Aleksandra Andysz

Małgorzata Waszkowska

Dorota Merecz

Marcin Drabek

ZASTOSOWANIE SYMULATORÓW JAZDY W BADANIACH PSYCHOLOGICZNYCH

USE OF DRIVING SIMULATORS IN PSYCHOLOGICAL RESEARCH

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź

Zakład Psychologii Pracy

STRESZCZENIE

Historia symulatorów sięga pierwszych dziesięcioleci XX wieku. Najpierw były one stosowane w szkoleniu pilotów, później zaczęto je wykorzystywać w przemyśle samochodowym do badania wytrzymałości nowych pojazdów i rozwiązań ergonomicznych. Z czasem symulatorami zaczęły coraz bardziej interesować się instytucje badawcze i uczelnie techniczne spoza branży motoryzacyjnej. Atrakcyjność symulatorów dla badaczy opiera się na kilku istotnych czynnikach: stwarzają one możliwość modelowania, kontrolowania i powtarzania różnych sytuacji eksperymentalnych, przy jednoczesnym minimalizowaniu czynników zakłócających. Ponadto symulatory dysponują dużym potencjałem gromadzenia i przetwarzania danych. Co więcej, są bezpieczne i ekologiczne. Te zalety sprawiają, że są one niemal idealnym narzędziem badawczym. Artykuł prezentuje przegląd badań z dziedziny psychologii z wykorzystaniem symulatorów jazdy samochodem. Wskazuje także na zalety i wady tych urządzeń oraz perspektywy na przyszłość dla badań eksperymentalnych. Med. Pr. 2010;61(5):573–582

Słowa kluczowe: symulatory jazdy, kierowcy, badania psychologiczne, bezpieczeństwo ruchu drogowego

ABSTRACT

The history of simulators dates back to the first decades of the twentieth century. At the beginning they were used to train pilots, and eventually they were used in the automotive industry for testing the strength of new vehicles and ergonomic solutions. With time research institutions and technical universities from outside the automotive industry have become more and more interested in simulators. Attractiveness of simulators for researchers is based on a number of important factors: they create the possibility of modeling, control and repeatability of different experimental situations, reducing at the same time the impact of confounding factors. Simulators have a great potential for data collection and processing. What's more, they are safe and ecologic. These values make them almost an ideal research tool. The article presents a review of psychological studies with use of vehicle driving simulators. It also points to advantages and disadvantages of these devices and outlines the future prospects for experimental research. Med Pr 2010;61(5):573–582

Key words: driving simulators, drivers, psychological research, road traffic safety

Adres autorów: Zakład Psychologii Pracy, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera,
ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź; e-mail: andysz@imp.lodz.pl

Nadesłano: 6 sierpnia 2010

Zatwierdzono: 24 sierpnia 2010

WSTĘP

W przeciągu minionego wieku symulatory zaczęły być wykorzystywane w wielu dziedzinach działalności człowieka związanych z edukacją i produkcją. Początkowo służyły one pilotom wojskowym, z czasem przekształciły się w coraz bardziej zaawansowane technicznie narzędzia wykorzystywane przez inżynierów w przemyśle motoryzacyjnym do badania wytrzymałości pojazdów

i testowania ergonomii nowych rozwiązań. Zaczęły też służyć specjalistom spoza dziedziny motoryzacji — obecnie bez symulatora trudno wyobrazić sobie nowoczesne kształcenie lekarzy.

Wartość symulatorów jako najdoskonalszej z dostępnych metod edukacji polega na tym, że dają one możliwość wykrycia i wyeliminowania zachowań czy też czynności, które prowadzą do błędów. Wykorzystanie symulatorów w szkoleniu pilotów i kierowców jest w stanie



przyczynić się do zmniejszenia liczby katastrof lotniczych i wypadków drogowych, natomiast w medycynie — do zmniejszenia liczby lekarskich błędów w sztuce w trakcie wykonywania zabiegów operacyjnych.

O atrakcyjności symulatorów jako narzędzi badawczych w dziedzinach związanych z ruchem drogowym decyduje to, że stwarzają one możliwości modelowania i kontrolowania różnych sytuacji eksperymentalnych przy jednoczesnym ograniczaniu wpływu czynników zakłócających oraz powtarzalności takich samych warunków. Jeśli dołączymy do tego potencjał gromadzenia i przeliczania danych, jakim dysponuje komputerowy moduł symulatora, oraz możliwości kreowania coraz bogatszej rzeczywistości wirtualnej, a na koniec podkreślimy ekologiczny wymiar tego rodzaju badań oraz ich bezpieczeństwo, to można uznać, że mamy do czynienia z narzędziem niemal idealnym.

RODZAJE SYMULATORÓW JAZDY

Symulatory różnią się pod względem zaawansowania technicznego. Wyróżnia się ich trzy klasy: proste symulatory treningowe, symulatory średniej klasy i wyrefinowane symulatory „klasy światowej” (1–4).

Proste symulatory treningowe niewiele różnią się od symulatorów jazdy w salonach gier wideo. Mają tylko bardziej realistyczne mechanizmy sterowania zbliżone do realnych (kierownicę, dźwignię zmiany biegów, pedały) oraz w zależności od modelu — indywidualny monitor, wirtualne okulary, hełm HDM (head mounted display), który izoluje od bodźców zewnętrznych, lub duży ekran.

W zależności od technicznego zaawansowania symulatora widok prezentowany przed jadącym pojazdem może być filmem zarejestrowanym w warunkach rzeczywistych wraz z zapisem audio lub obrazem graficznym wraz z dźwiękami generowanymi za pomocą komputera. Zadaniem kierowcy jest wykonywanie czynności sterujących w odpowiedzi na obserwowane sytuacje na symulowanej drodze. Obecnie szkolenie na tego typu symulatorach traktowane jest najczęściej jako zabawa i skierowane może być raczej do dzieci lub osób młodych, zanim rozpoczną naukę na symulatorach bardziej zaawansowanych lub w warunkach rzeczywistych.

