

Mgr inż. Jarosław JANKOWSKI

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.245

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Pracownia Technik Rzeczywistości Wirtualnej

SYMULATOR JAZDY SAMOCHODU DOSTAWCZEGO WYKORZYSTUJĄCY RUCHOMĄ PLATFORMĘ – KONCEPCJA STANOWISKA BADAWCZEGO

Streszczenie: Artykuł przedstawia koncepcję stanowiska badawczego składającego się z ruchomej platformy o 6 stopniach swobody, uproszczonego kokpitu samochodu dostawczego, systemu śledzenia ruchu członów człowieka oraz stereoskopowych okularów projekcyjnych. Zaplanowane badania na zaprezentowanym stanowisku badawczym dotyczą m.in. porównania stopnia wystąpienia objawów choroby symulatorowej podczas użytkowania dwóch różnych metod prezentacji środowiska wirtualnego, tj. wykorzystującej projekcyjne okulary stereoskopowe i projekcję ekranową.

VANS'S DRIVING SIMULATOR EQUIPPED WITH MOTION PLATFORM – CONCEPT OF RESEARCH STAND

Abstract: The article presents concept of the research stand consisting of 6 degrees of freedom mobile platform equipped with a simplified vans cockpit, a tracking system and Head Mounted Display. Scheduled studies based on presented research stand, relate to assessment of simulators sickness depending upon the presentation methods: HMD vs. projection screen.

Słowa kluczowe: platforma ruchoma, rzeczywistość wirtualna, symulator jazdy, choroba symulatorowa

Keywords: motion platform, virtual reality, driving simulator, simulator sickness

1. WPROWADZENIE

Symulatory jazdy, oprócz przemysłu rozrywki, znajdują zastosowanie w edukacji i różnego rodzaju badaniach, oferując kontrolowane, bezpieczne narzędzie jako alternatywę dla rzeczywistej jazdy. Wyzwaniem dla twórców różnego typu symulatorów jazdy jest wywołanie identycznych zachowań użytkownika symulatora jak w przypadku prowadzenia rzeczywistego pojazdu. Aby zbliżyć się do tego celu, ośrodki badawcze i firmy tworzące tego typu symulatory stosują rzeczywiste samochody lub kabiny różnego typu pojazdów umieszczonych na specjalnej platformie ruchomej o wielu stopniach swobody, uzyskując możliwość odwzorowania ruchu symulowanego pojazdu (np. podczas symulowanego poślizgu pojazdu). W Polsce wymagania dotyczące parametrów symulatorów jazdy wysokiej klasy określa rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 8 kwietnia 2011 w sprawie urządzenia do symulowania jazdy w warunkach specjalnych [1], które stanowi transpozycję do porządku prawnego Rzeczypospolitej Polskiej przepisów dyrektywy 2003/59 WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lipca 2013 [2]. Dyrektywa i ww. rozporządzenie odnoszą się

do kierowców zawodowych autobusów i autokarów oraz samochodów ciężarowych o dopuszczalnej masie całkowitej przekraczającej 3,5 tony, tj. symulatorów w zakresie kat. C1, C1+E, C i C+E lub D1, D1 +E, D i D+E prawa jazdy. W wyżej wymienionym rozporządzeniu zdefiniowany jest wysokiej klasy symulator, który m.in. wykorzystuje bardzo kosztowną platformę o sześciu stopniach swobody. Obraz w tym rozwiązaniu prezentowany jest za pomocą projektorów i/lub monitorów LCD w trybie monoskopowym, zastępując lusterka lub stosując je bezpośrednio zamiast szyb w kabinie kierowcy.

