

Gabriel Nowacki, Izabella Mitraszewska, Tomasz Kamiński

Wysokiej klasy symulator jazdy samochodem według dyrektywy unijnej 2003/59

W artykule przedstawiono problematykę, dotyczącą wysokiej klasy symulatora, który powinien być zastosowany w szkoleniu kierowców zawodowych w 27 państwach członkowskich Unii Europejskiej, na podstawie dyrektywy 2003/59. Omówiono symulatory produkowane w Niemczech, Francji, Finlandii oraz USA. Symulator Mark III zbudowany na platformie, łączy w sobie wszystkie aspekty wykorzystania kabiny samochodu ciężarowego z najnowszymi osiągnięciami technologicznymi cyfrowej symulacji i umożliwia tworzenie rzeczywistych warunków szkolenia, poprawiających zachowania i umiejętności kierowców. Ponadto scharakteryzowane zostały symulatory samochodów ciężarowych: TRUST 3000 – firmy THALES, fiński SimTruck i norweski AS 1300 (AutoSim). Wysokiej klasy symulator może odegrać ważną rolę w procesie szkolenia kierowców, nie mniej jednak należy przewidzieć odpowiednie rozwiązania techniczne, tak aby uzyskać jak największą efektywność symulatora przy mniejszych kosztach. Autorzy określili podstawowe wymagania, jakie powinien spełniać symulator wysokiej klasy.

Wprowadzenie

Zgodnie z dyrektywą UE 2003/59 kierowcy, którzy uzyskają prawo jazdy kat. D1 i wyższej po 10 września 2008 r. oraz kierowcy, którzy uzyskają prawo jazdy kat. C1 i wyższej po 10 września 2009 r., mogą zostać zatrudnieni jako kierowcy zawodowi po uzyskaniu tzw. kwalifikacji wstępnej. Kwalifikacja wstępna polegać będzie na ukończeniu szkoleń teoretycznych w wymiarze 260 godzin oraz praktycznych w wymiarze 20 godzin i pozytywnym zaliczeniu egzaminu. Ponadto maksymalnie 8 godzin z 20 zajęć praktycznych powinno odbywać się w warunkach szczególnych (autodrom) lub na wysokiej klasy symulatorze jazdy.

Testy kwalifikacyjne przeprowadzane są na podstawie pytań pochodzących z katalogu pytań testowych. Kierowca, który uzyskał kwalifikację wstępną w zakresie określonego bloku programowego (np. C1, C1+E, C, C+E), a zamierza wykonywać przewozy innym pojazdem (np. autobusem - kat. D prawa jazdy), obowiązany jest odbyć kwalifikację wstępną uzupełniającą – dotyczącą tylko prowadzenia autobusów.

Ponadto każdy kierowca zawodowy co 5 lat będzie musiał ukończyć szkolenie okresowe. Do szkolenia okresowego może przystąpić obcokrajowiec z kraju trzeciego, który na terytorium Polski przebywa co najmniej 185 dni w roku ze względu na swoje więzi osobiste lub zawodowe albo studiuje od co najmniej 6 miesięcy i przedstawi zaświadczenie potwierdzające ten fakt. Może też być to osoba wykonująca przewóz drogowy na rzecz podmiotu mającego siedzibę na terytorium Polski.

Przy szkoleniu okresowym do wyboru są dwie drogi: albo kurs okresowy co pięć lat, albo rozłożenie szkolenia na pięć lat. W przypadku pierwszym, co pięć lat odbywać się będzie pięciodniowe szkolenie zakończone wydaniem świadectwa kwalifikacji zawodowej. W przypadku drugim, w okresie pięciu lat, licząc od dnia uzyskania poprzedniego świadectwa kwalifikacji, należy przeprowadzić okresowe szkolenia w zakresie poszczególnych tematów, zawartych w odpowiednim bloku programowym objętym szkoleniem okresowym. Czas trwania szkolenia okresowego wynosi 35 godzin w ciągu pięciu lat, w cyklach zajęć trwających co najmniej 7 godzin.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 2 lipca 2008 roku w Polsce będą prowadzone trzy rodzaje szkoleń kwalifikacyjnych:

- ☐ kwalifikacja wstępna – dla nowych kierowców zawodowych, którzy uzyskali uprawnienia do kierowania pojazdami po upływie wspomnianych wyżej dat. Szkolenie to obejmie 280 godzin, w tym 195 teoretycznej części podstawowej wspólnej dla przewozu rzeczy i osób, 65 godzin teorii specjalistycznej (przewóz rzeczy lub osób), 16 godzin praktycznych w ruchu drogowym i 4 godzin jazdy praktycznej w warunkach specjalnych (płyta poślizgowa lub symulator),
- ☐ kwalifikacja wstępna uzupełniająca - dla kierowców posiadających uprawnienia do przewozu osób, pragnących rozszerzyć je na przewóz rzeczy, bądź odwrotnie. Szkolenie trwać będzie 70 godzin: 65 godzin teorii specjalistycznej i 5 godzin w ruchu drogowym,
- ☐ szkolenie okresowe – odbywane co 5 lat w celu przedłużenia posiadanych uprawnień. Obejmie 35 godzin, w tym 21 godzin

obowiązkowego bloku teoretycznego oraz 2 moduły siedmiogodzinne z przygotowanych bloków tematycznych do wyboru przez ośrodek szkolenia.