Badania nad trafnością pomiarów na tego typu symulatorach wskazują na dużą rozbieżność między uzyskiwanymi w nich wynikami a wynikami uzyskiwanymi w sytuacji rzeczywistej, m.in. w zakresie szacowania odległości przez kierowcę czy utrzymania pozycji względem pasa jezdni (1,2). Mimo tych wad,

biorąc pod uwagę relatywnie niskie koszty produkcji i użytkowania, urządzenia te coraz częściej stanowią punkt wyjścia w szkoleniu przyszłych kierowców. Umożliwiają bowiem zapoznanie się zarówno z podstawowymi zasadami obsługi mechanizmów sterowania, jak i z infrastrukturą drogową, głównymi zasadami ruchu drogowego oraz sposobami bezpiecznego prowadzenia pojazdów (3).

W urządzeniach klasy średniej środowisko symulatora tworzy specjalnie do tego celów przystosowana kabina samochodu lub jej fragment wyposażony w fotel, deskę rozdzielczą i wszystkie mechanizmy sterowania. Aby pole widzenia przez szyby było bliskie naturalnemu, otoczenie zewnętrzne imituje obraz rzutowany na panoramiczny ekran oraz na lusterka boczne i wsteczne. Dźwięk pracy silnika, opon, wiatru, deszczu itp. emitowane przez głośniki zamontowane w kabinie takiego symulatora dodatkowo wzmacniają złudzenie rzeczywistej sytuacji jazdy.

Symulator połączony jest z systemem komputerowym pozwalającym w sposób obiektywny rejestrować przebieg jazdy i pomiary badanych zmiennych. Stopień zaawansowania oprogramowania i systemów mechanicznych symulatora decydują o realizmie oraz różnorodności kreowanych w nim sytuacji. System sterowania kabiną w tej klasie symulatorów nie jest konieczny, jednak jego zastosowanie umożliwia kierowcy odczuwanie sił, jakie działają na pojazd w trakcie rzeczywistej jazdy.

Jak wynika z badań, tego typu symulatory pozwalają na lepszą kontrolę nad pojazdem i uzyskiwanie trafniejszych wyników w zakresie np. prędkości. Ponadto, badani w trakcie jazdy rzadziej niż na statycznych symulatorach odczuwają nudności (1,5,6). Symulatory średniej klasy stosowane są z powodzeniem m.in. przez psychologów transportu w badaniach nad układem kierowca–pojazd–otoczenie oraz wykorzystywane są do oceny nowych projektów dróg i tuneli.

Symulatory najnowszej generacji są realizacją wizji o idealnych warunkach eksperymentalnych związanych z prowadzeniem pojazdów. Zbudowane są z zamkniętej kapsuły, w której w zależności od potrzeb projektu badawczego można umieścić kabinę samochodu osobowego, ciężarowego lub jeepa. Są to urządzenia, które dzięki zaawansowanej grafice komputerowej, doskonałej jakości obrazowi rzutowanemu na panoramiczny ekran i bogatej akustyce są zdolne wykreować bardzo realistyczne otoczenie jazdy. Dodatkowo — dzięki umieszczeniu kapsuły z pojazdem na platformie poruszającej się na pneumatycznych podnośnikach i prze-



mieszczającej się w trzech płaszczyznach (poziomej, pionowej i bocznej) — kierujący symulatorem odbiera wrażenia kinestetyczne, które w rzeczywistości towarzyszą np. przyspieszaniu, skręcaniu i hamowaniu. Ponadto, symulatory te pozwalają odczuwać dynamikę pojazdu na różnego typu nawierzchniach i w różnych warunkach atmosferycznych.

Zaplecze badawcze takiego symulatora stanowi nie małe laboratorium, w którym zespół ludzi śledzi i kontroluje przebieg badania. Ze względu na wysokie koszty budowy i utrzymania całej infrastruktury symulatory tej klasy wykorzystywane są głównie przez koncerny samochodowe jako wsparcie prac konstruktorskich oraz w badaniach eksperymentalnych w różnych dziedzinach nauki.

TRAFNOŚĆ BADAŃ SYMULATOROWYCH

Wśród zalet badań symulatorowych szczególnie istotnych dla badaczy należy podkreślić coraz wyższą trafność uzyskiwanych pomiarów. Badacze zawdzięczają ją coraz nowocześniejszym rozwiązaniom inżynierjino-informatycznym, dzięki którym obraz otoczenia jazdy i jego dynamika z powodzeniem imitują rzeczywistość. Jazda na symulatorach najnowszej generacji jest w stanie indukować u kierowcy takie zachowania, jakie wywołuje sytuacja rzeczywista.

Przykładem badania, które to potwierdziło, była praca Yana i wsp. (7). Autorzy stworzyli na symulatorze wizualizację rzeczywistego skrzyżowania, na którym dochodziło do licznych kolizji. Okazało się, że kolizje i wypadki, które zaistniały w warunkach symulowanych, były ilościowo i jakościowo podobne do tych rzeczywistych, których opisy zawierała dokumentacja policyjna. Takie wyniki uprawniają do przenoszenia zaobserwowanych zjawisk na sytuacje rzeczywiste i prognozowanie ich konsekwencji na podstawie uzyskanych danych symulatorowych.

Trafność badań symulatorowych potwierdza także to, że w stopniu bardzo zbliżonym do warunków rzeczywistych ujawniają one wpływ na czynności jazdy deficytów w zakresie procesów poznawczych spowodowanych spożyciem alkoholu i narkotyków (8) oraz sennością i zmęczeniem (9–11).

Co do trafności badań dotyczących prędkości jazdy nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Zauważono wśród kierowców tendencję do rozwijania większej prędkości w warunkach symulowanych niż w rzeczywistych (12), jednak nie zawsze różnice między tymi pomiarami okazywały się istotne statystycznie. W kilku badaniach

zaobserwowano natomiast znacząco większą wariancję prędkości (zakres rozwijanych prędkości) na symulatorze niż w sytuacji rzeczywistej, która przez niektórych badaczy uważana jest za predyktor bezpiecznej jazdy ważniejszy od samej prędkości (1).