Tematyka przedstawianego zagadnienia dotyczy stanowiska badawczego, którego głównym elementem jest funkcjonalny model platformy o 6 stopniach swobody wzmacniającej realizm symulacji. Stanowisko to zostanie użyte w badaniach nad możliwością zastosowania innego typu, sposobu prezentacji obrazu (tj. z wykorzystaniem stereoskopowych okularów projekcyjnych HMD – ang. *Head Mounted Display*) w symulatorze jazdy na przykładzie badawczej wersji symulatora jazdy samochodu ciężarowego nie przekraczającego 3,5 tony dopuszczalnej masy całkowitej (dmc). Dodatkowo na zbudowanym symulatorze zbadany zostanie efekt występowania choroby symulatorowej w sytuacji unieruchomionej platformy w porównaniu z ruchomą platformą przy zastosowaniu nowej formy prezentacji obrazu. Typ samochodu – samochód dostawczy, tj. samochód ciężarowy o dmc < 3,5 tony został wybrany ze względu na ich liczebność (około 79% w grupie samochodów ciężarowych GUS [3]). Dodatkowo samochodami tego typu mogą kierować osoby posiadające kategorię B prawa jazdy, co znacznie zwiększa liczbę odbiorców. Wykonane symulatory jazdy dedykowane tym samochodom nie podlegają zapisom rozporządzenia [1] oraz dyrektywy [2].

2. DOTYCHCZASOWY STAN WIEDZY

Wykorzystywanie symulatorów jazdy jest coraz bardziej powszechne i stosowane przez różne instytucje publiczne i prywatne przedsiębiorstwa [4-6]. Symulator jazdy jest narzędziem rzeczywistości wirtualnej umożliwiającym uczestnikom symulacji prowadzić wirtualny pojazd w zmiennych warunkach (np. terenowo-pogodowych), symulowanych w sposób bezpieczny przy zachowaniu zasad przepisów drogowych. Niejednokrotnie, symulatory są narzędziem badawczym do poznania reakcji kierowcy w różnych, symulowanych warunkach drogowych (np. podczas wystąpienia nagłych zagrożeń na drodze, tj. np. wbiegający ludzie na jezdnię), oceny psychofizycznej, a nawet do oceny nowych projektów dróg i tuneli [7]. Obecnie, symulatory jazdy przeznaczone do zadań badawczych i treningowych najczęściej wykorzystują platformę o 6 stopniach swobody. Przykładem takiego symulatora jest wysokiej klasy symulator jazdy samochodem ciężarowym i autobusem wykonany przez polską firmę ETC-PZL w Warszawie [8]. Kabina zainstalowana jest na ruchomej platformie o 6 stopniach swobody. Przeznaczony jest do symulowania jazdy w warunkach specjalnych i jest zgodny z rozporządzeniem [1]. Stosowanie symulatorów do celów treningowych posiada wiele zalet, a najważniejszą jest minimalizacja zagrożenia osób uczących się i innych uczestników dróg, natomiast jedną z głównych wad jest powodowanie przez symulatory objawów choroby symulatorowej. Choroba ta występuje w sytuacji, gdy w pełni nie ma zgodności między bodźcami wzrokowymi, przedsionkowymi i propioceptywnymi. Niezgodność ta jest największa, wtedy gdy symulatory nie wykorzystują ruchomej platformy do symulowania jazdy. Choroba symulatorowa jest bardzo negatywnym czynnikiem, który może decydować o skróceniu prowadzonego treningu, a w przypadku badań z udziałem symulatora nawet do zakłócenia wyników badań. Istnieje jednak subiektywny wskaźnik, który jest najczęściej stosowany przy określeniu występowania choroby symulatorowej i jest to Kwestionariusz Choroby Symulatorowej SSQ (ang. *Simulator Sickness Questionnaire* – SSQ) opracowany przez Kennedy'ego [9], stosowany również w symulatorach samolotów. Zaletą SSQ jest to, że pozwala na dokonywanie porównań między różnymi symulatorami czy grupami osób