Zarówno dyrektywa UE, jak i rozporządzenie nie określiły wymagań dotyczących symulatora wysokiej klasy.

1. Charakterystyka symulatorów wysokiej klasy

1.1. Ogólna charakterystyka

Symulator to urządzenie pozwalające na odtworzenie przebiegów rzeczywistych w warunkach sztucznych, stosowany zwykle do celów szkoleniowych [7]. Symulatory są przykładem zastosowania tzw. wirtualnej rzeczywistości¹, w której realizowane są zadania szkolenia operatorów urządzeń i pojazdów oraz doskonalenia ich umiejętności.

Symulator jazdy samochodem jest urządzeniem, w którym kierowca wykonuje zwykle czynności, typowe dla prowadzenia pojazdu w warunkach symulacji ruchu samochodu i towarzyszących mu zjawisk dynamicznych. Do tego celu niezbędny jest matematyczny model ruchu pojazdu i zakłóceń, jakie zaburzają przebieg jazdy (zewnętrzne – warunki drogowe, atmosferyczne, wewnętrzne - nieprawidłowe działanie poszczególnych zespołów samochodu wskutek ich awarii). Pełny model układu mechanicznego, jakim jest pojazd, obejmuje cztery powiązane ze sobą elementy składowe: model sygnałów wejściowych, model zjawisk zachodzących w obiekcie, model powiązań z otoczeniem i model sygnałów wyjściowych.

Pierwsze symulatory stosowano w szkoleniu pilotów samolotów bojowych już na początku XX wieku. Na przełomie lat 60. i 70. minionego stulecia trafiły do motoryzacji. Od lat 80. dysponuje nimi wiele koncernów samochodowych, instytuty naukowe oraz wiele ośrodków szkoleniowych. Na podstawie analizy literatury można wyróżnić kilka klas symulatorów jazdy samochodem:

- ✱ klasa 1, symulator z tablicą rozdzielczą, który może być używany dla oceny kierowcy, jako narzędzie praktykowania kierowania pojazdem, wspomaganie procesu szkolenia oraz dla poprawiania lub

zmiany zachowań związanych z prowadzeniem pojazdów. Daje on kierowcom sposób na praktykowanie i poprawę ich umiejętności kierowania pojazdem w bezpiecznych warunkach jazdy;

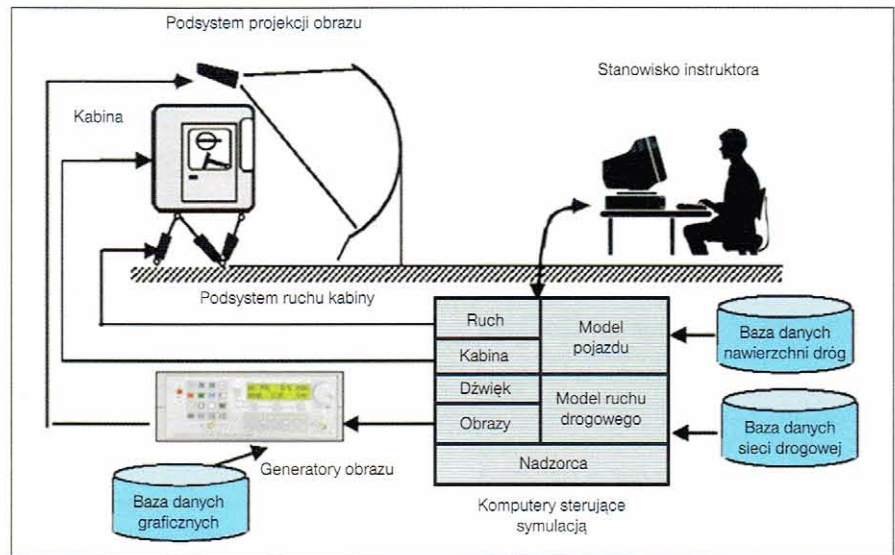
- klasa 2, nieruchomy symulator z elementami kabiny. System został zaprojektowany dla kierowcy, który powinien spędzić więcej czasu za kierownicą w realistycznej sytuacji prowadzenia pojazdu i w bezpiecznym otoczeniu. Pozwala on na pozyskanie dokładnego przeglądu akcji AAR (After-Action-Review) używając trzech monitorów LCD;

- klasa 3, symulator z ograniczoną ruchliwością i z elementami kabiny, pozwala na naukę i ocenę umiejętności zmiany biegów dla przekładni manualnej. Jakkolwiek system nie jest oparty na platformie ruchomej, posiada jednak symulację siły na kierownicy i wibrujący fotel kierowcy, odtwarzający drgania jak również efekty akustyczne;
- klasa 4, pełnowymiarowy ruchomy symulator. Jest on narzędziem możliwym do łatwego dostosowywania do potrzeb szkolenia kierowcy, które odtwarza realistyczną dynamikę pojazdu, włącznie z wzajemnymi reakcjami pomiędzy powierzchnią drogi, oponami i zawieszeniem pojazdu. Różnorodne scenariusze umożliwiają naukę i weryfikację umiejętności szkolonych kierowców w różnych warunkach drogowych i atmosferycznych;

- klasa 5, symulator z rzeczywistą kabiną pojazdu na platformie ruchomej o sześciu stopniach swobody, dający kierowcy pełne doświadczenie szkoleniowe, realizowane w warunkach realnych.