Przyczyna obserwowanych różnic może tkwić w nastawieniu osób badanych do jazdy symulatorem i do całej sytuacji badania. Ich motywacja może wynikać z chęci jak najszybszego ukończenia zadania czy poeksperymentowania. Przejawiać się to może prezentowaniem bardziej agresywnych form jazdy niż w rzeczywistości itp. (12,13) lub znudzeniu. Różnice mogą też wynikać z metodologii badania lub budowy symulatora (1). Można się spodziewać, że w miarę doskonalenia konstrukcji symulatorów problem trafności badań dotyczących prędkości będzie zanikał. Już teraz wiadomo, że realizm otoczenia jazdy i realizm odczuć kinestetycznych (przyspieszania, hamowania, zachowania pojazdu pod wpływem silnego wiatru) (14) na różnego rodzaju nawierzchniach (15), uzyskiwany na najnowocześniejszych symulatorach, zdecydowanie poprawiają trafność badań.

Wyniki oceny trafności badań symulatorowych w zakresie obciążenia procesów poznawczych, podobnie jak to ma miejsce w przypadku badań dotyczących prędkości, także nie są jednoznaczne. Starsze wyniki przemawiały za tezą, że sytuacja symulowanej jazdy jest bardziej frustrująca dla kierowcy i stawia przed nim większe wymagania niż sytuacja realnej jazdy, a więc generuje większe obciążenie psychiczne (1). Nowsze wyniki, np. badania Cantina i wsp. (16) oraz Chan i wsp. (17), wskazują na wysoką trafność badań symulatorowych w tym zakresie. Wynika z nich, że, po pierwsze, zarówno symulowana, jak i rzeczywista jazda samochodem jest bardziej psychicznie obciążająca dla starszych kierowców i że to obciążenie wzrasta wraz ze wzrostem złożoności wykonywanych manewrów na drodze, np. wyprzedzania (16). Po drugie, badanie symulatorowe ujawnia różnice między doświadczonymi a niedoświadczonymi kierowcami w zakresie procesów uwagi znane z rzeczywistych sytuacji na drodze (17).

Przeciwko symulatorom można podnosić zarzut, że operują rzeczywistością wirtualną, która nigdy nie będzie prawdziwą jazdą samochodem. Trzeba mieć jednak na uwadze, że badanie zachowań w trakcie jazdy w naturalnych warunkach także nie jest wolne od zniekształceń. Sama świadomość, że jest się obserwowanym i poddawanym ocenie może wpływać na zachowanie w trakcie badania, a zatem i na wyniki. Z innej strony, sytuacje w warunkach naturalnych nie są powtarzalne, przez co wyniki różnych osób nie dają się porównywać.



W tego typu badaniach nie jest możliwa ocena wpływu takich czynników, jak substancje psychoaktywne na zdolność kierowania pojazdem, ponieważ stwarza to zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Podsumowując, liczba danych potwierdzających trafność badań symulatorowych jest większa niż liczba wyników przeczących lub niejednoznacznych i dlatego należy uznać, że ten rodzaj badań eksperymentalnych otwiera przed naukowcami obiecujące perspektywy.

ZASTOSOWANIE SYMULATORÓW

W dziedzinach związanych z motoryzacją, transportem i ruchem drogowym symulatory znajdują zastosowanie tam, gdzie mowa o którymkolwiek z elementów układu człowiek–pojazd–otoczenie. Symulatory umożliwiają identyfikację problemów związanych z ruchem drogowym, które mogą być stwarzane zarówno przez tzw. czynnik ludzki (kierowcy i inni uczestnicy ruchu drogowego), jak i techniczny (organizacja ruchu drogowego, system sygnalizacji).

Bezpieczeństwo na drodze zależy od czynników związanych zarówno z poszczególnymi elementami układu człowiek–pojazd–otoczenie, jak i z interakcją wszystkich elementów tego układu. Należy przy tym pamiętać, że wynik działania układu człowiek–pojazd–otoczenie nie jest prostą sumą cech elementów składowych. Dane dotyczące stanu kierowcy, stanu pojazdu oraz cech otoczenia jazdy analizowane osobno mogą przynosić odmienne rezultaty niż analiza współdziałania wszystkich tych elementów. Symulatory stwarzają możliwość takiego modelowania i kontrolowania zmiennych związanych z kierowcą, pojazdem i wirtualnym otoczeniem, że badacze mają szansę uchwycić, co ostatecznie jest przyczyną błędów popełnianych przez kierowców.

Z uwagi na złożoność czynności prowadzenia pojazdów zespoły badawcze stają się coraz bardziej interdyscyplinarne — w ich skład wchodzi przedstawiciele nauk humanistycznych, medycznych i inżynierskich. Domeną nauk humanistycznych (np. psychologii) i medycznych (np. fizjologii, farmakologii) jest w tych badaniach człowiek, a więc uwaga badaczy koncentruje się na pytaniach, w jaki sposób wspomniany już czynnik ludzki odpowiada za bezpieczeństwo i zagrożenia na drogach.

Symulatory znajdują zastosowanie w badaniach funkcjonowania w roli kierowców:

- osób niepełnosprawnych ruchowo (18);
- osób przewlekłe chorych z różnymi dysfunkcjami poznawczymi wynikającymi m.in. z przyczyn neu-

rologicznych związanych ze stwardnieniem rozsianym (19), chorobą Alzheimera (20) czy wirusem HIV (21);

- osób cierpiących na zaburzenia snu (22);
- osób starszych (23,24).

Dzięki wynikom uzyskanym na symulatorach jazdy możliwe jest podejmowanie dalszych decyzji zarówno w kwestii uprawnień tych osób do prowadzenia pojazdów mechanicznych, jak i ich leczenia oraz rehabilitacji.

Niezwykle obiecujące wydaje się zastosowanie symulatorów w diagnostyce psychologicznej kierowców, w której mogłyby się stać dobrą alternatywą dla tradycyjnych sposobów badania uwagi, pamięci, koordynacji wzrokowo-ruchowej i sprawności motorycznej kierowców z użyciem metod typu papier–ołówek i testów aparaturowych. Trafność fasadowa tych metod wydaje się niska. Z kolei sytuacja generowana przez symulator charakteryzuje się złożonością zbliżoną do sytuacji jazdy w warunkach rzeczywistych — wymaga od kierowcy wykorzystywania takich samych funkcji poznawczych i wymusza reakcje typowe dla sytuacji prowadzenia pojazdu w realnym ruchu drogowym. Dzięki temu możliwe staje się analizowanie w sposób precyzyjny reakcji na różne, często bardzo złożone bodźce i określanie poziomu sprawności psychoruchowej niezbędnego do bezpiecznego kierowania pojazdami.