badanych [10]. Autorzy badań [11] przeprowadzili badania z użyciem symulatora w postaci samochodu prowadzonego w rzeczywistości oraz z zastosowaniem okularów projekcyjnych 3D. Badania miały na celu ocenę, w jakim stopniu testowany symulator wywołuje realistyczne reakcje jazdy. Podczas badań stosowano kwestionariusz SSQ. Wyniki wskazały dłuższy czas reakcji i stosowanie mniej dynamicznych przyspieszeń względem jazdy w warunkach normalnych. Na jedną z możliwych przyczyn tych wyników wskazali możliwość obecności choroby symulatorowej. Publikacja [12] zawiera wyniki badań nad występowaniem objawów choroby symulatorowej. Badania przeprowadzone były z symulacją różnych stopni widoczności oraz przy zastosowaniu symulatora statycznego oraz dynamicznego wykorzystującego platformę ruchomą o 6 stopniach swobody (ang. *degrees of freedom* – DoF). W badaniu uczestniczyło 12 mężczyzn w wieku 24-33. Wszyscy posiadali prawo jazdy minimum 5 lat. Wyniki badań wskazały występowanie objawów choroby symulatorowej na najwyższym poziomie podczas testowania symulatora wykorzystującego ruchomą platformę. W pracy przeglądowej [13] autorzy wskazują, iż stosowanie HMD do symulatorów jazdy zdecydowanie zwiększa możliwość wystąpienia choroby symulatorowej. Stosowanie ruchomej platformy w symulatorze niekoniecznie może prowadzić do obniżenia poziomu wystąpienia choroby symulatorowej.

3. METODYKA BADAŃ ORAZ STOSOWANE NARZĘDZIA BADAWCZE

Prace dotyczące przygotowania badań podzielono na trzy etapy. W etapie pierwszym zostało wykonane stanowisko badawcze w postaci platformy ruchomej umożliwiającej symulowanie ruchu pojazdu. W tym celu została zaprojektowana platforma ruchoma o 6 stopniach swobody o hybrydowej architekturze platformy Stewarta zapewniająca 3 translacyjne oraz 3 obrotowe stopnie swobody. W kolejnym etapie zostanie wykonany uproszczony kokpit samochodu ciężarowego typu dostawczego, przygotowane zostanie oprogramowanie dla sterowników silników, oprogramowanie komputerowe kontrolujące pracę sterowników silników, oprogramowanie komputerowe umożliwiające symulowanie ruchu pojazdu w oparciu o uproszczony model fizyczny samochodu dostawczego oraz oprogramowanie do prezentacji obrazu wirtualnego środowiska. Ostatnim elementem zadań drugiego etapu jest przeprowadzenie testów funkcjonalnej platformy i oprogramowania komputerowego oraz wprowadzenie odpowiednich poprawek. W ramach etapu 3 planuje się przeprowadzenie badań mających na celu przetestowanie wykonanej platformy w oparciu o opracowaną aplikację szkoleniową uruchomioną na badawczym symulatorze kierowców samochodu ciężarowego o dmc < 3,5 t.

3.1. Koncepcja badań

Podczas badań porównany zostanie wpływ czynników, takich jak ruch platformy oraz sposób przedstawiania informacji graficznych na wystąpienie objawów choroby symulatorowej oraz subiektywnie postrzegany realizm symulacji. Ruch platformy zostanie ograniczony do 3 stopni swobody w celu opracowania niskokosztowej platformy do tego rodzaju symulatorów. Wytypowanie wybranych 3 stopni swobody nastąpi w trzecim etapie po wstępnych, pilotażowych testach.

W ramach tych testów, w których uczestniczyć będzie grupa około 10 osób – (pracownicy CIOP – PIB), wykonawcy wybiorą jedną z 3 konfiguracji:

1. obrót wokół osi pionowej, poprzecznej i strzałkowej (osie główne człowieka),
2. obrót wokół osi strzałkowej i poprzecznej oraz translacja w kierunku osi strzałkowej,
3. obrót wokół osi strzałkowej i poprzecznej oraz translacja w kierunku osi pionowej.

