

Mateusz Papis, Dominik Jastrzębski, Marcin Mirosław, Antoni Kopyt, Tomasz Dziewoński, Marek Matyjewski

Opracowanie testów symulatorowych w scenariuszach systemu ACC na stanowisku symulatora pojazdu osobowego

JEL: L62, C53. DOI: 10.24136/atest.2018.024.

Data zgłoszenia: 07.12.2017. Data akceptacji: 25.04.2018.

Niniejszy artykuł dotyczy opracowania testów dla symulatora pojazdu osobowego w scenariuszach systemu Adaptive Cruise Control („ACC”), czyli tempomatu adaptacyjnego. Omówiono przede wszystkim założenia eksperymentu, przebieg badania, dobór grupy badanej, planowane analizy oraz wyniki wstępnych przejazdów testowych. Celami badania są przede wszystkim porównanie przejazdów ochotników i przejazdu z aktywnym układem ACC (zapropozowanym w ramach projektu aDrive) oraz weryfikacja modelu wirtualnego kierowcy (fuzzy driver). Badanie polegające na wykonaniu dwóch zadań (scenariusz pozamiejski i mieszany) będzie przeprowadzone na zidentyfikowanej wcześniej grupie. Ocena będzie polegać na obiektywnej analizie parametrów jazdy kierowcy w wyznaczonych zadaniach zgodnie z wcześniej ustalonymi kryteriami (np. prędkość, odległość od pojazdu, odstęp czasowy Time Gap).

Słowa kluczowe: tempomat adaptacyjny, symulator pojazdu, wirtualny kierowca.

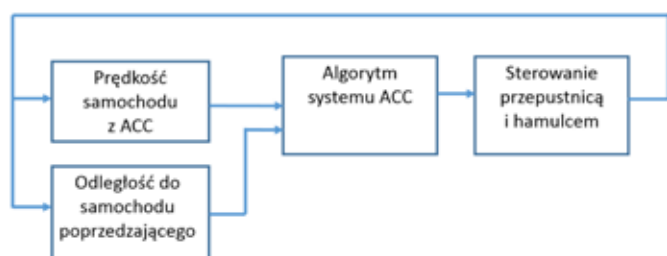
Wstęp

Obecnie coraz więcej samochodów jest wyposażonych w systemy wsparcia kierowców. Nazywają się one *Advanced Driver Assistance Systems* („ADAS”) i służą podniesieniu bezpieczeństwa na drodze. Ich częścią są systemy ACC (tempomaty adaptacyjne) umożliwiające podążanie za jadącym z przodu autem z bezpieczną odległością, uzależnioną od prędkości pierwszego auta. Systemy te są projektowane przede wszystkim dla wysokich prędkości i nie są aktywne dla małych prędkości. Rozwój systemów ACC ma wpływ przede wszystkim na podniesienie bezpieczeństwa ruchu drogowego, ale także komfortu i płynności jazdy oraz optymalizację zużycia paliwa.

1. Opis narzędzi przygotowanych do testów symulatorowych

1.1. Automatyczny tempomat

Jednym z pierwszych kroków do autonomizacji pojazdów jest stworzenie automatycznego tempomatu, który dostosowuje prędkość do obecnego ruchu drogowego i otaczających pojazdów, tak by uniknąć kolizji. System ten steruje prędkością pojazdu i w razie potrzeby hamuje lub przyspiesza, jednak kierowca nadal jest odpowiedzialny za sterowanie pojazdem [1]. Aby ocenić spraw-



Rys. 1. Uproszczony schemat systemu ACC

ność systemu wprowadzono testy normalizacyjne dla systemu ACC przeznaczonego do wyższych prędkości [2,3], dla systemu tempomatu dla niskich prędkości *Low Speed Following* („LSF”) [4], oraz dla systemu o pełnym zasięgu prędkości [5].

1.2. Środowisko do testów symulatorowych

Środowisko do testów symulatorowych zostało opracowane z wykorzystaniem oprogramowania PreScan. Wybrany samochód Audi A8 zawiera uproszczony moduł dynamiki 2D (z uwagi na konieczność zapewnienia płynności działania symulacji). Przygotowano kilka obszarów testowych (scenariuszy) zarówno miejskich, pozamiejskich i mieszanych do oceny efektywności zaawansowanych systemów wsparcia kierowcy, kwestii związanych z HMI (*Human Machine Interface*) [6] oraz przeprowadzania testów symulatorowych.

1.3. Opis stanowiska symulatorowego

Stanowisko składa się z 3 stacji roboczych, 5 monitorów oraz kierownicy i fotela (rys. 2., rys. 3., rys. 4).