Dzięki zastosowaniu symulatorów jazdy możliwe staje się badanie zachowania kierowców w zróżnicowanych warunkach pogodowych (na oblodzonej nawierzchni, przy silnym wietrze, w czasie opadu śniegu i we mgle) (14,15,25) o różnych porach dnia (26–28).

W badaniach symulatorowych psycholodzy starają się także identyfikować sytuacje, które nadmiernie obciążają procesy poznawcze w trakcie jazdy. Są nimi: natężenie ruchu samochodów ciężarowych na drodze (25,29), korzystanie z telefonów komórkowych (30,31), obsługiwanie urządzeń elektronicznych (np. GPS) (32) czy podjadanie w trakcie prowadzenia samochodu (33).

W obszarze badań koncentrujących się na funkcjonowaniu człowieka w roli kierowcy wiele uwagi poświęca się senności i zmęczeniu, ponieważ są one częstymi i bezpośrednimi przyczynami kolizji i wypadków (10). Ze statystyk wypadków wynika, że dość powszechne jest wśród kierowców siadanie za kierownicą w sytuacji, gdy odczuwają oni zmęczenie czy senność, a wypadki powodowane zaśnięciem za kierownicą nie są zdarzeniami jednostkowymi (8). Jedną z przyczyn tego zjawiska jest błędna ocena stopnia własnego zmęczenia zarówno w momencie siadania za kierownicą, jak i w trakcie jazdy.



Wśród głównych przyczyn zmęczenia wymienia się z jednej strony: tryb życia, wymagania wykonywanego zawodu, a także zaburzenia snu (bezdech senny) (22,34) i depryzację snu przypadającą w tzw. oknie niżu dobowego (godziny między 2 i 6 rano). Powodują one obniżoną czujność, spadek sprawności sensomotorycznej, wydłużenie czasu reakcji na zagrażające bodźce i czasu podejmowania decyzji, a także spadek pobudzenia fizjologicznego. Z drugiej strony zmęczenie i senność w określonych okolicznościach pojawiają się podczas jazdy niezależnie od stanu psychofizycznego kierowcy. Mowa tu o okolicznościach, jakie stwarza znane i monotonne otoczenie jazdy. Tym zjawiskom i wpływowi monotonii na prowadzenie pojazdów również poświęca się dużo uwagi (35,36). Jest to o tyle ważne, że triada czynników — monotonia, senność i zmęczenie — wiąże się z groźnymi z punktu widzenia bezpieczeństwa jazdy zjawiskami (38):

- zapadaniem przez kierowcę w krótkie epizody snu w trakcie prowadzenia pojazdu w tzw. mikrosny trwające od kilku do kilkudziesięciu sekund;
- tzw. hipnozą autostradową (highway hypnosis) — definiowaną jako stan senności i obniżonej uwagi, pojawiającą się podczas długiej jazdy w otoczeniu, które jest dla kierowcy przewidywalne i bezpieczne (autostrada lub droga bardzo dobrze znana kierowcy) (37);
- tzw. trybem jazdy bez uwagi (driving without attention mode) — z definicji różniącym się od hipnozy autostradowej tym, że pojawia się niezależnie od zmęczenia i senności.

W badaniach symulatorowych udaje się tak projektować otoczenie jazdy, by podczas relatywnie krótkich (40-minutowych) sesji — na pustej, prostej drodze w otoczeniu pozbawionym elementów, które mogłyby stanowić urozmaicenie krajobrazu (35) — uzyskać efekt zmęczenia i senności. Dzięki tego typu badaniom udaje się zidentyfikować moment krytyczny, w którym w zależności od pory dnia i stanu psychofizycznego kierowcy mogą się u niego pojawić pierwsze epizody wymienionych wcześniej niebezpiecznych zjawisk.

Kolejnym przedmiotem badań symulatorowych, prowadzonych przez lekarzy, farmaceutów, fizjologów i psychologów, jest ocena wpływu substancji psychoaktywnych (używek i leków) na prowadzenie pojazdów. Liczna grupa badań w tym obszarze dotyczy wpływu alkoholu (39,40), narkotyków i leków przeciwbólowych (41,42), przeciwalergicznym (43), psychotropowych, w tym antydepresantów (44,45), oraz środków nasennych (46) czy psychostymulujących (47).

Potrzebę takich badań ilustruje przykład osób chorych na depresję. Choroba ta powoduje m.in. zaburzenia koncentracji, zmęczenie i senność, a jej leczenie nie jest pozbawione skutków ubocznych. Zauważono, że stosowanie trójpierścieniowych środków antydepresyjnych i leków z grupy benzodiazepin nawet kilkakrotnie zwiększa ryzyko wypadku (48). Nie ulega więc wątpliwości, że zarówno osoby chore, jak i stosujące te substancje w terapii nie powinny prowadzić pojazdów ani obsługiwać maszyn. Podejmuje się więc badania nad wpływem nowszych leków na sprawność prowadzenia pojazdów. Wyniki są obiecujące.

W grupie badanych, którym podawano leki z grupy inhibitorów wychwyty zwrotnego serotoniny i noradrenaliny, po 14 dniach nastąpiło istotne zmniejszenie się symptomów depresji, a u 78% z nich funkcje psychomotoryczne poprawiały się na tyle, że nie było przeciwwskazań do prowadzenia przez nich pojazdów (45). Według danych przytaczanych w raporcie Dyrekcji Generalnej Zdrowia i Ochrony Konsumenta Unii Europejskiej depresja i związane z depresją problemy dotyczą 2–10% Europejczyków (49). To duża grupa potencjalnych kierowców. Dzięki tego typu badaniom chorzy mają szansę na terapię farmakologiczną pozbawioną uciążliwych skutków ubocznych i na powrót do roli kierowcy.