Z powyższych konfiguracji wynika, że wstępnym badaniom podlegać będzie 5 stopni swobody (oprócz ruchu w kierunku osi poprzecznej). Z tego względu najbardziej rozsądnym rozwiązaniem jest zastosowanie platformy ruchomej o 6 stopniach swobody.

Badania zostaną przeprowadzone na stanowisku przygotowanym w czterech wariantach:

1. ruchoma platforma wykorzystująca trzy stopnie swobody, obraz stereoskopowy wyświetlany jest poprzez hełm projekcji 3D (ang. *Head Mounted Display*);
2. ruchoma platforma wykorzystująca trzy stopnie swobody, obraz monoskopowy wyświetlany jest metodą projekcyjną;
3. unieruchomiona platforma, obraz stereoskopowy wyświetlany jest w HMD;
4. unieruchomiona platforma, obraz monoskopowy wyświetlany jest metodą projekcyjną.

W badaniach weźmie udział 30-osobowa grupa mężczyzn w wieku 20-24 lat (przebadanych pod kątem wystąpienia choroby lokomocyjnej), posiadających prawo jazdy co najmniej rok.

Badani będą podzieleni na dwie grupy, które rozpoczną badanie od innego typu opracowanej wersji badawczej symulatora. Pierwsza grupa osoby 1-15 testować będą zestawy 1 i 3 natomiast 16-30 – zestawy 2 i 4. Przed rozpoczęciem badań ochotnicy poproszeni zostaną o wypełnienie ankiety osobowej z pytaniami o m.in.: wiek, wykształcenie, posiadane choroby (narządu równowagi, uszu, gardła, oczu, zaziębienia), liczbę godzin snu. Dodatkowo poproszeni zostaną o dokonanie subiektywnej oceny zmęczenia i nastroju przy użyciu skali Grandjeana. W trakcie badań zbierane będą informacje obiektywne dotyczące popełnionych błędów i czasu wykonania zadania (przejazd przez określony tor przeszkód i zadań specjalnych, np. ruszanie pod górę, przejazd po łuku na zakorkowanej ulicy, parkowanie równoległe, przejazd blisko przeszkód). Oprócz wskaźników obiektywnych, poprzez kwestionariusze i ankiety będą zbierane dane na temat występowania choroby symulatorowej i poziomu realizmu symulacji:

- ankieta poziomu lęku – STAI Spielberger,
- Kennedy SSQ [9] – Uczestnicy badań poproszeni zostaną o wypełnienie ankiety w określonych terminach: przed badaniem, po badaniu, pół godziny po badaniu oraz na wieczór tego samego dnia,
- poziomu realizmu symulacji – subiektywna ankieta, np. ocena odwzorowania przyspieszenia, hamowania, skrętu, pytania odnoszące się do grafiki aplikacji,
- poziomu obecności przestrzennej – kwestionariusz obecności przestrzennej (wersja skrócona 6 z 8 pytań na każdy z 8 modułów) [14].

Przebieg badań:

1. Rekrutacja uczestników badań – przeprowadzanie badań pod względem posiadania choroby lokomocyjnej (badanie Coriolisa). Osoby uczestniczące w badaniach muszą spełnić warunek braku choroby lokomocyjnej oraz braku objawów zaziębienia, a także przestrzegać zakazu spożywania używek 8 h przed badaniem i 12 h po badaniu. Dodatkowo osoby zostaną poproszone o odbycie odpowiedniej długości snu pozwalającego na prawidłowy wypoczynek, nie zażywania leków 48 h wcześniej.
2. Trening – osoby zapoznają się z zasadą działania symulatora wyposażonego w ruchomą platformę, testowe użycie symulatora.
3. Badania właściwe, które będą podzielone na dwa cykle, w których testowana będzie, w zależności od podgrupy, każda z dwóch przygotowanych konfiguracji symulatora (badania dwudniowe). Po każdym cyklu osoby biorące udział w badaniu wypełnią kwestionariusz obecności przestrzennej, ankietę z grupą pytań dotyczących subiektywnych odczuć poziomu realizmu w trakcie użytkowania symulatora oraz ankietę dotyczącą objawów choroby symulatorowej.

