

Koncepcja badawczo-szkoleniowego symulatora samochodu osobowego do badania urządzeń wspomagających kierowców z niepełnosprawnością ruchową

The concept of research and training simulator for testing car assistive devices for physically disabled drivers

JAROSŁAW JANKOWSKI
ANDRZEJ GRABOWSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.88>

Prezentowano założenia oraz prace zrealizowane w ramach projektowania narzędzia wspomagającego zapobieganie wykluczeniu społecznemu osób z niepełnosprawnością ruchową. Projekt badawczo-szkoleniowego symulatora samochodu o masie do 3,5 t pozwoli na badanie przydatności różnych rozwiązań umożliwiających kierowanie pojazdem mechanicznym osobom z dysfunkcją kończyny górnej i dolnej. Symulator – wyposażony w kokpit kierowcy przymocowany do ruchomej platformy, podest, układ projekcji obrazu oraz aplikację – zostanie przetestowany z udziałem 20 osób.

SŁOWA KLUCZOWE: symulator jazdy, niepełnosprawność ruchowa, rzeczywistość wirtualna

Presented are the assumptions and a description of the work carried out as part of the action on the development of a project to assist the prevention of social exclusion of people with disabilities. The developed research and training simulator for a car with a weight of up to 3.5 tons will allow the study of the suitability of various solutions enabling the driving of a motor vehicle for people with upper and lower limb dysfunctions. This simulator equipped with a driver's cockpit attached to the motion platform, platform, image projection system and application will be tested with the participation of 20 people.

KEYWORDS: driving simulator, disabled people, virtual reality

Według danych „Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań” z 2011 r. liczba osób z niepełnosprawnością ogółem (prawie oraz biologicznie) na koniec marca 2011 r. wynosiła ok. 4,7 mln (dokładnie: 4697 tys.) [1]. Tym samym osoby takie stanowiły 12,2% ludności Polski.

Osoby z niepełnosprawnością ruchową to prawie 60% osób z niepełnosprawnością w Polsce. Dane GUS wskazują, że w 2011 r. znaczny odsetek osób z niepełnosprawnością stanowiły osoby biernie zawodowo (79,7% ogółu analizowanej zbiorowości). Pracowało tylko 16,4%. Stopa bezrobocia wśród osób z niepełnosprawnością wyniosła aż 19,2%.

Wyniki Badania Aktywności Ekonomicznej Ludności wskazują, że udział osób z niepełnosprawnością wśród ogółu osób zarejestrowanych w powiatowych urzędach pracy w grudniu 2016 r. wyniósł 7%.

Z przedstawionych danych wynika, że istnieje potrzeba minimalizowania skutków niepełnosprawności poprzez pomoc w aktywizowaniu tej grupy społeczeństwa, np. w postaci likwidacji barier w swobodnym przemieszczaniu się. Ograniczona mobilność przekładająca się na ograniczoną samodzielność może się przyczyniać do izolacji tych osób w społeczeństwie i obniżenia ich samooceny, co może prowadzić do stanów depresyjnych czy obniżonego nastroju.

Bariery w swobodnym przemieszczaniu się osób z niepełnosprawnością minimalizuje się np. przez usuwanie przeszkód architektonicznych, ale również dostosowanie pojazdów komunikacji zbiorowej do transportu osób z tej grupy [2]. Osoby z niepełnosprawnością ruchową mogą również kierować pojazdami mechanicznymi, jednak zarówno taki kierowca, jak i pojazd muszą spełniać pewne warunki [3].

Do czynników decydujących o możliwości kierowania samochodem przez osoby z niepełnosprawnością należą stopień i rodzaj niepełnosprawności, możliwość dostosowania samochodu do specyficznych potrzeb oraz lęk przed kierowaniem samochodem z wykorzystaniem specjalnego sprzętu. Na podstawie danych GUS jako najczęstszą przyczynę niepełnosprawności wymienia się schorzenia układu krążenia, narządów ruchu oraz schorzenia neurologiczne. Zgodnie z opracowaniem przedstawionym na stronie internetowej [4] możliwa jest adaptacja samochodu do 12 konfiguracji dysfunkcji kończyn górnych i dolnych oraz dla osób niskiego wzrostu.