Symulator samochodu ciężarowego umożliwia wirtualne odtworzenie charakterystyk rzeczywistych pojazdów w środowisku wirtualnym. Odzwierciedla zewnętrzne czynniki i warunki, na które reaguje pojazd, pozwalając kierowcy mieć wrażenie jakby siedział w kabinie swojego pojazdu. Scenariusze i wydarzenia są odtwarzane z wystarczającym realizmem, aby zapewnić pełne zaangażowanie kierowców.

System jest sterowany za pośrednictwem sieci komputerowej i realistycznie odtwarza rzeczywistą sytuację, wraz ze znaną topografią drogową i wariantami sytuacji ruchu drogowego. Centralnym elementem systemu jest graficzny interfejs użytkownika, pozwalający instruktorom na szybkie i łatwe tworzenie złożonych ćwiczeń dla kierowców, z wykorzystaniem różnych sytuacji drogowych. Dotyczy to również niebezpiecznych sytuacji, takich jak pęknięcie opony, niewłaściwe zachowanie na drodze pieszych, rowerzystów, pojawienie się wiatru bocznego lub różnych warunków



Rys. 1. Przykład struktury funkcjonalnej symulatora dynamicznego [5]

pogodowych i drogowych. Dostępne są również do szkolenia, wymienne typy pojazdów, takie jak różne przyczepy, naczepy, autokary lub autobusy miejskie itd. Dodatkowo, złożone manewry, dotyczące załadunku, podłączania przyczep można doskonalić bez ryzyka uszkodzenia pojazdu. Ponadto symulator oferuje złożone moduły do oceny umiejętności kierowcy, jak również szkolenia innych służb, np. straży pożarnej, policji, pogotowia ratunkowego.

Symulator dostarcza konstruktywnych doświadczeń kierowcy i umożliwia wykonywanie bardziej złożonych ćwiczeń przez bardziej doświadczonych kierowców. Dla początkujących kierowców, symulatory dają możliwość doskonalenia jazdy w różnych warunkach drogowych i atmosferycznych. Dla doświadczonych kierowców, symulator umożliwia: doskonalenie prowadzenia pojazdów w niebezpiecznych warunkach drogowych i atmosferycznych, wykrywanie złych nawyków u kierowców oraz podjęcie niezbędnych działań w celu ich eliminacji.

Symulator, którego strukturę funkcjonalną przedstawiono na rysunku 1, składa się z kabiny, platformy ruchu, systemu wizualizacji (projekcji), generatorów dźwięku i obrazu, komputera sterującego symulacją i stanowiska operatora/instruktora [3, 4]. Kompletnie środowisko symulacyjne SCANeR II umożliwia określenie scenariusza i danych symulacyjnych, dla odtworzenia środowiska i warunków prowadzenia pojazdu, włączając w to znaki drogowe, sygnalizację, jak również reakcję prowadzonego pojazdu.

Wrażenie ruchu jest symulowane przez systemy, dostarczające zarówno wrażenie wizualnych jak i bodźców dynamicznych. Pochylenie kabiny kierowcy nie powinno wywołać zmian w wizualnych punktach odniesienia,

takich jak rejestrowany horyzont żeby nie wywoływać naruszenia zmysłu równowagi. Jeśli system wizualizacji nie znajduje się na tej samej platformie, wizualna kompensacja może być dokonana, np. przez właściwą synchronizację, tak aby kierowca nie zauważył różnic pomiędzy bodźcami wzrokowymi a ruchowymi. Gwarantuje to stabilność widzianego horyzontu w czasie ruchu z określonym przyspieszeniem.

Zbudowanie realistycznych i skutecznych symulatorów kierowców wymaga wiedzy oraz głębokiego zrozumienia procesów percepcyjnych, występujących podczas prowadzenia pojazdu. Prowadzenie jest przede wszystkim, czynnością sensomotoryczną i poznawczą, w której wzory informacji sensorycznej są analizowane i wykorzystywane do sterowania pojazdem.

1.2. Symulator wysokiej klasy

Symulator wysokiej klasy powinien być projektowany w oparciu o najnowsze technologie, zasady bezpieczeństwa oraz zachowanie pojazdu w różnych warunkach drogowych i pogodowych.

Symulacja jest stosowana ponieważ oferuje więcej korzyści niż jazda pojazdem. Umożliwia zaprogramowanie scenariuszy ruchu drogowego ze stopniowo zmieniającymi się poziomami trudności, warunkami pogodowymi, a także ekstremalnymi sytuacjami. Wszystko jest realizowane w bezpiecznym środowisku. Symulator powinien wierne generować efekty wizualne, dźwiękowe oraz dynamiczne (np. efekty hamowania, przyspieszenia, itp.). Oferuje również korzyści edukacyjne, pozwalając na obiektywną ocenę umiejętności kierowcy.