Po wszystkich badaniach przeprowadzona zostanie analiza statystyczna wyników z wykorzystaniem testów parametrycznych lub nieparametrycznych.

4. STANOWISKO BADAWCZE – RUCHOMA PLATFORMA

Badania zostaną zrealizowane na badawczej wersji symulatora pojazdu samochodu ciężarowego (dostawczego) wykorzystującego ruchomą platformę o 6 stopniach swobody realizującą zmiany położenia w tylko 3 stopniach swobody.

4.1. Założenia konstruktorskie

Przed przystąpieniem do prac nad projektem opracowano założenia, które powinna spełniać ruchoma platforma w celu realizacji zaplanowanych badań.

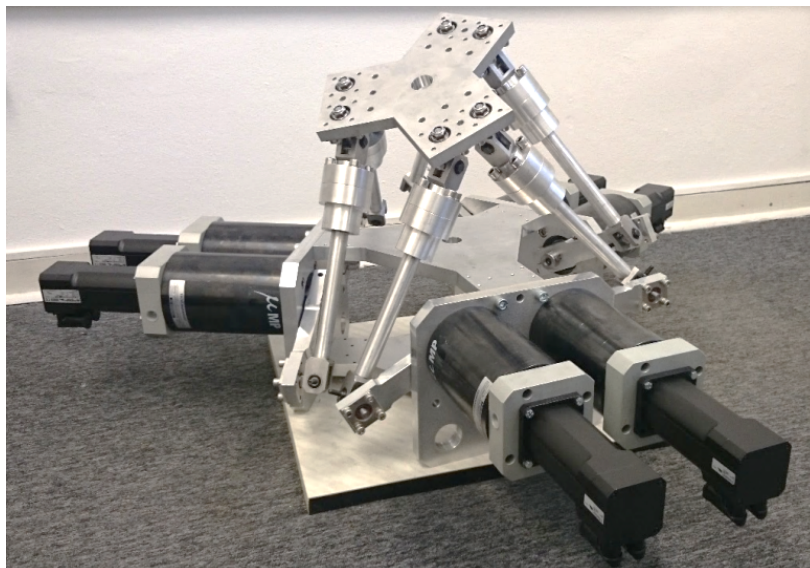
Platforma powinna umożliwić przeprowadzenie wstępnych badań, w których zostanie dokonany wybór 3 określonych, aktywnych stopni swobody podczas badań właściwych. Z zaprezentowanych w koncepcji badań trzech opcjonalnych konfiguracji wynika, że wstępnym badaniom podlegać będzie 5 stopni swobody (oprócz ruchu w kierunku osi poprzecznej). Z tego względu najbardziej rozsądnym rozwiązaniem jest zastosowanie platformy ruchomej o 6 stopniach swobody.

Założenia dotyczące budowanej platformy:

- liczba stopni swobody platformy zapewniająca 3 translacyjne stopnie swobody oraz 3 obrotowe stopnie swobody efektora,
- możliwość aplikacji uproszczonego kokpitu samochodu wraz z siedzeniem kierowcy,
- udźwig co najmniej 150 kg (masa człowieka max. 100 kg oraz masa kabiny około 50 kg),
- translacja platformy we wszystkich osiach co najmniej ± 15 cm,
- zmiana położenia kąтового platformy $\pm 25^\circ$,
- osiągnięcie chwilowych prędkości translacyjnych z przedziału co najmniej $\pm 0,3$ m/s,
- osiągnięcie chwilowych prędkości kątowych z przedziału co najmniej $\pm 30^\circ$,
- osiągnięcie chwilowych przyspieszeń kątowych $\pm 200^\circ/s^2$,
- napęd elektryczny 230 V (podłączony przez zasilacze awaryjne),
- niewielkie rozmiary 1,5 m \times 1,5 m oraz wys. platformy w wersji startowej ok. 0,5 m,
- możliwość transportu na własnym układzie jezdnym (demontowanym),
- architektura hybrydowej platformy Stewarta,
- sterowanie za pomocą komputera klasy PC poprzez złącze USB.