Symulatory jazdy są wykorzystywane także w badaniach dotyczących wpływu procesów starzenia się na zdolność do kierowania pojazdami. Jak wiadomo, sprawność poznawcza i motoryczna — niezbędne do obsługi maszyn — z wiekiem ulegają pogorszeniu (27,50–57). W badaniach podłużnych przeprowadzonych na kierowcach, operatorach sprzętu do robót ziemnych i urządzeń pokrewnych oraz operatorach maszyn górniczych stwierdzono, że istotne obniżenie sprawności intelektualnej, procesów poznawczych, funkcji psychofizycznych i psychomotorycznych następuje po około 50. roku życia (57).

W badaniu symulatorowym dotyczącym zachowań na skrzyżowaniu bez sygnalizacji stwierdzono, że starsi kierowcy (większość badanych miała 60 i więcej lat) potrzebowali więcej czasu na wykonanie złożonego manewru skrętu w prawo w ruchu lewostronnym. Taki manewr wymaga koordynacji kilku czynności (hamowania, zmiany biegów itd.) i pochłania wiele zasobów poznawczych (24). Dzięki badaniom na symulatorach stwierdzono także, że starsi kierowcy mają trudności w adekwatnym ocenianiu prędkości nadjeżdżających samochodów. W przypadku samochodów poruszających się szybko ocena ta jest niedoszacowana,



co w połączeniu z wolniejszym tempem wykonywania manewru skręcania stwarza realne zagrożenie (58).

Jeśli weźmie się pod uwagę prognozy demograficzne Organizacji Narodów Zjednoczonych (59) — według których do 2050 roku populacja osób ponad 60-letnich ma wzrosnąć do 2 miliardów (22% wszystkich ludzi) — można oczekiwać, że w przyszłości duży odsetek czynnych kierowców będą stanowiły osoby starsze. Z tego względu konieczne już teraz jest skierowanie uwagi na tę grupę kierowców o podwyższonym ryzyku wypadków. Niewykluczone, że dane z wyników badań wymuszają zmiany w przepisach i w organizacji ruchu drogowego (np. przystosowanie oznaczeń, programowania sygnalizacji świetlnej), które będą przyjazne dla starszych użytkowników dróg.

Wraz z rozwojem technologii coraz częściej zaczęto wykorzystywać możliwości, jakie daje kreowanie wirtualnej rzeczywistości, w terapii psychologicznej. Rzeczywistość wirtualna ma szczególnie zastosowanie w poznawczo-behawioralnej terapii zaburzeń lękowych, w której wykorzystuje się ekspozycję na bodźce lękotwórcze. Opublikowane w 2008 roku metaanalizy skuteczności terapii ekspozycyjnej z zastosowaniem rzeczywistości wirtualnej (virtual reality therapy — VERT) wykazały, że jest ona niezwykle skuteczna w porównaniu do klasycznych metod terapii zaburzeń lękowych (60,61). W literaturze przedmiotu zaczynają pojawiać się doniesienia dotyczące wykorzystania VERT w terapii lęku przed jazdą samochodem i terapii objawów zaburzenia po stresie traumatycznym (posttraumatic stress disorder — PTSD), który jest skutkiem uczestnictwa w wypadku drogowym.

Terapia ekspozycyjna z zastosowaniem rzeczywistości wirtualnej opiera się na założeniach teorii przetwarzania emocji Foa i Kozak (62), zgodnie z którą w procesie terapii ekspozycyjnej dochodzi do zastąpienia starych struktur pamięci, wywołujących lęk, nowymi — pozbawionymi właściwości lękotwórczych. Podczas tej terapii doprowadza się do aktywacji struktur lękowych poprzez wyobrażanie lub ekspozycję *in vivo* na bodźce rozpoznawane przez pacjenta jako źródło lęku. Z jednej strony, zastosowanie możliwości, jakie daje rzeczywistość wirtualna w kreowaniu ekspozycji na bodźce lękotwórcze, sprawia, że powstały obraz jest bardziej wyrazisty niż wydobywane z pamięci wspomnienia zagrożenia lub wyobrażanie ich sobie — zwiększa się więc jego siła oddziaływania na pacjenta. Z drugiej strony, wykorzystanie rzeczywistości wirtualnej jest bezpieczniejsze dla pacjenta niż ekspozycja *in vivo*, która ponadto nie we wszystkich sytuacjach jest możliwa.

Terapia ekspozycyjna z zastosowaniem rzeczywistości wirtualnej okazuje się skuteczna w leczeniu fobii specyficznych, w tym lęku przed jazdą samochodem. Interesujące dane na temat jej skuteczności przedstawiła Wald (63,64). Z wykorzystaniem stosunkowo prostego symulatora jazdy (działającego w oparciu o komputer PC z akceleratorem grafiki 3D) udało się jej ograniczyć natężenie objawów lękowych u poddawanych terapii pacjentów. Ograniczeniem analiz przeprowadzonych przez Wald była niewielka, bo 5-osobowa grupa pacjentów. Prace autorki należy jednak uznać za pionierskie i obiecujące.

Podobnie, za pionierskie należy uznać próby wykorzystania symulatorów jazdy w terapii objawów PTSD pojawiających się na skutek uczestnictwa w wypadku drogowym, choć wykorzystywano je z powodzeniem (65). Należy je traktować jako inspirację do dalszych systematycznych studiów. Wprowadzenie symulatorów jazdy jako narzędzia przydatnego w terapii stanów lękowych związanych z poruszaniem się na drogach ma podstawową przewagę nad ekspozycją *in vivo* i technikami ekspozycyjnymi opartymi na wyobrażeniu — umożliwia kontrolowanie natężenia bodźców awersyjnych, pozwala na tworzenie i eksponowanie różnych wariantów scenariuszy. Teoretycznie ułatwia to proces odwrażliwiania, kluczowy dla skuteczności działań terapeutycznych.