Symulator jest efektywnym narzędziem, które wspomaga szkolenie oraz podnosi kwalifikacje kierowców, ponieważ odwzorowuje realistyczne i kontrolowane środowisko, kontroluje zachowania kierowców, redukuje czas szkolenia oraz koszty.

Symulator umożliwia generowanie sygnałów sensorycznych, na podstawie których możliwe jest określenie zachowań kierowców [10, 11]. Ponadto strumień optyczny lub inne bodźce wizualne [7], mogą być wykorzystane dla zmiany zachowania kierowcy [2]. Wiele przeprowadzonych eksperymentów pokazało, że dynamiczne bodźce wzrokowe (strumień optyczny) odgrywają ważną rolę w sterowaniu zmiennymi motorycznymi [12].

W literaturze zwraca się uwagę na teorię percepcji (wizualne bodźce) [9] i teoretyczne ramy strumienia optycznego, które wpływają na formalne relacje pomiędzy symulacją ruchu a ruchem kierowcy w trójwymiarowym środowisku [6].

Na podstawie analizy literatury można wnioskować, że wysokiej klasy symulatory samochodów ciężarowych i autobusów powinny zawierać następujące elementy i rozwiązania techniczne:

1. Rzeczywistą kabinę kierowcy samochodu ciężarowego lub autobusu:
 - elementy sterowania i użytkowania pojazdu,
 - odtworzenie sił na kierownicy.
2. Wielokanałową wizualizację (projektory) obrazów generowanych przez komputer:
 - 5 kanałów dla widoku przez szybę kierowcy pokrywających 180° poziomo i 40° pionowo,
 - 3 kanały dla wizualizacji w lusterkach,
 - rozdzielczość na kanał - 3 minuty kąta i 60 Hz prędkość odświeżania.
3. Generator obrazu oparty na PC:
 - typową sieć dróg,
 - różne warunki drogowe (zatory drogowe, objazdy, kolizje) i pogodowe (cztery pory roku, inne warunki jak deszcz, mgła, śnieg),
 - czas dnia i nocy,
 - efekty specjalne (światła pojazdów, cienie drzew, burze).
4. Realistyczny ruch drogowy z różnymi kategoriami użytkowników dróg:
 - min. 25 pojazdów widocznych jednocześnie,
 - poruszający się piesi, rowerzyści, ciężarówki, samochody, autobusy (interaktywny ruch),
 - regulowany poziom natężenia ruchu i zachowania użytkowników dróg.
5. System ruchu o sześciu stopniach swobody i trójwymiarowych obiektach.

6. System akustyczny dla symulowania dźwięków pojazdu i otoczenia.
7. Wierny model dynamiki i obciążenia pojazdu.
8. Stanowisko instruktora:
 - tworzenie ćwiczeń i sterowanie,
 - możliwość przeprowadzania instruktaży,
 - funkcje administracyjne/ocena wyników.

1.3. Symulator firmy Renault

Symulator pojazdu ciężarowego firmy Renault został opracowany jako urządzenie używane podczas tworzenia dynamicznych systemów sterowania pojazdami (kontrola trakcji, adaptacyjny system stabilizacji prędkości jazdy), symulowania oświetlenia, badań dotyczących komfortu jazdy, ergonomii i wypadków drogowych. Symulator należy do grupy urządzeń dynamicznych, to znaczy umożliwiających przemieszczanie kabiny symulatora.

Do kompleksowej symulacji samochodu ciężarowego użyto środowiska SCANeR®II, które stanowi zestaw aplikacji umożliwiających symulowanie lekkich lub ciężkich pojazdów samochodowych.

Kabina posiada całkowite wyposażenie. Położenie koła kierownicy, dźwigni i przełączników jest przesyłane do komputera zawierającego parametryczny model dynamiki pojazdu (Tridym). Umożliwia on wyświetlanie różnych konfiguracji pojazdu (ciągnik, samochód ciężarowy bez naczepy i z naczepą), z różnymi silnikami i oprzyrządowaniem. Dane o dynamice pojazdu, obliczone na podstawie dynamicznego modelu pojazdu, są transmitowane do platformy ruchu, układu wizualizacji i systemu tworzenia dźwięku. Kabina jest wyposażona w czynne i bierne urządzenia symulujące siłę oporu elementów kabiny. Kierownica i dźwignia zmiany biegów są połączone z silownikami, symulującymi aktywne działanie siły oddziaływania na te elementy; natomiast pedały przyspiesznika, hamulca i sprzęgła są połączone z urządzeniami biernie symulującymi siłę oporu.

Kabina jest poruszana przez elektromechaniczną platformę Moog'a o sześciu stopniach swobody. Generator obrazu (*Silicon Graphics Onyx Infinite Reality*) działa z wykorzystaniem dwóch komputerów klasy PC w środowisku Windows NT z kartami graficznymi Quantum 3D Voodoo 2. Obraz wyświetlany jest na umieszczonym przed kabiną ekranie o kącie 200° (w poziomie) i 50° (w pionie).