Dostosowanie samochodu wymaga zazwyczaj:

- montażu obrotowego siedzenia,
- montażu uchwytu ułatwiającego wejście do samochodu,
- przedłużenia pedałów,
- wprowadzenia lewego pedału gazu,
- montażu urządzenia do ręcznej obsługi gazu i hamulca,
- zastosowania sprzęgła automatycznego,
- zamocowania gałek na kierownicy pojazdu,
- zastosowania pulpitu sterowniczego do obsługi kierunkowskazów, świateł samochodowych, wycieraczek i sygnału dźwiękowego.

W Polsce istnieje dobrze rozwinięta sieć punktów adaptacji pojazdów do potrzeb osób z niepełnosprawnością. Serwisy wykorzystują produkty zagranicznych firm oraz polskie rozwiązania (np. firmy CEBRON). Ważnym dla niepełnosprawnych miejscem jest również Centrum Usług Motoryzacyjnych dla Osób Niepełnosprawnych przy

* Dr inż. Jarosław Jankowski (jajan@ciop.pl), dr hab. inż. Andrzej Grabowski, prof. CIOP-PIB (anagra@ciop.pl) – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Instytucie Transportu Samochodowego – pierwsza w Polsce instytucja zapewniająca kompleksowy system wsparcia mobilności osób z niepełnosprawnością ruchową.

Stopień oraz rodzaj niesprawności ruchowej (nabytej lub wrodzonej) wpływają bezpośrednio na postrzeganie przez te osoby siebie jako kierowców. Szacuje się, że w Polsce jest ok. 200 tys. kierowców z niepełnosprawnością, co stanowi mały odsetek wszystkich osób z niepełnosprawnością [5].

Symulatory jazdy dla osób z niepełnosprawnością mogą być przydatne w przekonaniu takich osób do zdobycia prawa jazdy czy posiadania dostosowanego samochodu osobowego. Symulatory pomagają w testowaniu możliwości ruchowych osoby w kierowaniu dostosowanym samochodem. Zaletą tego typu symulatorów jest to, że uczestnik w sposób bezpieczny (dla siebie, potencjalnych użytkowników dróg oraz sprzętu) testuje konkretne rozwiązania, jednocześnie zwiększając doświadczenie w kierowaniu pojazdem, a umiejętności zdobyte w trakcie takiej symulacji skracają czas szkolenia w rzeczywistych warunkach.

Symulatory jazdy są stosowane w procesie szkolenia kierowców samochodów ciężarowych i autobusów. Urządzenia te muszą spełniać wymagania określone w rozporządzeniu [6] (definiujące wysokiej klasy symulatory [7]), które stanowi transpozycję do porządku prawnego Rzeczypospolitej Polskiej przepisów dyrektywy 2003/59 WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 15 lipca 2013 r. W przypadku kierowców pojazdów osobowych nie ma wymogów formalnych, a jedynie zalecenia o korzystaniu z symulatorów jazdy w procesie szkolenia kierowców.

Najnowsze, z okresu ostatnich trzech lat, doniesienia literaturowe o symulatorach jazdy dla osób z niepełnosprawnością są nieliczne. W Polsce takim przykładem jest symulator opracowany na Politechnice Śląskiej [8]. Wykorzystuje on ruchomą platformę Stewarta, na której został zamocowany samochód osobowy z dostosowaniami dla osób z dysfunkcjami kończyn dolnych. Obraz wyświetla się na trzech ekranach z przodu oraz jednym zamontowanym z tyłu samochodu. Osoba niepełnosprawna wsiada do symulatora z wykorzystaniem podnośnika.