Rys. 2. Fotel kierowcy [7]



Rys. 3. Pedale, kierownica, skrzynia biegów [7]



Rys. 4. Monitorzy stanowiska symulatorowego



Rys. 5. Ekran kierowcy

2. Badanie symulatorowe

2.1. Cel badania

Celami prowadzonych badań są przede wszystkim:

- ♦ Porównanie parametrów przejazdów badanych (takich jak prędkość, odległość od auta śledzonego, odstęp czasowy Time Gap, przyspieszenie, płynność jazdy: pochodna ciśnienia hamowania, pochodna otwarcia przepustnicy pedału gazu) z przejazdem odniesienia, którym jest przejazd z aktywnym układem ACC. Stworzone środowisko symulatorowe, panel kierowcy oraz zadania do wykonania pokażą, w jakim stopniu człowiek jest w stanie „odzworować” działanie układu ACC.



Rys. 6. Wskaźniki będące do dyspozycji kierowcy: a) lampka czerwona, b) lampka zielona, c) lampka żółta

- ♦ Ponadto możliwe będzie sprawdzenie stworzonego wcześniej wirtualnego modelu kierowcy, wykorzystującego moduły logiki rozmytej (tzw. „fuzzy driver”) [8, 9]

2.2. Przebieg planowanego badania

Planowane badania symulatorowe mają trwać ok. 30 min i będą przebiegać według następującego schematu:

- ♦ zapoznanie uczestnika eksperymentu z przebiegiem badania
- ♦ wypełnienie dokumentów: Oświadczenie badanego, Ankieta przed przystąpieniem do badania
- ♦ jazda próbna, mająca na celu zapoznanie z dynamiką oraz charakterystyką pojazdu
- ♦ wykonanie dwóch zadań polegających na „śledzeniu” auta jadącego z przodu zgodnie z określoną prędkością oraz odległością
- ♦ po każdym zadaniu wypełnienie kwestionariusza NASA TLX (indeks obciążenia zadaniowego) [10].

2.3. Ekran symulatora i panel kierowcy

Rys. 5 i 6 przedstawiają ekran symulatora i wskaźniki będące do dyspozycji kierowcy. Kierowca w czasie wykonywania zadań podczas badania symulatorowego będzie miał do dyspozycji prędkościomierz, obrotomierz oraz wskaźniki (tzw. „lampki”) określające położenie (dokładnie okno czasowe Time Gap) wobec samochodu za którym jedziemy:

- ♦ lampka żółta z lewej strony oznacza, że nasz samochód znajduje się za daleko od śledzonego pojazdu (Time Gap powyżej 2,5 s).
- ♦ lampka zielona, środkowa oznacza, że nasze położenie względem śledzonego auta jest odpowiednie (Time Gap od 1,5 do 2,5 s).
- ♦ lampka czerwona z prawej strony wystąpi w przypadku, gdy kierowany pojazd znajdzie się za blisko śledzonego auta (Time Gap poniżej 1,5 s).

2.4. Opis zadań do wykonania przez uczestnika badań

Zadania do wykonania przez kierowcę, uczestnika eksperymentu będą następujące:

- ♦ Jazda próbna mająca na celu zapoznanie uczestnika ze środowiskiem symulatorowym, dynamiką oraz charakterystyką pojazdu
- ♦ **Zadanie 1:** śledzenie pojazdu jadącego ze stałą prędkością (scenariusz pozamiejski)
- ♦ **Zadanie 2:** śledzenie pojazdu jadącego ze zmienną prędkością (scenariusz mieszany)



Rys. 7. Trasa do zadania 1



Rys. 8. Trasa do zadania 2

Opis zadania 1

- ◆ Kierowca, ma za zadanie jechać po określonej trasie ze stałą prędkością (90 km/h).
- ◆ Podczas jazdy, na drodze będą występowały różne zdarzenie np. wypadek na poboczu.
- ◆ Trajektoria poruszania się pojazdu nie będzie bardzo zróżnicowana – scenariusz pozamiejski (rys. 7).
- ◆ Tor jazdy do śledzenia wyznacza jadący z przodu samochód.
- ◆ W razie gdyby samochód zniknął z pola widzenia, pomoc w nawigacji zapewni instruktor ćwiczenia.
- ◆ Badany ma wykonać zadanie na podstawie informacji, jaką ma do dyspozycji na desce rozdzielczej (prędkościomierz). Dodatkowo na ekranie będą wyświetlały się wskaźniki („lampki”), podpowiadające kierowcy czy aktualna odległość jest odpowiednia.