4.2. Projekt ruchomej platformy

W etapie pierwszym została zaprojektowana konstrukcja ruchomej platformy, z wykorzystaniem oprogramowania Solid Works 2014 w wersji testowej. Platforma składa się z 6 zespołów napędowych połączonych w 3 pary rozstawione co 120° . Każda z par zamocowana jest do boku konstrukcji przyjmującej formę kratownicy, zapewniając stabilność mechanizmu. Do każdego wałka roboczego przekładni zespołu napędowego zamocowano korbę, na której końcu znajduje się węzeł kinematyczny 2 klasy, a następnie poprowadzony jest popychacz, który połączony jest z efekтором węzłem kinematycznym 3 klasy. Modelowanie platformy rozpoczęło się od budowy brył trójwymiarowych poszczególnych członów, wykonania pliku złożeniowego z nadaniem więzów w celu weryfikacji ruchliwości, kończąc na rysunkach technicznych w celu wykonania obróbki mechanicznej materiałów metalowych. Wykonano 13 modeli trójwymiarowych oraz 13 rysunków technicznych. 9 elementów zostało wykonanych z aluminium EN-AW2017A oraz 3 ze stali C45. Łącznie zostało wykonanych 69 elementów konstrukcyjnych. Następnie platforma została złożona oraz sprawdzono ruchliwość efektor (rys. 1).



Rys. 1. Ruchoma platforma o 6 stopniach swobody o architekturze hybrydowej platformy Stewarta

4.3. Założenia dotyczące symulatora

Wykonana platforma ruchoma zostanie wykorzystana do wersji laboratoryjnej symulatora jazdy pojazdem w celu odwzorowania przede wszystkim położeń kątowych oraz symulacji hamowania i przyspieszania oraz skręcania. W tym celu zostały opracowane założenia dotyczące wykonania symulatora jazdy.

1. ogólne założenia:

- stanowisko kierowcy wyposażone w fotel kierowcy, pasy bezpieczeństwa, uproszczoną kabinę samochodu dostawczego typu van składającą się z kierownicy, włącznika świateł drogowych, sygnalizacji dźwiękowej, pedałów sprzęgła, hamulca i przyspieszenia, drążka zmiany biegów, drążka hamulca ręcznego,
- manipulacja elementami sterowniczymi kierowcy powinna przekładać się bezpośrednio na ruch i stan pojazdu w warunkach wirtualnych,
- stanowisko kierowcy w pełni odwzorowane w świecie wirtualnym,
- stanowisko kierowcy umieszczone na platformie ruchomej realizujące ruch o 3 stopniach swobody,
- zastosowanie opcjonalnego, projekcyjnego sposobu prezentacji symulowanego obrazu,
- zastosowanie stereoskopowego sposobu prezentacji obrazu za pomocą hełmu projekcyjnego 3D (ang. *Head Mounted Display*),
- zastosowanie oprogramowania umożliwiającego generowanie obrazu trójwymiarowego stereoskopowego, obsługi dźwięków, obsługi i generowania sygnałów sterujących dla ruchomej platformy. Umożliwiającego implementację modelu fizycznego pojazdu lub dostosowanie darmowych silników fizyki (np. Bullet) w celu utworzenia prostego modelu samochodu dostawczego. Ponadto oprogramowanie to powinno umożliwić współdziałanie z systemem śledzenia rąk i głowy (co najmniej 100 Hz) w celu odzwierciedlenia ruchu rąk w wirtualnej kabinie oraz generowania obrazu zależnego od kierunku obserwacji otoczenia przez użytkownika symulatora; pełną integrację z bezprzewodowymi rękawicami rzeczywistości wirtualnej; możliwość podglądu i zapisu obrazu wyświetlanego dla użytkownika oraz dźwięków; zapis położenia wybranych obiektów symulacji; możliwość uczestniczenia w symulacji pojazdów bezpośrednio sterowanych przez osoby trzecie (co najmniej 3 pojazdów),