Dostępny jest też stacjonarny symulator [9] do analizy możliwości kierowania przez osoby niepełnosprawne z wykorzystaniem specjalnego osprzętu firmy Autoadapt montowanego w samochodach.

Ograniczona liczba przykładów wykorzystania symulatorów jazdy samochodem wykorzystujących ruchomą platformę dla osób z niepełnosprawnością ruchową potwierdza zasadność działań Pracowni Technik Rzeczywistości Wirtualnej w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. Podjęto tu próbę opracowania stanowiska do symulacji kierowania samochodem przez osoby niepełnosprawne z wybranymi niepełnosprawnościami ruchowymi oraz niedosłuchem.

Metodyka badań i stosowane narzędzia

Działania dotyczące opracowania symulatora zostały rozłożone na trzy etapy. W ostatnim etapie symulator zostanie przetestowany z udziałem 20 ochotników, w tym: 10 osób pełnosprawnych, pięciu osób z dysfunkcją kończyny górnej oraz pięciu osób z dysfunkcją kończyny dolnej. Zakłada się, że osoby biorące udział w badaniu będą miały orzeczenie typu 05-R (upośledzenie narządu ruchu).

Podczas testów zostanie dokonana ocena symulatora z wykorzystaniem ankiet oraz analizy wskaźników obiektywnych. Testy zostaną przeprowadzone w oparciu o metodę *user testing* [10], zakładającą udział osób, które nie są ekspertami w dziedzinie symulatorów jazdy.

W trakcie badań będą zbierane informacje obiektywne dotyczące popełnionych błędów i czasu wykonania zadań (przejazd przez tor przeszkód i zadania specjalne, np. ruszanie pod górę, przejazd po łuku na zakorkowanej ulicy, parkowanie równoległe, przejazd blisko niskich przeszkód). Subiektywna ocena symulatora będzie się odnosić do użyteczności, poziomu generowanych objawów choroby symulatorowej, przydatności oraz realizmu symulacji.

Podczas testów zostaną zastosowane następujące narzędzia badawcze:

- kwestionariusz Kennedy SSQ,
- kwestionariusz modelu akceptacji technologii,
- skrócona wersja kwestionariusza obecności przestrzennej,
- skala użyteczności systemu (*system usability scale*).

Założenia dotyczące budowy i użytkowania symulatora jazdy

Prace rozpoczęto od opracowania założeń dotyczących symulatora oraz jego elementów. Zakłada się, że stanowisko kierowcy zostanie wyposażone w: fotel z modyfikacją ułatwiającą wsiadanie osoby z niepełnosprawnością, pasy bezpieczeństwa, uproszczoną kabinę samochodu osobowego (włącznik świateł drogowych, sygnalizacji dźwiękowej, pedał sprzęgła, hamulca i przyspieszenia, drążek zmiany biegów, hamulec ręczny, panel ze wskaźnikami).

Elementy sterownicze będą dostosowane do potrzeb osób z niepełnosprawnością (dla wybranych niepełnosprawności kończyn dolnych i górnych). Kokpit kierowcy zostanie przymocowany do ruchomej platformy o sześciu stopniach swobody, za pomocą której zostanie odwzorowane położenie katowe bryły wirtualnego samochodu, mające symulować wrażenia związane z hamowaniem, przyspieszaniem czy skręcaniem.

Symulowanie jazdy w oparciu o działanie platformy zostanie przeprowadzone z zaangażowaniem co najmniej trzech stopni swobody. Główna metoda prezentacji obrazu będzie wykorzystywała stereoskopowe okulary projekcyjne, a opcjonalna będzie metoda projekcji trójekranowej. Aplikacja symulatora oraz model samochodu zostaną utworzone w środowisku Unity 3D, które zapewnia pełne wsparcie w tworzeniu aplikacji rzeczywistości wirtualnej.