1.4. Symulator fiński

Fiński symulator pojazdu ciężarowego i autobusu SimTruck został uznany przez fińskie władze (Ministry of Transport and

Communication Finish Vehicle Administration AKF) za symulator wysokiej klasy, spełniający wymagania dyrektywy 2003/59/WE Parlamentu Europejskiego i Rady. Symulator zbudowano z wykorzystaniem zmodyfikowanej kabiny samochodu ciężarowego Scania R-series Topline. Umożliwia on symulowanie różnych rodzajów samochodów - od dostawczych do samochodów ciężarowych o długości 25 m, samochodów ciężarowych, wyposażonych w ręczną lub automatyczną skrzynię biegów. Model pojazdu umożliwia zmianę symulowanej wartości i rodzaju obciążenia (ładunku).

Wyposażenie kabiny kierowcy składa się z kierownicy z regulacją położenia, manualnej/automatycznej skrzyni biegów z zestawem przełączników, siedzenia kierowcy, pedałów. Model ruchu pojazdu uwzględnia system ABS (z możliwością wyłączenia), zwalniacz (tzw. retarder), hamulec postojowy, sygnał dźwiękowy, przednie światła (zaimplementowane wirtualnie), kierunkowskazy, tablicę rozdzielczą ze wskaźnikami świetlnymi, drzwi kabiny, regulowane zwierciadła, elementy sterowania nadmuchem powietrza i oświetleniem kabiny. Symulator wyposażono w blokadę zapłonu, system utrzymywania stałej prędkości (tzw. tempomat), przełącznik wycieraczek, radio, odtwarzacz CD, wyłącznik główny, przełącznik świateł awaryjnych, przełącznik wyboru regulacji zwierciadeł bocznych, przełącznik świateł przeciwmgłowych przednich i tylnych. Tablica rozdzielcza zawiera: prędkościomierz, tachograf, wskaźniki (poziomu paliwa, ciśnienia oleju, temperatury, ciśnienia w układzie hamulcowym).

Kabina jest zainstalowana na platformie z napędem pneumatycznym. Układ wizualizacji składa się z ekranu i czterech projektorów i zapewnia kąt projekcji obrazu większy niż 180°.

Scenariusze symulacji pozwalają na jazdę w terenie miejskim, na autostradzie, manewrowanie w garażu i na placu manewrowym i obejmują łącznie około 200 km² powierzchni, w tym 100 km ulic. Jednocześnie symulowanych może być 25 ruchomych obiektów: samochodów, rowerzystów, pieszych, „powolnych pojazdów”, robót drogowych.



Rys. 2. Dynamiczny symulator Renault



Rys. 3. Fińskie symulatory (po lewej SIM TRUCK, po prawej SIM BUS)

Możliwe jest symulowanie różnych warunków drogowych i pór dnia, takich jak: dobra pogoda, deszcz, śnieg, mgła, wiatr, cztery pory dnia – z płynną regulacją poziomu jasności. Symulator umożliwia dowolne łączenie pór dnia z warunkami pogodowymi.

Pierwszy egzemplarz symulatora autobusu SIM BUS został zainstalowany w belgijskim centrum szkoleniowym *Franičre Training Centre*. Program szkolenia kierowcy zakłada połączenie szkolenia z wykorzystaniem symulatora ze wspomaganym komputerowo interaktywnym programem treningowym [www.iru.org]. Symulator może być wyposażony w kompletną, skróconą kabinę autobusu firmy Volvo, Van Hood lub innych producentów.

Wymiary kabiny są równe $5 \times 2,5 \times 3,1$ m, zaś jej ciężar łącznie z platformą ruchu jest równy około 4000 kg. Możliwe jest symulowanie autobusów dwuosioowych o długości od 10 do 15 m oraz autobusów przegubowych o długości 18 m. Symulator wymaga pomieszczenia o powierzchni około 100 m^2 i wysokości minimum 5 m.

W projekcie symulatora autobusu SIM BUS 2 wprowadzono m.in. modułowość systemu i możliwość wykorzystania, podczas szkolenia i planowania, cyfrowych map.

1.5. Symulator niemiecki FTM

Dynamiczny symulator pojazdu FTM został zbudowany przez *Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik* (rys. 5). Jest on wykorzystywany do badań podzespołów samochodowych i badań

związanych z obsługą urządzeń pokładowych pojazdu przez kierowcę. Symulator składa się z nieruchomego ekranu, zespołu projektorów i kabiny zainstalowanej na platformie Stewarta. Symulator zbudowano z użyciem komputerów klasy PC. Adaptacja różnych programowych modeli symulacyjnych, zależnych od rozpatrywanego zastosowania urządzenia, umożliwia jego wykorzystanie podczas realizacji interdyscyplinarnych przedsięwzięć.