- oprogramowanie symulacyjne wraz ze sterownikiem ruchomej platformy w pełni uruchamiane na jednym komputerze (stanowisku dyspozytorskim),
 - generowanie dźwięków naśladujących dźwięki silnika.
2. Założenia co do modelu pojazdu. Model cyfrowy pojazdu dostawczego powinien uwzględniać możliwość realizacji następujących zagadnień:
 - manewry: ruszanie, hamowanie, skręcanie, wyprzedzanie, zawracanie, cofanie, parkowanie,
 - możliwość prowadzenia samochodu dostawczego z różną prędkością – zmiana biegów,
 - jazda pojazdu w różnych warunkach pogodowych,
 - oddziaływanie samochodu jako obiektu fizycznego na elementy stateczne typu: droga i różnego rodzaju nawierzchnie,
 - jazda samochodu po różnego typu drogach i skrzyżowaniach, uwzględnienie nierówności nawierzchni drogi,
 - możliwość zmiany pasa oraz jazdy pod prąd.
 3. Założenia co do środowiska i elementów wirtualnych środowiska oraz scenariusza badawczego:
 - w trakcie badania uczestnik badań będzie miał za zadanie przejechanie z jednego miasta do drugiego miasta oddalonego o co najmniej 5 km,
 - środowisko symulowane (badawcze) powinno zawierać różnego rodzaju drogi, i skrzyżowania, przeszkody,
 - scenariusz oraz środowisko powinno umożliwić jazdę samochodu dostawczego zgodnie z obowiązującym kodeksem ruchu drogowego,
 - w środowisku zawarte powinny być wybrane znaki drogowe pionowe i poziome, oświetlenie uliczne oraz światła sygnalizacyjne,
 - środowisko testowe powinno zawierać drogi w strefie zabudowanej oraz niezabudowanej, ze zmiennym krajobrazem,
 - zastosowanie symulowanych nagłych wydarzeń (np. nieprawidłowe wtargnięcie awatara osoby na skrzyżowanie),
 - wykorzystanie wiedzy z analizy wypadków [16] z 2013 r. do przygotowania scenariusza prowadzonych przejazdów testowych.

5. PODSUMOWANIE

W celu zdobycia najbardziej wiarygodnych wyników badań z zastosowaniem symulatorów, oprócz części graficzno-dźwiękowej, bardzo ważna jest możliwość zasymulowania wrażeń kinestetycznych, które w rzeczywistości towarzyszą np. przyspieszaniu, skręcaniu i hamowaniu. Symulowanie wspomnianych wrażeń realizuje się dzięki umieszczeniu siedziska wraz z kokpitem na ruchomej platformie. Zastosowanie ruchomej platformy o jak największej liczbie stopni swobody dostarcza najwierniejszego odwzorowania symulowanych zachowań pojazdu. Jednak tak duża liczba stopni swobody pociąga za sobą znaczący wzrost kosztów. Zastosowanie symulatorów jazdy dla kandydatów do uzyskania prawa jazdy kat. B, gdy nie ma konieczności symulowania jazdy w warunkach specjalnych zdefiniowanych w § 3 ust. 2 i 3 rozporządzenia (Dz. U. z 2014 r., poz. 1005), pozwala na stosowanie mniej zaawansowanych rozwiązań technicznych dotyczących ruchomej platformy oraz systemu projekcji. Dzięki temu można zwiększyć dostępność takich symulatorów (np. dla ośrodków szkolenia przyszłych kierowców, w tym dla osób niepełnosprawnych, szkół zawodowych, prywatnych przedsiębiorstw przewozowych chcących doskonalić swój personel), których głównym zadaniem jest wirtualne prowadzenie pojazdu zgodnie z zasadami ruchu drogowego w syntetycznym środowisku miasta lub np. autostrady oraz poznanie sposobu kontroli