Środowisko wirtualne symulatora będzie zawierało różnego typu drogi, skrzyżowania oraz przeszkody, drogi w strefie zabudowanej i niezabudowanej, o zmiennym krajobrazie, sygnalizację świetlną, wybrane znaki drogowe pionowe i poziome. Całe środowisko wirtualne będzie umożliwiała jazdę wirtualnym samochodem zgodnie z kodeksem ruchu drogowego. Dodatkowo środowisko będzie wyposażone w plac manewrowy.

Aplikacja będzie umożliwiała wykonywanie manewrów: ruszania, hamowania, skręcania, cofania, przyspieszania i zwalniania z użyciem urządzeń sterowniczych, w tym dźwigni zmiany biegów.

Symulator nie ma symulować jazdy w warunkach ekstremalnych/specjalnych, a jedynie umiarkowaną jazdę podczas sterownia samochodem, z wykorzystaniem oprzyrządowania wspomagającego.

Stanowisko badawcze – ruchoma platforma symulatora jazdy

Korzystając z doświadczenia zespołu badawczego [11], opracowano projekt ruchomej platformy o sześciu stopniach swobody. Platforma będzie miała udźwig 2000 N oraz zapewni translację efektora we wszystkich osiach, co najmniej ± 15 cm, i zmianę jego położenia kątownego, o co najmniej $\pm 15^\circ$. Efektor platformy będzie osiągał chwilowe prędkości translacyjne $\leq \pm 0,3$ m/s oraz chwilowe prędkości kątowe $\leq \pm 30^\circ$ /s, a chwilowe przyspieszenia kątowe $\leq 200^\circ$ /s².

Stanowisko badawcze – wyposażenie symulatora jazdy

W skład wyposażenia symulatora wchodzi kokpit kierowcy, podest oraz system prezentacji obrazu.

Kokpit symulatora zaprojektowano z wykorzystaniem komputerowego modelu człowieka, którego wymiary są zgodne z wymiarami antropometrycznymi 50 centyla. Całość zostanie zbudowana z profili aluminiowych i wyposażona w oryginalny fotel kierowcy, kierownicę oraz deskę rozdzielczą, pedały, hamulec ręczny, wyłączniki i przełączniki świateł, wycieraczek i kierunkowskazów. Mocowanie fotela pozwoli na swobodne jego wysunięcie oraz wykonanie półobrotu (dwa stopnie swobody). Kluczowe elementy sterownicze (moduły), które zostaną poddane oprzyrządowaniu, zostaną zamontowane w sposób umożliwiający szybką wymianę na opcjonalne rozwiązania.

Kolejnym elementem wyposażenia symulatora jazdy dostosowanego do potrzeb osób z niepełnosprawnością jest podest, który umożliwi osobom przemieszczającym się na wózku inwalidzkim dogodny dojazd do fotela samochodu umieszczonego na efektorze platformy. Elementy konstrukcyjne zostały zaprojektowane z wykorzystaniem modułowych profili aluminiowych. Wymiary podestu zostały opracowane zgodnie z wytycznymi zamieszczonymi w literaturze [12].

Ostatnim elementem wyposażenia jest system projekcji obrazu. Symulator zakłada wykorzystanie dwóch form prezentacji obrazu – z użyciem stereoskopowych okularów projekcyjnych (HMD – *head mounted display*) i trzech zestawów projektor–ekran (obraz monoskopowy).

Podstawową formą prezentacji są okulary projekcyjne, natomiast opcją jest rozwiązanie trzyekranowe, możliwe w sytuacji gdy, użytkownik symulatora będzie odmawiał założenia okularów.

Wybrano okulary projekcyjne 3D – wersję konsumencką modelu VIVE firmy HTC.

Opcjonalna wersja prezentacji obrazu wymagała opracowania projektu odpowiedniej konstrukcji, na której zostaną zamocowane ekrany złączone ze sobą i ustawione pod kątem 120° , oddalone od uczestnika symulacji o ok. 2 m.