Obraz jest wyświetlany na tylnej części szerokokątnego ekranu. Symulator jest wykorzystywany przez FTM do badań:

- systemów wspomagających prowadzenie pojazdu,
- komunikacji wewnątrz systemu „otoczenie – kierowca – samochód”,
- zawartości i rozmieszczenia elementów wnętrza kabiny samochodu,
- zachowań kierowców i nowych rozwiązań w zakresie infrastruktury drogowej,
- elementów technologii „drive by wire”, takich jak aktywne układy hamulcowe,
- zintegrowanych, nowych koncepcji sterowania pojazdem.

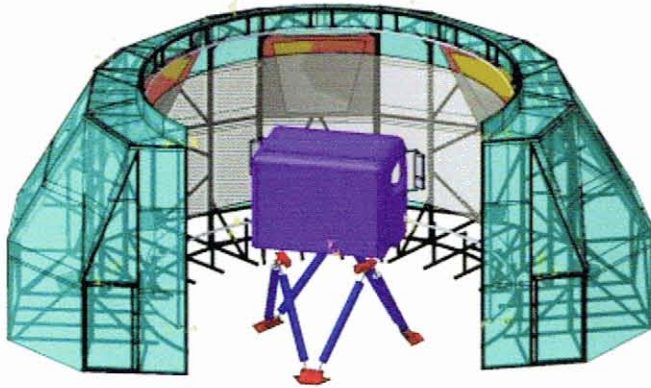
1.6. Symulator MARK III

W amerykańskim symulatorze Mark III użyto wysokiej jakości systemu wizualizacji obrazu, którego elementem jest ekran składający się z trzech części. Umożliwia on wyświetlanie obrazu obejmującego 180° pola widzenia kierowcy. Zakres ten może być rozszerzony do 360° . W pełni wyposażoną kabinę samochodu ciężarowego uzupełniono o dwa boczne ciekłokrystaliczne ekrany wyświetlające obraz ze zwierciadeł wstecznych symulowanego pojazdu. Zastosowano układ ruchu o sześciu stopniach swobody.

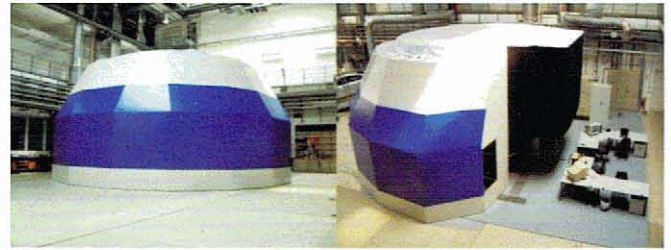
Użytkownicy mogą wybierać zestaw różnych wariantów otoczenia pojazdu



Rys. 4. Wybrane fotografie ilustrujące etapy produkcyjne symulatora SIMBUS [www.fcbo.be]



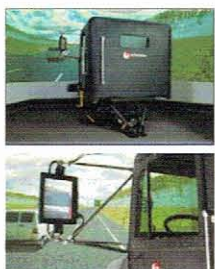
Rys. 5. Symulator FTM [www.fahrzeugtechnik-muenchen.de]



(scenariusze ruchu, warunki pogodowe), scenariusze szkolenia i efekty specjalne. System audiowizualny oraz wibracyjny, precyzyjnie stwarza warunki sytuacji rzeczywistej. Dodatkowo możliwy jest wybór jednej z ponad 140 rodzajów skrzyń biegów, jednego z 240 rodzajów silników i jednego z 33 przełożeń dodatkowych. Kamera CCTV umożliwia prowadzenie obserwacji kierowcy w kabinie przez instruktora.

Podstawowe dane symulatora to:

- ❑ rozdzielczość obrazu równa 1024x768,
- ❑ definiowalne parametry pojazdu, takie jak masa pojazdu i ładunku,
- ❑ dostępne bazy terenu: miasto, autostrada, wieś, obszar podmiejski, autostrada, bezdroże,
- ❑ wiele interaktywnych scenariuszy ruchu,
- ❑ efekty specjalne: dzień/noc/zmierzch/świt i dodatkowe, na przykład mgła, deszcz, śnieg,
- ❑ symulowane pojazdy ze sztuczną inteligencją,
- ❑ projektory wysokiej rozdzielczości (1024x768 punktów) umożliwiające wyświetlanie obrazu na sześciu ekranach,
- ❑ system dźwiękowy i układ wibracji,



Rys. 6. Fotografia kabiny symulatora Mark III [www.shipanalytics.com]

Rys. 7. a) zwierciadło wsteczne symulatora; b) widok z wnętrza kabiny kierowcy

- ❑ w pełni funkcjonujące urządzenia, tablica rozdzielcza i elementy sterowania kabiny,
- ❑ oprogramowanie działające w środowisku Windows™.

Dodatkowe dane symulatora przedstawiono w tabeli 1.