Opis zadania 2

- ◆ Badany będzie miał za zadanie również śledzenie pojazdu wiodącego.
- ◆ Jednak w tym przypadku, pojazd wiodący będzie miał zmienny profil prędkości w czasie. Na ekranie również będą wyświetlały się lampki, które w przypadku tego zadania będą odgrywały znaczącą rolę.
- ◆ Trajektoria poruszania się pojazdu jest bardziej zróżnicowana jak w pierwszym przypadku – scenariusz mieszany (rys. 8).
- ◆ Podobnie jak w pierwszym zadaniu tor jazdy wyznaczać ma samochód jadący z przodu, natomiast w przypadku gdyby zniknął z pola widzenia pomoc w nawigacji zapewni instruktor ćwiczenia.

3. Dobór grupy badanej

Aby doświadczenie przeprowadzone na symulatorze jak najwierniej przybliżyło wyniki, które uzyskałoby się w rzeczywistości, dobrana próбка ochotników powinna odwzorowywać strukturę kierowców w Polsce. Poniżej przeprowadzono analizę pozwalającą oszacować ile osób, w jakim wieku oraz jakiej płci, powinno znajdować się w badanej próbce. Do obliczeń wykorzystano:

- ◆ strukturę ludności w Polsce (z uwzględnieniem podziału na grupy wiekowe i płeć) [11];

- ◆ odsetek osób posiadających prawo jazdy (z uwzględnieniem podziału na grupy wiekowe i płeć) [12];
- ◆ częstość korzystania z aut przez kobiety i mężczyzn w poszczególnym grupach wiekowych [12].

Pominięto szereg innych czynników, takich jak: miejsce zamieszkania ochotnika jak również poziom doświadczenia jako kierowca (pośrednio czynnik ten został wzięty pod uwagę poprzez uwzględnienie wieku). Jednak w stosunkowo małej próbce badanych uwzględnienie bardzo wielu czynników przy doborze struktury próby ochotników nie wydaje się być konieczne. Natomiast uwzględnienie wieku oraz płci kierowcy znacząco podnieśli wiarygodność prowadzonych badań.

3.1. Dane do obliczeń

Poniżej przedstawiono dane wykorzystywane potem do oszacowania struktury próbki.

W tab. 1 przedstawiono strukturę ludności Polski z podziałem na grupy wiekowe i płeć. Zdecydowano się podzielić ludność na określone grupy wiekowe (przedziały) ze względu na inne posiadane dane (zaprezentowane w takich przedziałach wiekowych) oraz stosunkową łatwość doboru odpowiedniej liczby osób w danej grupie wiekowej w późniejszym etapie.

W tab. 2 przedstawiono odsetek osób deklarujących umiejętność prowadzenia samochodu (posiadających prawo jazdy) na podstawie przeprowadzonych badań CBOS [12].

Dodatkowo znajdowała się tam informacja, że „Codzienną jazdę samochodem częściej deklarują mężczyźni niż kobiety (65% wobec 58%), natomiast kobiety mające prawo jazdy częściej niż mężczyźni w ogóle nie jeżdżą samochodem (16% wobec 10%). Zależność ta jest słabsza wśród młodszych ankietowanych do 35 roku życia, wśród których kobiety i mężczyźni porównywalnie często posiadają umiejętność prowadzenia samochodu. W tej grupie wiekowej kobiety mające prawo jazdy tylko nieznacznie rzadziej prowadzą samochód”. Informacja ta została wykorzystana, aby uwzględnić fakt, że mężczyźni posiadający prawo jazdy częściej niż kobiety prowadzą samochód.

Tab. 1. Struktura ludności Polski powyżej 18 r. z. z podziałem na grupy wiekowe i płeć [11]

Wiek	Ogółem	Mężczyźni	Kobiety
18 i więcej	31 537 114	15 054 615	16 482 499
18-24	3 099 253	1 581 897	1 517 356
25-34	5 977 699	3 035 983	2 941 716
35-44	5 944 982	3 005 196	2 939 786
45-54	4 722 082	2 353 299	2 368 783
55-64	5 489 693	2 607 916	2 881 777
65 i więcej	6 303 405	2 470 324	3 833 081

Tab. 2. Odsetek osób posiadających prawo jazdy z podziałem na płeć i grupy wiekowe [12]

Wiek	Mężczyźni	Kobiety
18 i więcej	80%	51%
18-24	67%	56%
25-34	70%	69%
35-44	82%	66%
45-54	87%	56%
55-64	84%	39%
65 i więcej	81%	27%