Podsumowanie

Symulator pozwoli na wirtualne prototypowanie oraz testowanie rozwiązań umożliwiających osobom z wybranymi niepełnosprawnościami ruchowymi kierowanie pojazdem mechanicznym, takich jak: ręczny gaz i hamulec (np. hamulec poziomy z motocyklową manetką gazu, hamulec i gaz pionowy typu „ciągnij-pchaj” lub hamulec pionowy z gałką gazu), dodatkowe pedały (np. pedał gazu z lewej strony), ręczne sprzęgło lub uchwyty dla kierowców z czę-

ściowo niesprawnymi kończynami górnymi. Symulator będzie dostosowany do możliwości instalacji typowych, wymienionych urządzeń wspomagających osoby z niepełnosprawnościami oraz będzie pozwalał na badanie bardziej zaawansowanych urządzeń, wspomagających kierowców z ubytkiem słuchu, wykorzystujących techniki rzeczywistości wzbogaconej i prezentacji dodatkowych informacji o ruchu ulicznym w formie odpowiednio spreparowanych danych wizualnych.

Symulator będzie mógł być wykorzystywany do szkolenia osób z niepełnosprawnościami w zakresie kierowania pojazdami. Będzie dostosowany do potrzeb osób z niepełnosprawnościami poprzez konstrukcję ułatwiającą wejście do kokpitu symulatora oraz instalację urządzeń wspomagających kierowanie pojazdem.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017–2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Główny Urząd Statystyczny. „Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011”. Raport z wyników. Warszawa: Zakład Wydawnictw Statystycznych, 2012.
2. Zabłocki M., Butlewski M., Sydor M. „Ergonomiczne rozwiązania techniczne dla osób z niepełnosprawnościami stosowane w transporcie zbiorowym”. *Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka*. 10 (2017): s. 15–19.
3. Sydor M., Zabłocki M., Butlewski M. „Ergonomiczne wymagania stawiane pojazdowi samochodowemu dla osób z niepełnosprawnościami”. *Bezpieczeństwo pracy – nauka i praktyka*. 10 (2017): s. 10–14.
4. https://cum.its.waw.pl/doc_media/wezel_3884/Adaptacje_a_rodzaj_dysfunkcji.pdf (dostęp: 3.11.2017).
5. Stasiak-Cieślak B., Dziedzic P., Sowiński A., Jarosiński W. „Kontrola techniczna pojazdów z adaptacjami przeznaczonymi dla osób z niepełnosprawnościami. Pilotażowe badanie ankietowe wśród diagnostów stacji kontroli pojazdów”. *Transport Samochodowy*. 3 (2016): s. 89–106.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury RP z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie urządzenia do symulowania jazdy w warunkach specjalnych (Dz.U. z 2011 r. nr 81, poz. 444).
7. Lozia Z. „Praktyczne zastosowania symulatorów jazdy samochodem”. *Postępy Nauki i Techniki*. 14 (2012): s. 148–156.
8. Kost G., Ociełka P., Herbuś K. „Symulator samochodu dla osób niepełnosprawnych”. *Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe*. 1, 34 (2014): s. 175–194.
9. <https://www.autoadapt.com/en/products/various/driver-test-station/> (dostęp: 3.11.2017).
10. Bach C., Scapin D.L. “Comparing Inspections and User Testing for the Evaluation of Virtual Environments”. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 26, 8 (2010): s. 786–824.
11. Jankowski J., Welenc H. „Rozbudowa laboratoryjnego symulatora jazdy samochodem dostawczym wykorzystującego ruchomą platformę”. *Mechanik*. 89, 7 (2016): s. 706–707.
12. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. „Projektowanie obiektów, pomieszczeń oraz przystosowanie stanowisk pracy dla osób niepełnosprawnych – ramowe wytyczne”. Warszawa, 2014.