WADY BADAŃ SYMULATOROWYCH

Badania czynników i zjawisk związanych z poruszaniem się na drogach z wykorzystaniem symulatorów jazdy wydają się bardzo obiecujące i pozwalają na dokonywanie precyzyjnych pomiarów w warunkach zbliżonych do sytuacji rzeczywistej. Nie są to jednak narzędzia wolne od wad. Po pierwsze, należy pamiętać, że zachowanie kierowcy na symulatorze jest dobrym, ale jednak tylko przybliżeniem jego reakcji w warunkach rzeczywistych. W dalszym ciągu jednak nie uzyskuje się wglądu w procesy wolicjonalne, krytyczne z punktu widzenia zachowania na drodze. Po drugie, wysoki koszt budowy i eksploatacji symulatorów sprawia, że nie mogą być one powszechnie stosowane w badaniach zdolności do prowadzenia pojazdów. Na inwestycję w budowę zaawansowanych symulatorów mogą pozwolić sobie tylko niektóre instytucje wojskowe, naukowe i laboratoria producentów samochodów, które wykorzystują je przede wszystkim do badań eksperymentalnych.



PODSUMOWANIE

Wymienione w niniejszej pracy zalety symulatorów jazdy i szeroki wachlarz zastosowań w badaniach mogą napawać optymizmem. Zmniejszenie kosztów i wzrost dostępności — co należy do podstawowych wad metody — pozostaje prawdopodobnie kwestią czasu.

Niezależnie od entuzjazmu, jakie wywołują wśród badaczy możliwości symulatorów, oraz niedosytu, jaki mogą wywoływać ich ograniczenia, prawdopodobnie największe wyzwanie dla ery badań symulatorowych zawarte jest w pytaniu, czy tak naprawdę jesteśmy w stanie korzystać z wyników badań z zastosowaniem tego narzędzia. W dziedzinie badań nad bezpieczeństwem ruchu drogowego danych jest dużo, ale nie zawsze są z nich wyciągane praktyczne wnioski. Odpowiedź na kluczowe zagadnienia w tej dziedzinie są ukryte w już istniejących wynikach. Same dane, choćby najbardziej szczegółowe, nigdy nie będą receptą na istniejące problemy. Problem tkwi w tym, że nie zawsze wyniki badań przekładają się na praktykę z powodu trudności prawnych i ekonomicznych. Zdaniem niektórych rozwój tak skomplikowanej aparatury powinien wynikać z rzeczywistego zapotrzebowania na tego typu narzędzia wtedy, gdy dotychczas stosowane metody są niewystarczające. Tymczasem budowanie coraz bardziej wyrafinowanych symulatorów przybiera charakter tworzenia maszyny dla niej samej (66). Inwestowanie ogromnych środków w budowę i eksploatację symulatora po to, by potwierdzić wnioski znane od dawna (np. wpływ alkoholu na prowadzenie pojazdu), jest dla nauki i praktyki bezcelowe, a także ekonomicznie nieuzasadnione. Symulatory staną się naprawdę wartościowym wkładem w metodologię badań nad uwarunkowaniami bezpieczeństwa na drogach, gdy uzyskane dzięki nim wyniki przyniosą realne korzyści w dwojakiej postaci:

- materialnej, polegającej na:
 - zmniejszeniu liczby wypadków i kolizji,
 - zmniejszeniu kosztów związanych z odszkodowaniami i leczeniem ofiar wypadków,
 - zmniejszeniu kosztów likwidacji skutków wypadków (koszty interwencji służb ratowniczych);
- niematerialnej, polegającej na:
 - zmniejszeniu liczby osób, które w wyniku wypadków tracą życie lub zdrowie.

Pomijając kwestię, czy dane uzyskane w badaniach symulatorowych znajdą praktyczne zastosowanie, warto pamiętać, że niezależnie od stopnia technicznego zaawansowania stosowanych narzędzi o wartości wyników projektu badawczego decyduje jakość meryto-

ryczna tego projektu, sposób przeprowadzenia badania, metoda analiz i interpretacja danych.

Korzystając z dotychczasowych doświadczeń i wiedzy w zakresie badań na symulatorach jazdy i dostrzegając potrzebę prowadzenia badań nad uwarunkowaniami bezpieczeństwa na drodze, Instytut Medycyny Pracy w Łodzi we współpracy z Wojskowym Instytutem Medycyny Lotniczej w Warszawie realizuje w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka projekt badawczy pn. „Zintegrowany system monitorowania stanu psychofizycznego kierujących pojazdami w celu minimalizacji zagrożeń w ruchu drogowym”. Badania przeprowadzone w ramach tego projektu pozwolą wyjaśnić, jaki wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego ma stan psychofizyczny kierowców. Ponadto w zestawieniu z danymi uzyskanymi na symulatorze zostaną ocenione dotychczas stosowane metody pomiaru sprawności psychofizycznej kierujących pojazdami i wybrane najtrafniejsze z nich. Zakładamy, że stworzony w ramach projektu system monitorowania zapewni właściwą kwalifikację do zawodu kierowcy, która jest bardzo ważna z punktu widzenia profilaktyki wypadkowej.

PIŚMIENNICTWO

1. Blana E.: Driving simulator validation studies. A literature review: Institute of Transport Studies [Working Paper 480]. University of Leeds, Leeds 1996
2. Blana E.: A Survey of Driving Research Simulators Around the World: Institute of Transport Studies [Working Paper 481]. University of Leeds, Leeds 1996
3. Lozia Z.: Symulatory jazdy samochodem. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008
4. Straus S.: New, Improved, Comprehensive and Automated Driver's License Test and Vision Screening System: Arizona Department of Transportation [Final Report 559]. ESRA Consulting Corporation, Boca Raton 2005
5. Lee G.C.H., Yoo Y., Jones S.: Investigation of driving performance, vection, postural sway, and simulator sickness in a fixed-based driving simulator. *Comput. Ind. Eng.* 1997;33(3-4):533-536
6. Brooks J.O., Goodenough R.R., Crisler M.C., Klein N.D., Alley R.L., Koon B.L. i wsp.: Simulator sickness during driving simulation studies. *Acc. Anal. Prev.* 2010;42(3):788-796
7. Yan X., Abdel-Aty M., Radwan E., Wang X., Chilakapati P.: Validating a driving simulator using surrogate safety measures. *Acc. Anal. Prev.* 2008;40(1):274-288
8. George C.F.P.: Driving simulators in clinical practice. *Sleep Med. Rev.* 2003;7(4):311-320