1.7. Symulator firmy THALES

Zgodnie z danymi z 2006 roku, 42 symulatory TRUST 3000 firmy Thales zostały sprzedane do czternastu ośrodków szkolących kierowców zawodowych. Są one wykorzystywane m.in. w Belgii, Danii, Finlandii, Francji, Niemczech, Holandii, Wielkiej Brytanii, Norwegii, Portugalii i Hiszpanii. Dostępne są dwie wersje symulatora: stacjonarna, umożliwiająca pracę w klastrach, złożonych z kilku symulatorów obsługiwanych przez jednego instruktora i wersja mobilna, przewożona na podwoziu samochodu ciężarowego. Podczas szkolenia program komputerowy automatycznie ocenia poprawność czynności wykonywanych przez uczestnika kursu doskonalenia techniki jazdy. Wyniki analizy są rejestrowane i wyświetlane na ekranie instruktora, który może na bieżąco lub z pewnym opóźnieniem reagować na błędy.

Symulator umożliwia generowanie w czasie rzeczywistym obrazu otoczenia pojazdu poprzez projekcję obrazu charakterystycznego dla miasta, wsi, terenów górskich oraz symulację różnych warunków pogodowych i ruchu drogowego. Obraz jest wyświetlany na szerokokątnym ekranie i zewnętrznych zwierciadłach wstecznych (rys. 8).

Wraz z symulatorem dostarczane jest oprogramowanie, umożliwiające przygotowanie ćwiczeń dostosowanych do założeń programu szkolenia, umożliwiających naukę jazdy w zakresie redukcji zużycia paliwa (tzw. Eco-driving), zmniejszenia czasu reakcji

kierowcy na zdarzenia drogowe, tzw. jazdy defensywnej (przewidywanie zdarzeń drogowych) oraz utrwalania zachowań w sytuacjach niebezpiecznych. W ramach każdego scenariusza mogą być zmieniane: cel ćwiczenia, typ pojazdu i przyczepy, obciążenie, warunki pogodowe i drogowe, a także kryteria automatycznej oceny.

1.8. Symulator firmy AutoSim

Symulator AS 1300 firmy AutoSim został zbudowany z wykorzystaniem kabiny rzeczywistego samochodu ciężarowego. Umożliwia on również symulowanie jazdy autobusem. Panoramiczny, półokrągły ekran o kącie 180° nie zawiera widocznych połączeń poszczególnych elementów konstrukcyjnych. Wrażenie jednolitego obrazu, niezawierającego widocznych połączeń, jak w przypadku większości symulatorów tej klasy, zapewniają specjalne rzutniki i sposób wyświetlania obrazu, polegający na nakładaniu obrazu z czterech zastosowanych rzutników (rys. 8).

Większa niż w innych symulatorach odległość ekranu od oczu kierowcy i dostatecznie duże rozmiary ekranu sprawiają, że wyświetlany obraz jest bardzo realistyczny a jego krawędzie nie są widoczne z fotela kierowcy. Rozdzielczość głównego ekranu jest równa 1024 × 768 punktów. Zwierciadła wsteczne

Tab. 1. Podstawowe dane symulatora Mark III

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Wysokość	180 cali (4,57 m)
2.	Szerokość	240 cali (6,40 m)
3.	Długość	288 cali (7,32 m)
4.	Masa	około 4200 funtów (1906 kg)
5.	Zużycie energii	90 A (220 V)
6.	Minimalne wymiary pomieszczenia	około 9,15 × 9,15 × 4,88 m
7.	Wymagania chłodnicze	20,000 BTU/(h*)

* BTU jest jednostką energii używaną przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych. 1 BTU to ilość energii potrzebna do podniesienia temperatury jednego funta wody o jeden stopień Fahrenheita.

zastąpiono dwoma ekranami LCD. Typowa „częstotliwość odświeżania” obrazu generowanego, z użyciem komputerów klasy PC, jest równa 60 Hz. Minimalna częstotliwość, która może występować w przypadku wielu uczestników ruchu i wielu obiektów statycznych jak w przypadku środowiska miejskiego, jest większa niż 30 Hz. Zastosowany model ruchu pojazdu uwzględnia oprócz standardowych wielkości jak prędkość, ciężar pojazdu i naczepy/przyczepy, zmianę kierunku jazdy, również wpływ różnych rodzajów drogi (śnieg, deszcz).

Ruch kabiny w trzech ortogonalnych kierunkach zapewniają cztery silniki krokowe wysokiej mocy. Pochylenia kabiny rzeczywistego pojazdu w połączeniu z szerokokątnym obrazem powodują wrażenia rzeczywistej jazdy.

Realistyczne efekty dźwiękowe są generowane przez czterokanałowy zespół głośników. Generator dźwięku symulowanego pojazdu i dźwięku z innych źródeł uwzględnia efekt Dopplera.