samochodu, tj. nauka zmiany biegów, sterowania kierownicą czy obsługi pedałów sterowniczych. Wyniki przygotowywanych badań na zaprezentowanym stanowisku badawczym pozwolą na opracowanie niskokosztowej platformy o trzech aktywnych stopniach swobody użytej w laboratoryjnej wersji symulatora jazdy, na którym m.in. zostanie zbadana możliwość użycia stereoskopowych okularów projekcyjnych (HMD).

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury RP z dnia 8 kwietnia 2011 w sprawie urządzenia do symulowania jazdy w warunkach specjalnych, Dziennik Ustaw nr 81, poz. 444,
- [2] Dyrektywa 2003/59 WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lipca 2013.
- [3] TRANSPORT, Wyniki działalności w 2014 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013.
- [4] Symulator w Pracowni Uniwersytetu Iowa, <http://www.nads-sc.uiowa.edu/>
- [5] Mobilny symulator jazdy samochodem ciężarowym i autobusem <http://www.mobilnesymulatory.pl/>
- [6] Symulator w Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej zakupiony na potrzeby realizacji projektu „Zintegrowany system monitorowania stanu psychofizycznego kierujących pojazdami w celu minimalizacji zagrożeń w ruchu drogowym” <http://www.wiml.waw.pl/pl/node/226>
- [7] Lozia Z.: *Praktyczne zastosowania symulatorów jazdy samochodem*, Postępy Nauki i Techniki, nr 14/2012, s. 148-156.
- [8] <http://www.ai.com.pl/wp-content/media/pdfs-polish/SYMULATORY-DO-SZKOLENIA.pdf>
- [9] Kennedy R.S., Lane N.E., Berbaum K.S. & Lilienthal M.G.: *Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*, The International Journal of Aviation Psychology, 2009, pp. 203-220.
- [10] Biernacki M., Dziuda Ł.: *Choroba symulatorowa jako realny problem badań na symulatorach*, Medycyna pracy 2012, 63(3). pp. 377-388.
- [11] Karl I., Berg G., Ruger F. & Färber B.: *Driving Behavior and Simulator Sickness While Driving the Vehicle in the Loop: Validation of Longitudinal Driving Behavior*, IEEE Intell. Transport. Syst. Mag., 5 (1), pp. 42-57.
- [12] Dziuda Ł., Biernacki M.P., Baran P.M., Truszczyński O.E.: *The effects of simulated fog and motion on simulator sickness in a driving simulator and the duration of after-effects*, Applied Ergonomics, 45, 2014, pp. 406-412.
- [13] Stoner H.A., Fisher D.L., Mollenhauer M.A., 2011 *Simulator and scenario factors influencing simulator sickness*. In: Fisher D.L., Rizzo M., Cair J.K., Lee J.D. (Eds.): *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology*, CRC Press, Boca Raton.
- [14] Böcking S., Gysbers A., Wirth W., Klimmt C., Hartmann T., Schramm H., Laarni J., Sacau A., & Vorderer P.: *Theoretical and empirical support for distinctions between components and conditions of Spatial Presence*, In M. Alcaniz & B. Rey (Eds.), *Proceedings of the VII, 2004, International Workshop on Presence Presence 2004*, Valencia, Valencia: Universidad Politécnic de Valencia, pp. 224-231.
- [15] Symon E.: *Wypadki drogowe w Polsce 2013 r.*, Wydział ruchu drogowego.