9. Contardi S., Pizza F., Sancisi E., Mondini S., Cirignotta F.: Reliability of a driving simulation task for evaluation of sleepiness. *Brain Res. Bull.* 2004;63(5):427–431
10. Philip P., Taillard J., Klein E., Sagaspe P., Charles A., Davies W.L. i wsp.: Effect of fatigue on performance measured by a driving simulator in automobile drivers. *J. Psychosom. Res.* 2003;55(3):197–200
11. Park G.D., Ware J.C., May J.F., Rosenthal T.J., Guibert M.R., Allen R.W. [red.]: *The Effects of Sleep Deprivation on Simulator Driving as Compared with other Psychomotor Tests.* Fourth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Washington 2007
12. Törnros J.: Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel — A validation study. *Acc. Anal. Prev.* 1998;30(4):497–503
13. De Valck E., Quanten S., Cluydts R., Berckmans D.: Day versus night driving in real traffic and on a driving simulator during an 800km all-highway drive. *Int. J. Vehicle Des.* 2006;42(1):119–133
14. Maruyama Y., Yamazaki F.: Driving simulator experiment on the moving stability of an automobile under strong crosswind. *J Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 2006;94(4):191–205
15. Parker M.W., Shoop S.A., Coutermarsh B.A., Wesson K.D., Stanley J.M.: Verification and validation of a winter driving simulator. *J. Terramech.* 2009;46(4):127–139
16. Cantin V., Lavalliere M., Simoneau M., Teasdale N.: Mental workload when driving in a simulator: Effects of age and driving complexity. *Acc. Anal. Prev.* 2009;41(4):763–771
17. Chan E., Pradhan A.K., Pollatsek A., Knodler M.A., Fisher D.L.: Are driving simulators effective tools for evaluating novice drivers' hazard anticipation, speed management, and attention maintenance skills? *Transport. Res. [F]* 2010;13(5):343–353
18. Dols J., Ferrandis X., Zafra J.M., Ordeig I., Munoz E.: The SEMAV simulator as a disabled driver rehabilitation tool. W: Buhler C., Knops H. [red.]. *Assistive Technology on the Threshold of the New Millennium.* IOS Press, Amsterdam 1999, ss. 225–232
19. Marcotte T.D., Rosenthal T.J., Corey-Bloom J., Roberts E., Lampinen S., Allen R.W. [red.]: *The Impact of Cognitive Deficits and Spasticity on Driving Simulator Performance in Multiple Sclerosis.* [Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design]. Rockport, Maine 2005
20. Reinach S.J., Rizzo M., McGehee D.V.: Driving with Alzheimer disease: The anatomy of a crash. *Alzheimer Dis. Assoc. Disord.* 1997;11:21–27
21. Marcotte T.D., Heaton R.K., Wolfson T., Taylor M.J., Alhassoon O., Arfaa K i wsp.: The impact of HIV-related neuropsychological dysfunction on driving behavior. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 1999;5(7):579–592
22. Orth M., Herting A., Duchna H.W., Walther J.W., de Zeeuw J., Bauer T.T. i wsp.: Driving simulator performance in patients with obstructive sleep apnea syndrome. What consequences for driving capability? *Dtsch. Med. Wochenschr.* 2005;130(45):2555–2560
23. Lowden A., Anund A., Kecklund G., Peters B., Akerstedt T.: Wakefulness in young and elderly subjects driving at night in a car simulator. *Acc. Anal. Prev.* 2009;41(5):1001–1007
24. Alexander J., Barham P., Black I.: Factors influencing the probability of an incident at a junction: results from an interactive driving simulator. *Acc. Anal. Prev.* 2002;34(6):779–792
25. De Waard D., Kruizinga A., Brookhuis K.A.: The consequences of an increase in heavy goods vehicles for passenger car drivers' mental workload and behaviour: A simulator study. *Acc. Anal. Prev.* 2008;40(2):818–828
26. Akerstedt T., Peters B., Anund A., Kecklund G.: Impaired alertness and performance driving home from the night shift: a driving simulator study. *J. Sleep Res.* 2005;14(1):17–20
27. Silber B.Y., Papafotiou K., Croft R.J., Ogden E., Swann P., Stough C.: The effects of dexamphetamine on simulated driving performance. *Psychopharmacology (Berl.)* 2005;179(3):536–543
28. Horberry T., Anderson J., Regan M.A.: The possible safety benefits of enhanced road markings: A driving simulator evaluation. *Transport. Res. [F]* 2006;9(1):77–87
29. Baldauf D., Burgard E., Wittmann M.: Time perception as a workload measure in simulated car driving. *Appl. Ergon.* 2009;40(5):929–935
30. Patten C.J.D., Kircher A., Östlund J., Nilsson L.: Using mobile telephones: cognitive workload and attention resource allocation. *Acc. Anal. Prev.* 2004;36(3):341–350
31. Törnros J.E.B., Bolling A.K.: Mobile phone use — Effects of handheld and handsfree phones on driving performance. *Acc. Anal. Prev.* 2005;37(5):902–909
32. Matthews G., Desmond P.A.: Stress as a factor in the design of in-car driving enhancement systems. *Travail Hum.* 1995;58(2):109–129
33. Young M.S., Mahfoud J.M., Walker G.H., Jenkins D.P., Stanton N.A.: Crash dieting: The effects of eating and drinking on driving performance. *Acc. Anal. Prev.* 2008;40(1):142–148
34. Przybyłowski T.: Wpływ zaburzeń oddychania w czasie snu na częstość wypadków komunikacyjnych. *Pneumol. Alergol. Pol.* 2007;75(1):72–76