Tab. 3. Zestawienie danych niezbędnych od obliczeń

Wiek	Mężczyźni	% mężczyzn z prawem jazdy	Mężczyźni z prawem jazdy	Mężczyźni często jeżdżący	Kobiety	% kobiet z prawem jazdy	Kobiety z prawem jazdy	Kobiety często jeżdżące
18 i więcej	15 054 615	80	11 888 302	7 727 396	16 482 499	51	8 305 106	4 816 742
18-24	1 581 897	67	1 059 871	688 916	1 517 356	56	849 719	542 121
25-34	3 035 983	70	2 125 188	1 381 372	2 941 716	69	2 029 784	1 295 002
35-44	3 005 196	82	2 464 261	1 601 769	2 939 786	66	1 940 259	1 125 350
45-54	2 353 299	87	2 047 370	1 330 791	2 368 783	56	1 326 518	769 381
55-64	2 607 916	84	2 190 649	1 423 922	2 881 777	39	1 123 893	586 672
65 i więcej	2 470 324	81	2 000 962	1 300 626	3 833 081	27	1 034 932	498 216

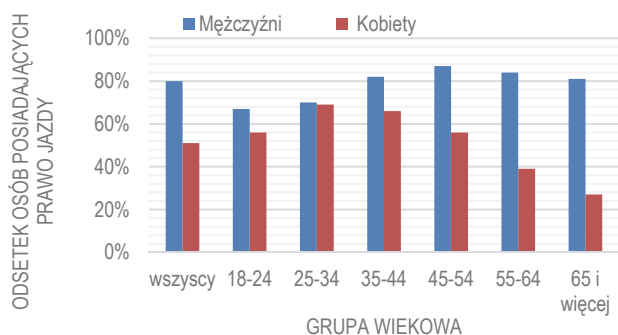
3.2. Obliczenia

Dane niezbędne do obliczeń zawierające informacje przedstawione w tab. 1 i tab. 2 zaprezentowano w tab. 3. Dodatkowo uwzględniono fakt, że mężczyźni posiadający prawo jazdy częściej niż kobiety korzystają z samochodu. Z tego powodu obliczono ilość mężczyzn i kobiet „często jeżdżących”. Dla mężczyzn przyjęto współczynnik 0,65, natomiast dla kobiet od 0,48 do 0,64 (średnia ważona: 0,58) w zależności od grupy wiekowej. Powyższe wskaźniki pozwoliły lepiej odwzorować badaną próbkę poprzez uwzględnienie dysproporcji w częstości korzystania

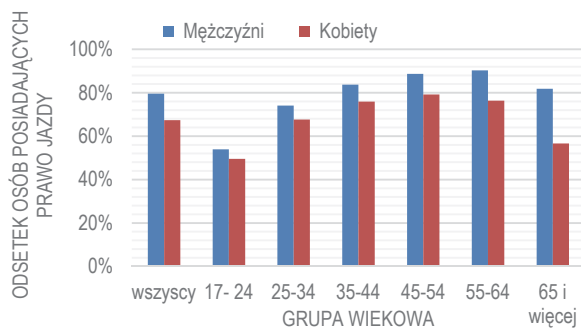
aut przez kobiety i mężczyzn (szczególnie w starszych grupach wiekowych).

Na podstawie danych z tab. 3. oszacowano liczbę osób poszczególniej płci w danej grupie wiekowej, która powinna być objęta badaniem dla założonej liczby ochotników. Tab. 4. przedstawia wyniki oszacowań dla przypadku, gdy liczba osób w próbie wyniesie 29.

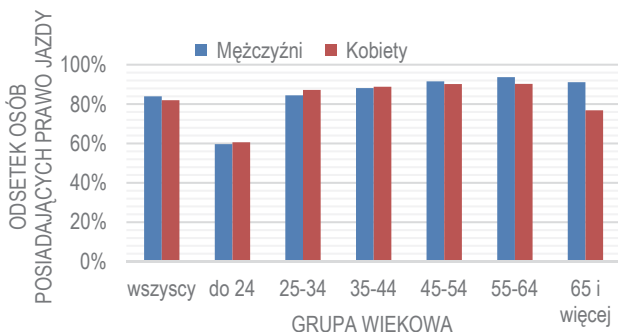
Jeśli założy się, że w badaniu ma wziąć udział 29 osób, 18 z nich powinni stanowić mężczyźni, 11 kobiety. W eksperymencie powinno uczestniczyć 4 mężczyzn w wieku 35-44 lata, po 3 mężczyzn z przedziałów wiekowych 25-34, 45-54, 55-64, 65+, po 3 kobiety z przedziałów 25-34, 35-44, 2 mężczyzn w wieku 18-24 i 2 kobiety w wieku 45-54 oraz po 1 kobiecie z przedziałów 18-24, 55-64, 65+.