PODSUMOWANIE

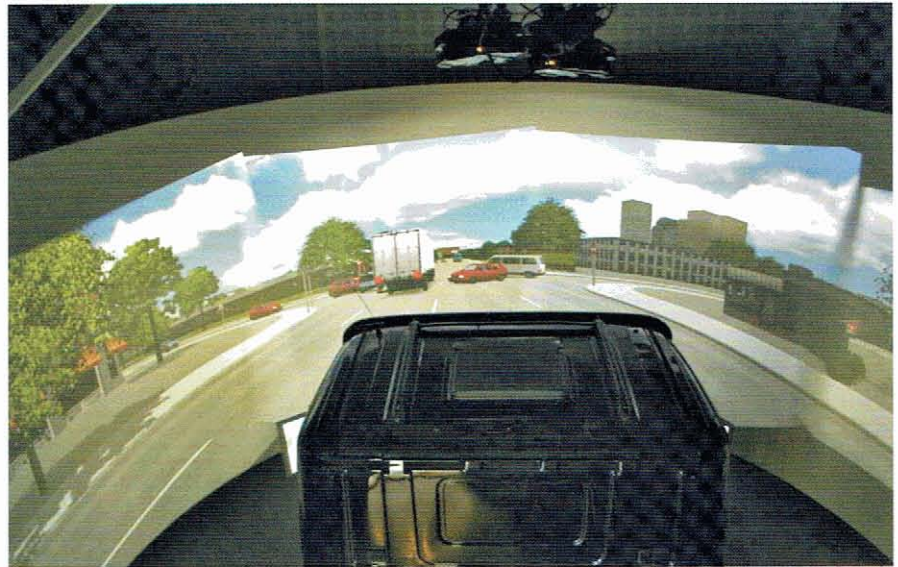
W państwach Unii Europejskiej użytkownikami jest wiele typów symulatorów samochodów ciężarowych i autobusów. Obecny poziom techniki umożliwia budowę symulatorów najbardziej skomplikowanych i odtwarzających wiernie rzeczywiste warunki prowadzenia pojazdów.

Przy budowie symulatora należy także brać pod uwagę czynniki psychologiczne, które wpływają na bezpieczne zachowanie na drogach (kierowca posiadający jedynie umiejętności prowadzenia pojazdu, nie oznacza bezpiecznego kierowcy).

W dyrektywie 2003/59/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lipca 2003 r. wskazano, że w szkoleniu kierowców może być stosowany symulator wysokiej klasy, natomiast nie określono technicznej specyfikacji, zarówno na poziomie krajowym, jak i europejskim.



Rys. 8. Fotografia symulatora TRUST3000



Rys. 9. Symulator AS 1300

Obecnie nie więcej niż 10% zawodowych kierowców w Unii Europejskiej odbyło szkolenie, w zakresie wstępnych i okresowych szkoleń kierowców. W Polsce obecnie nie funkcjonuje system szkolenia ze względu na brak torów do nauki jazdy oraz wysokiej klasy symulatorów w ośrodkach szkolenia.

Badania prowadzone przez ekspertów potwierdziły, że symulator może zwiększyć efekty szkolenia do 30%, a nawet obniżyć liczbę wypadków drogowych o około 20%.

Bibliografia:

- [1] Dyrektywa 2003/59/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 lipca 2003 r. w sprawie wstępnej kwalifikacji i okresowego szkolenia kierowców niektórych pojazdów drogowych do przewozu rzeczy lub osób, zmieniająca rozporządzenie Rady (EWG) nr 3820/85 oraz dyrektywę Rady 91/439/EWG i uchylająca dyrektywę Rady 76/914/EWG. Dz. U. UE L 226/4, 10.9.2003.
- [2] Gibson J. J. and Crooks L. E., *A theoretical field-analysis of automobile-driving*. The American Journal of Psychology, vol. 51, pp. 453-471, 1938.
- [3] Kemeny A., *Renault, Direction de la Recherche - Research Division Technocentre Renault*, TCR AVA 212, 2000.
- [4] Kemeny A. and Reymond G., *Transport delay analysis in driving simulators with head mounted displays*, Proceedings of the DSC'97, France, Sep.1997, pp.85-98.
- [5] Kemeny A., *Simulation and perception*. Driving Simulation Conference. DSC'99. Paris, France, July 7-8, 1999, p.13-20.
- [6] Koenderink J. J., *Optic flow*. Vision Res, vol. 26, pp. 161-180, 1986.

- [7] Lee D. N., *The optic flow field*. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, B, vol. 290, pp. 169-179, 1980.
- [8] Lozia Z., *Symulatory jazdy samochodem*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2008.
- [9] Palmer S. E., *Vision Science. Photons to Phenomenology*, Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- [10] Reymond G. and Kemeny A., *Motion cueing in the Renault driving simulator*. Vehicle System Dynamics, vol. XX, 2000.
- [11] Reymond G. and Kemeny A. and Droulez J. and Berthoz A., *Role of lateral acceleration in curve driving: driver model and experiments on a real vehicle and a driving simulator*. Human Factors, vol. 2001.
- [12] Warren W. H., Kay B. A., Zosh W. D., Duchon A. P. and Sahuc S., *Optic flow is used to control human walking*. Nature Neuroscience, vol. 4, pp. 213-216, 2001.

Autorzy:

Gabriel Nowacki – Centrum Zarządzania i Telematyki Transportu, Instytut Transportu Samochodowego, Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa, tel. 022 8113231, e-mail:gabriel.nowacki@its.waw.pl
Izabella Mitraszewska
Tomasz Kamiński

Przypisy

- ¹ Wirtualna rzeczywistość to doznania wzrokowe, słuchowe i dotykowe, generowane za pomocą sprzętu komputerowego, oprogramowania i generatorów audio-wizualnych.