35. Thiffault P., Bergeron J.: Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study. *Acc. Anal. Prev.* 2003;35(3):381–391
36. Ting P.H., Hwang J.R., Doong J.L., Jeng M.C.: Driver fatigue and highway driving: A simulator study. *Physiol. Behav.* 2008;94(3):448–453
37. Cerezuela G.P., Tejero P., Chóliz M., Chisvert M., Monteagudo M.J.: Wertheim's hypothesis on highway hypnosis: empirical evidence from a study on motorway and conventional road driving. *Acc. Anal. Prev.* 2004;36(6):1045–1054
38. Karrer K., Briest S., Vöhringer-Kuhnt T., Baumgarten T., Schleicher R. [red.]: *Driving without Awareness*. Elsevier, Amsterdam 2005
39. Barkley R.A., Murphy K.R., O'Connell T., Anderson D., Connor D.F.: Effects of two doses of alcohol on simulator driving performance in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychology* 2006; 20(1):77–87
40. Vakulin A., Baulk S.D., Catcheside P.G., Anderson R., van den Heuvel C.J., Banks S. i wsp.: Effects of moderate sleep deprivation and low-dose alcohol on driving simulator performance and perception in young men. *Sleep* 2007;30:1327–1333
41. Galski T., Williams J.B., Ehle H.T.: Effects of opioids on driving ability. *J. Pain Manage.* 2000;19(3):200–208
42. Nilsen H.K., Landrø N.I., Jenssen G.D., Dale O., Borchgrevink P.C.: Effects of Chronic Non-Malignant Pain and a Short-Acting Opioid on Performance in a Driving Simulator. *Eur. J. Pain* 2006;10(Supl. 1):S179
43. Weiler J.M., Bloomfield J.R., Woodworth G.G., Grant A.R., Layton T.A., Brown T.L. i wsp.: Effects of fexofenadine, diphenhydramine, and alcohol on driving performance — A randomized, placebo-controlled trial in the Iowa Driving Simulator. *Ann. Intern. Med.* 2000;132(5):354–363
44. Rapoport M.J., Baniña M.C.: Impact of psychotropic medications on simulated driving — A critical review. *CNS Drugs* 2007;21(6):503–519
45. Brunnaer A., Laux G., David I., Fric M., Hermisson I., Moller H.J.: The Impact of Reboxetine and Mirtazapine on Driving Simulator Performance and Psychomotor Function in Depressed Patients. *J. Clin. Psychiatry* 2008;69(12):1880–1886
46. Partinen M., Hirvonen K., Hublin C., Halavaara M., Hiltunen H.: Effects of after-midnight intake of zolpidem and temazepam on driving ability in women with non-organic insomnia. *Sleep Med.* 2003;4(6):553–561
47. Barkley R.A., Murphy K.R., O'Connell T., Connor D.F.: Effects of two doses of methylphenidate on simulator driving performance in adults with attention deficit hyperactivity disorder. *J. Saf. Res.* 2005;36(2):121–131
48. Ray W.A., Fought R.L., Decker M.D.: Psychoactive Drugs and the Risk of Injurious Motor Vehicle Crashes in Elderly Drivers. *Am. J. Epidemiol.* 1992;136(7): 873–883
49. Henderson J., Henderson G., Lavikainen J., McDavid D.: Actions against depression: improving mental health and well being by combating the adverse health, social and economic consequences of depression. European Commission, Luksemburg 2004
50. Bieliauskas L.A.: Neuropsychological assessment of geriatric driving competence. *Brain Inj.* 2005;19(3): 221–226
51. Coeckelbergh T.R.M., Brouwer W.H., Cornelissen F.W., van Wolffelaar P., Kooijman A.C.: The effect of visual field defects on driving performance — A driving simulator study. *Arch. Ophthalmol.* 2002;120(11):1509–1516
52. Ponsford A.S., Viitanen M., Lundberg C., Johansson K.: Assessment of driving after stroke — A pluridisciplinary task. *Acc. Anal. Prev.* 2008;40(2):452–460
53. Rizzo M., Dingus T.: Driving in neurological disease. *Neurologist* 1996;2(3):150–168
54. Rizzo M., Shi Q., Dawson J.D., Anderson S.W., Kellison I., Pietras T. i wsp.: Stops for cops — Impaired response implementation for older drivers with cognitive decline. *Safety: Older Drivers; Traffic Law Enforcement; Management; School Transportation; Emergency Evacuation; Truck and Bus; and Motorcycles*. Transportation Research Board, Washington 2005, ss. 1–8
55. Szlyk J.P., Pizzimenti C.E., Fishman G.A., Kelsch R., Wetzel L.C., Kagan S. i wsp.: A Comparison of Driving in Older Subjects with and without Age-Related Macular Degeneration. *Arch. Ophthalmol.* 1995;113(8): 1033–1040
56. Szlyk J.P., Seiple W., Viana M.: Relative effects of age and compromised vision on driving performance. *Hum. Factors* 1995;37(2):430–436
57. Waszkowska M.: Zalecana częstotliwość profilaktycznych badań psychologicznych wybranych grup operatorów. *Med. Pr.* 2004;55(2):153–159
58. Staplin L.: Simulator and field measures of driver age differences in left-turn gap judgments. *Transport. Res. Rec.* 1995;1485:49–55
59. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Ageing and Development. World 2009 [raport]. United Nations, New York 2009
60. Powers M.B., Emmelkamp P.M.G.: Virtual reality exposure therapy for anxiety disorders: A meta-analysis. *J. Anxiety Disord.* 2008;22(3):561–569



61. Parsons T.D., Rizzo A.A.: Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: a meta-analysis. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 2008;39(3):250–261
62. Foa E.B., Kozak M.J.: Emotional Processing of Fear: Exposure to Corrective Information. *Psychol. Bull.* 1986;99(1):20–35
63. Wald J., Taylor S.: Efficacy of virtual reality exposure therapy to treat driving phobia: a case report. *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry* 2000;31(3–4):249–257
64. Wald J.: Efficacy of virtual reality exposure therapy for driving phobia: A multiple baseline across-subjects design. *Behav. Ther.* 2004;35(3):621–635
65. Beck J.G., Palyo S.A., Winer E.H., Schwagler B.E., Ang E.J.: Virtual reality exposure therapy for PTSD symptoms after a road accident: An uncontrolled case series. *Behav. Ther.* 2007;38(1):39–48
66. Evans L.: Traffic safety and the driver. Van Nostrand Reinhold, New York 1991

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