Rys. 9. Posiadanie prawa jazdy w Polsce



Rys. 10. Posiadanie prawa jazdy w Anglii



Rys. 11. Posiadanie prawa jazdy w Stanach Zjednoczonych

3.3. Porównanie stopnia zmotoryzowania społeczeństwa polskiego do innych krajów

W niniejszym porównaniu ograniczono się do odsetka osób posiadających prawo jazdy w poszczególnych grupach wiekowych z uwzględnieniem płci. Przedstawione dane, oprócz Polski (rys. 9) dotyczą Anglii [13, 14] - rys. 10 oraz Stanów Zjednoczonych [15, 16] - rys. 11.

Porównując odsetek osób z prawem jazdy w Polsce, Anglii i USA można zauważyć, że w przypadku mężczyzn wyniki są bardzo zbliżone. Jedynie w najmłodszej grupie wiekowej (24 lata i mniej) najwyższy współczynnik umiejętności posiadania prawa jazdy jest w Polsce – jednak wynika to głównie z faktu, że wiek, od którego można ubiegać się o uprawnienia jest w Polsce najwyższy.

Duże różnice występują w przypadku kobiet. Dla Polski we wszystkich grupach wiekowych prawo jazdy posiada większy odsetek mężczyzn niż kobiet. Jedynie dla grupy wiekowej 25-34 jest to w zasadzie taka sama liczba osób. Jednak kobiety powyżej 35 roku znacznie rzadziej niż mężczyźni są kierowcami. Różnice są coraz większe odpowiednio dla kolejnych grup wiekowych. Dla grupy wiekowej 65+, przeciętnie, co 4 kobieta umie prowadzić samochód; dla mężczyzn 1 na 5 nie posiada tej umiejętności.

Tab. 4. Oszacowanie struktury próbki

Wiek	Liczba osób w próbie			29 liczba osób w próbie
	Mężczyźni	liczba osób w próbie	Kobiety	
18 i więcej	61,6%	18	38,4%	11
18-24	5,5%	2	4,3%	1
25-34	11,0%	3	10,3%	3
35-44	12,8%	4	9,0%	3
45-54	10,6%	3	6,1%	2
55-64	11,4%	3	4,7%	1
65 i więcej	10,4%	3	4,0%	1

Natomiast w Anglii we wszystkich grupach wiekowych większy odsetek mężczyzn posiada prawo jazdy i zależność ta pogłębia się dla kolejnych grup wiekowych. Jednak nie występują, aż tak duże dysproporcje jak w przypadku Polski.

W Stanach Zjednoczonych w zasadzie we wszystkich grupach wiekowych odsetek posiadania prawo jazdy u kobiet i mężczyzn jest bardzo podobny (wyniki sumaryczne to 84 i 80%). Częściowo wynika to prawdopodobnie z konieczności pokonywania dużych odległości samochodem i ograniczonych możliwości korzystania z innych środków transportu.

4. Planowane analizy

4.1. Analizowane wielkości

Jak wspomniano, planowane analizy dotyczyć będą przede wszystkim porównania parametrów przejazdu ohotnika oraz przejazdu „wzorcowego” (z aktywnym systemem ACC). Zdecydowano, że przeanalizowane zostaną następujące wielkości:

- ◆ Prędkość samochodu vel
- ◆ Odległość $dist$
- ◆ Przyspieszenie a
- ◆ Time Gap TG
- ◆ Ciśnienie hamowania $brake$
- ◆ Stopień otwarcia przepustnicy pedału gazu $throttle$

4.2. Zdefiniowanie współczynników jakości

Aby móc ocenić przejazdy indywidualnych uczestników, a następnie opracować zbiorcze wyniki zdecydowano zdefiniować odpowiednie współczynniki jakości, w których odniesieniem był przejazd z aktywnym systemem ACC. Podstawowym współczynnikiem wykorzystywanym w kolejnych była różnica parametru z przejazdu ohotnika i przejazdu wzorcowego (ACC) zdefiniowana następująco:

$$e_p = |p - p_{ACC}| \quad (1)$$

gdzie p to dowolny parametr (oprócz $brake$ i $throttle$) np. vel dla przejazdu ohotnika, natomiast p_{ACC} to ten sam parametr w przejeździe z aktywnym ACC

Współczynniki zawierające powyższy parametr to:

- ◆ Średnia (w czasie) wartość różnicy parametru z przejazdu ohotnika i ACC dla danego ohotnika:

$$\bar{e}_p = \frac{\sum_{i=1}^n e_{p,i}}{n} \quad (2)$$

gdzie n to liczba zapisanych w symulacji próbek czasowych

- ◆ Parametr całkowy J^2 dla danego ohotnika:

$$J^2 = \int_{t_1}^{t_2} e_p^2 dt \quad (3)$$

gdzie t_1 to początek a t_2 koniec symulacji

Dodatkowo do oceny powyższych parametrów dla całej grupy badanej zostaną wykonane:

- ◆ Rozkłady (histogramy) powyższych współczynników
- ◆ Średnie wartości e_p dla wszystkich przejazdów dla każdej chwili czasowej – w celu naniesienia na wykresy przejazdu wzorcowego (z systemem ACC).

Ponadto do oceny płynności jazdy ohotnika i przejazdu z systemem ACC obliczona zostanie pochodne zmiennych $brake$ i $throttle$.

4.3. Dane z przejazdów testowych

Przed przystąpieniem do właściwych testów na symulatorze wykonano przejazdy testowe. Wyniki dotyczące prędkości dla przejazdu dwóch ohotników w scenariuszu mieszanym przedstawiono na rys. 12 i 13.

Współczynniki jakościowe dla prędkości przejazdu ohotnika 1 są następujące: $\bar{e}_p = 4,83, J^2 = 23956, J = 155$

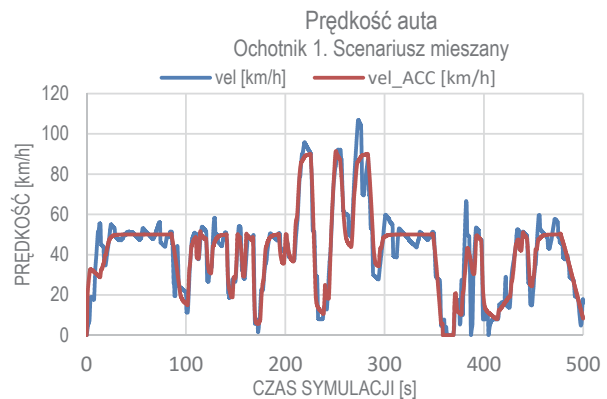
Współczynniki jakościowe dla prędkości przejazdu ohotnika 2 są następujące: $\bar{e}_p = 6,47, J^2 = 42627, J = 206$

Dokładane analizy, które pozwolą uzyskać wartościowe wnioski oraz zweryfikować model wirtualnego kierowcy będą możliwe po przeprowadzeniu eksperymentu w możliwie szerokiej grupie badanych.

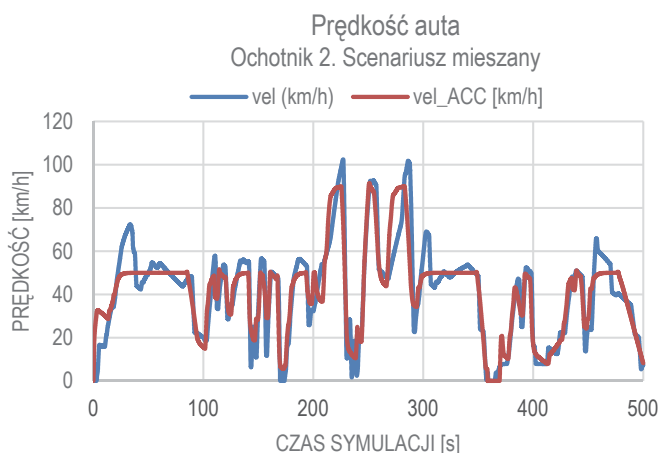
4.4. Model wirtualnego kierowcy

We wcześniejszym etapie projektu zbudowano model wirtualnego kierowcy (*fuzzy driver*) wykorzystujący moduły logiki rozmytej [7, 8]. Model rozróżniał typy kierowców (ostrożny, optymalny, agresywny) oraz ich stan psychofizyczny związany z obciążeniem (znudzony, optymalny, przeciążony). Model logiki rozmytej o zmiennych wejściowych: typ kierowcy i stan psychofizyczny pozwolił wyznaczyć parametry opisujące zachowanie kierowcy (rys. 14).

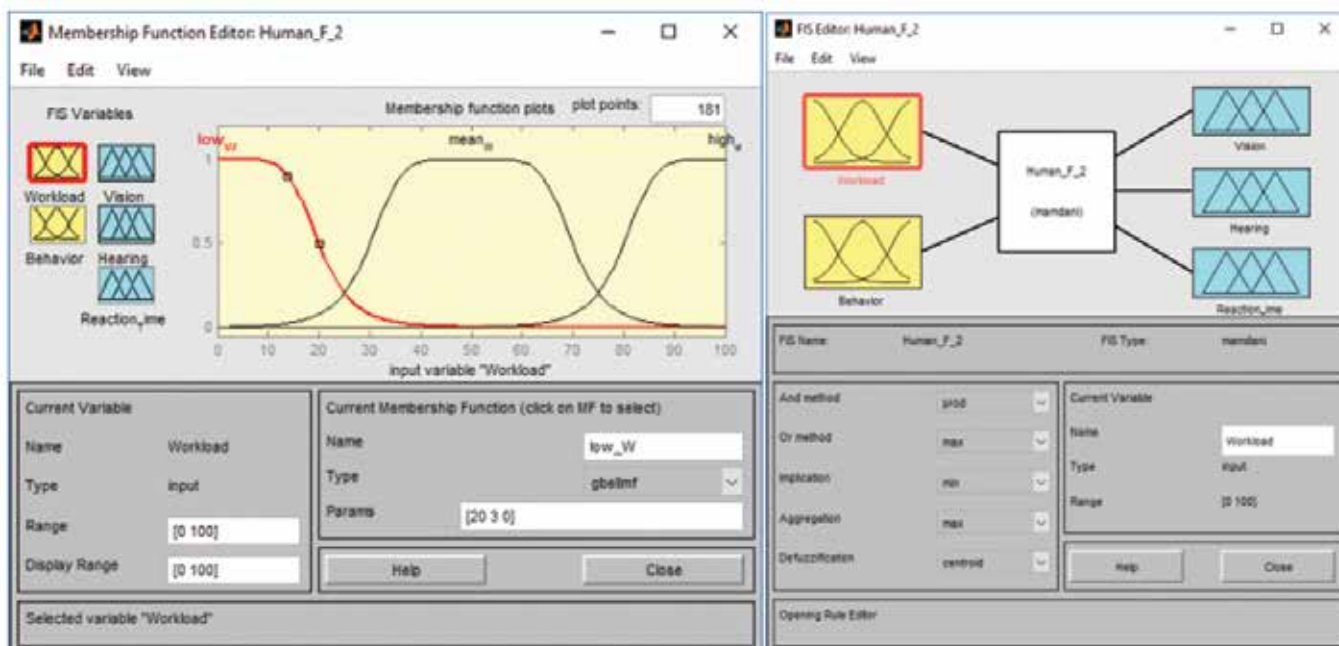
Dane zgromadzone podczas przeprowadzanego eksperymentu pozwolą ocenić jakość wykonania modelu oraz wprowadzić ewentualne poprawki.



Rys. 12. Prędkość auta dla pierwszego ohotnika w odniesieniu do przejazdu ACC



Rys. 13. Prędkość auta dla drugiego ohotnika w odniesieniu do przejazdu ACC



Rys. 14. Model wnioskowania rozmytego wirtualnego kierowcy [8]

Podsumowanie

Przygotowane narzędzia (środowisko, stanowisko symulacyjne, system ACC) umożliwiły przebadanie założonej, reprezentatywnej grupy ochotników na symulatorze samochodu osobowego zgodnie z opracowaną metodyką. Badanie pozwoliło porównać zachowanie kierowcy do systemu ACC w przypadku podążania za pojazdem w scenariuszu miejskim i mieszanym oraz zweryfikować model wirtualnego kierowcy. Analiza wstępnych przejazdów testowych pozwala zauważyć duże rozbieżności parametrów przejazdów ochotników. Można przypuszczać, że decydujący wpływ na jakość wykonania zadania będą miały między innymi: doświadczenie kierowcy, jego charakter i stan psychofizyczny.

Opracowana metodyka przeprowadzania eksperymentów i analizy wyników po przeprowadzeniu eksperymentu na założonej grupie badanych pozwoli zrealizować określone cele. Ponadto procedura przeprowadzania eksperymentu (po pewnych modyfikacjach) będzie miała zastosowanie do badania innych aspektów związanych z zachowaniem kierowcy, działaniem zaawansowanych systemów automatyzujących jazdę oraz bezpieczeństwem ruchu drogowego.

Podziękowania

Praca badawcza była finansowana przez projekt aDrive - PBS3/B6/28/2015 w ramach Programu Badań Stosowanych Narodowego Centrum Badań. Projekt ten jest pierwszym takim w Polsce, który dotyczy zagadnień związanych z pojazdami autonomicznymi.

Bibliografia:

- Higashimata A., Adachi K., Hashizume T., Tange S.: *Design of a headway distance control system for ACC*, „JSAE Review”, 22 (1)/2001, 15-22
- Norma ISO 15622:2002 dla ACC
- Norma ISO 15622:2010 dla ACC
- Norma ISO 22178:2009 dla LSF
- Norma ISO 22179:2009 dla SFRA
- Jastrzębski D., Mirosław M., Golon K., Dziewoński T.: *Simplified car simulator usage in HMI research in chosen active safety systems conditions, for semi-autonomous vehicles*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 12/2016, 1003-1009.
- <http://playseat.com.pl>, data dostępu: 22-11-2017.
- Kopyt A., Dziewoński T., Jastrzębski D., Golon K., Mirosław M.: *Modeling of a Human Driver For a Car Driving Simulator*, Materiały Konferencyjne „SpringSim-ANSS 2017”, USA.
- Jastrzębski D., Kopyt A., Golon K., Mirosław M., Dziewoński T.: *Fuzzy logic as a model of an actor-driver in simulator scenarios*, Materiały Konferencyjne „IRCOBI Conference 2017”, Belgia.
- <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx>, data dostępu: 20-11-2017.
- Główny Urząd Statystyczny: *Ludność. Stan i struktura oraz ruch naturalny w przekroju terytorialnym (stan w dniu 31.12.2016 r.) - tablice* (http://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5468/6/21/1/stan_i_struktura_ludno_oraz_ruch_naturalny_w_przekroju_teryt_stan-na-31-12-2016_-_tablice.zip), data dostępu: 04-10-2017).
- Omyła-Rudzka M., CBOS: *Komunikat z badań nr 86/2017. Styl jazdy polskich kierowców* (http://cbos.pl/SPIKOM.POL/2017/K_086_17.PDF), data dostępu: 04-10-2017).
- gov.uk: *Full car driving licence holders by age and gender: England (with chart)* (<https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/nts02-driving-licence-holders>), data dostępu: 18-10-2017).
- Office for National Statistics: *Population Estimates for UK, England and Wales, Scotland and Northern Ireland: mid-2016* (<https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/populationandmigration/populationestimates/bulletins/annualmidyearpopulationestimates/latest>), data dostępu: 18-10-2017).
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: *Distribution of Licensed Drivers - 2014 By Sex*

and Percentage in Each Age Group and Relation to Population (<https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2014/dl20.cfm>, data dostępu: 18-10-2017).

16. U.S Census Bureau: America's Age Profile Told through Population Pyramids (<https://www.census.gov/newsroom/blogs/random-samplings/2016/06/americas-age-profile-told-through-population-pyramids.html>, data dostępu: 18-10-2017).

Development of simulation tests in ACC system scenarios for a car simulator station

This paper presents development of simulation tests for a driving simulation station in ACC (Adaptive Cruise Control) system scenarios. Experiment assumptions, simulation tests procedures, selection of the tested group, analyzed parameters and the results of the preliminary tests were discussed. The comparison between ride parameters of volunteers and a car equipped with ACC system and validation of previously created fuzzy-driver model are main aims of the study. The experiment, composed with two exercises (outside urban and mixed scenarios) will be performed on previously identified tested group of volunteers. Ride parameters, such as velocity, distance to a leading car, time gap, will be assessed according to a prepared procedure.

Keywords: Adaptive Cruise Control, driving simulation station, fuzzy-driver.

Autorzy:

mgr inż. **Mateusz Papis** – asystent w Zakładzie Podstaw Konstrukcji, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, mpapis@meil.pw.edu.pl

mgr inż. **Dominik Jastrzębski** – asystent i doktorant w Zakładzie Podstaw Konstrukcji, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, djastrzebski@meil.pw.edu.pl

mgr inż. **Marcin Mirosław** – asystent i doktorant w Zakładzie Podstaw Konstrukcji, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, mmiroslaw@meil.pw.edu.pl

dr inż. **Antoni Kopyt** – adiunkt w Zakładzie Automatyki i Osprzętu Lotniczego, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, akopyt@meil.pw.edu.pl

dr inż. **Tomasz Dziewoński** – adiunkt w Zakładzie Podstaw Konstrukcji, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, tomekn@meil.pw.edu.pl

dr hab. inż. **Marek Matyjewski** – profesor PW, kierownik Zakładu Podstaw Konstrukcji, Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, mmatyjew@meil.pw.edu.pl