

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

DYSCYPLINA NAUKOWA
INŻYNIERIA LĄDOWA, GEODEZJA I TRANSPORT
DZIEDZINA NAUK INŻYNIERYJNO-TECHNICZNYCH

Rozprawa doktorska

mgr inż. Małgorzata Pełka

**Metoda oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie
zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego**

Promotor
dr hab. inż. Adam Rosiński, prof. uczelni

Promotor pomocniczy
dr inż. Mikołaj Kruszewski

WARSZAWA 2024

Pragnę podziękować Promotorowi oraz Promotorowi Pomocniczemu za wsparcie merytoryczne i motywację do dalszego rozwoju.

Szczególne podziękowania składam Dyrekcji Instytutu Transportu Samochodowego a także Koleżankom i Kolegom z Centrum Telematyki Transportu za możliwość wykorzystania wyników wspólnie planowanych i prowadzonych badań, życzliwość i okazaną pomoc.

Pracę dedykuję Mojej Rodzinie – Mężowi, Synowi, Rodzicom, Siostrze oraz Teściom. Dysertacja powstała także dzięki Waszej wierze we mnie i nieocenionej pomocy.

STRESZCZENIE

Metoda oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego

Niniejsza dysertacja ma na celu opracowanie metody oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

W dokumentach i strategiach unijnych szkolenia kierowców zostały wymienione jako jedno z priorytetowych działań na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD) w Europie. Pomimo faktu, iż nadzieje na zwiększenie poziomu BRD upatrywane są także w nowoczesnych technologiach, wciąż nie opracowano wymagań dla kierowców dotyczących właściwego korzystania chociażby z zaawansowanych systemów wsparcia kierowcy (ang. Advanced Driver Assistance Systems – ADAS).

W pracy dokonano analizy dostępnych źródeł na temat praktyk stosowanych w zakresie szkoleń kierowców z wykorzystania ADAS oraz możliwości korzystania z nich podczas egzaminu na prawo jazdy. Omówiono także stan wiedzy społeczeństwa na temat ADAS, źródła jej pozyskiwania i oczekiwania potencjalnych użytkowników. Większość przytoczonych wyników badań wskazywała na niski poziom wiedzy społeczeństwa. Oczekiwania użytkowników, oparte przede wszystkim na materiałach marketingowych, znacznie różniły się względem rzeczywistego potencjału systemów.

W dysertacji przedstawiono opracowany autorski model umożliwiający ocenę zachowania kierowcy w trakcie jazdy z systemem automatyzującym. Analizie poddano parametry jazdy zarejestrowane w badaniach z użyciem symulatora samochodu osobowego. Należały do nich m.in. czas reakcji kierowcy na komunikat o konieczności włączenia systemu, liczba prób włączenia systemu oraz czas reakcji na żądanie przejęcia kontroli. Efektywność szkolenia sprawdzono ze względu na uzyskaną ocenę całkowitą przez kierującego oraz określając przyrost umiejętności poprzez porównanie ocen uzyskanych w pierwszej i ostatniej sytuacji badawczej. Przedstawiona analiza wykazała wysoką trafność opracowanego modelu.

Model został przygotowany jako samodzielne narzędzie do oceny efektywności szkoleń kierowców, pilotów czy motorniczych. Może stanowić uzupełnienie prowadzonej oceny subiektywnej.

Słowa kluczowe: szkolenie kierowców, efektywność szkoleń, zaawansowane systemy wsparcia kierowcy, systemy automatyzujące jazdę, bezpieczeństwo ruchu drogowego

ABSTRACT

The method for evaluating the effectiveness of driver training in terms of enhancing road safety

This dissertation aims to develop a method for evaluating the effectiveness of driver training in terms of increasing traffic safety.

In European Union documents and strategies, driver training has been identified as one of Europe's priority action to improve road safety. Despite expectations for improving road safety using modern technology, requirements for drivers regarding the proper use of advanced driver assistance systems, for instance, have not yet been established.

The analysis of available sources on the practices employed in driver training concerning the use of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and their potential usage in driving license examinations were conducted in this study. Additionally, the public's knowledge about ADAS, its sources of information, and the expectations of potential users were discussed. The majority of the cited research findings indicated a low level of public awareness. User expectations, primarily based on marketing materials, revealed significant mismatch compared to the actual capabilities of the systems.

The dissertation presents a developed evaluation model enabling the assessment of driver behaviour during use of an automated system. The analysis focused on driving parameters gathered during tests using a passenger car simulator. These parameters included, among others, the driver's response time to the system activation message, the number of system activation attempts, and the response time for the request to intervene signal. The effectiveness of the training was checked due to the total score obtained by the driver and by determining the improvement of skills between the first and last attempts. The presented analysis showed the high accuracy of the developed model.

The model was prepared as a stand-alone tool for evaluating the effectiveness of training drivers, pilots or motorists. However, it can complement the conducted subjective evaluation.

Keywords: driver training, training efficiency, advanced driver assistance systems, automated driving systems, road safety

SPIS TREŚCI

Streszczenie	5
Abstract	6
Spis treści	7
Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń	10
1. Wstęp	11
2. Stan zagadnienia	14
3. Cel, teza i zakres pracy	20
4. Automatyzacja pojazdów.....	22
4.1. Poziomy automatyzacji.....	22
4.2. Charakterystyka zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę stosowanych w pojazdach.....	24
4.3. Przyporządkowanie systemów do poziomów automatyzacji	29
4.4. Wpływ zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę na bezpieczeństwo ruchu drogowego	31
5. Szkolenia kierowców w zakresie procesu uzyskiwania prawa jazdy kat. B	32
5.1. Przepisy unijne i krajowe – wymagania podczas szkolenia i egzaminowania kandydatów na kierowców	32
5.2. Badania na temat subiektywnej oceny umiejętności kierowców i kandydatów na kierowców.....	36
5.3. Praktyki w wykorzystaniu ADAS w szkoleniu kierowców i podczas egzaminu.....	39
5.3.1. Niderlandy	39
5.3.2. Stany Zjednoczone	42
5.3.3. Podsumowanie	45
6. Oczekiwania, stan wiedzy kierowców na temat ADAS i sposoby jej zdobywania... 47	
6.1. Badania prowadzone przez Komisję Europejską	47
6.2. Badania prowadzone w Polsce przez Instytut Transportu Samochodowego – AV-PL-ROAD	54

6.3.	Badania prowadzone przez Politechnikę Warszawską – AV-PL-ROAD	62
6.3.1.	Badania ankietowe osób prywatnych	62
6.3.2.	Badania z udziałem przedstawicieli branży TSL	65
6.4.	Badania prowadzone w Polsce przez Instytut Transportu Samochodowego – Trustonomy.....	67
6.5.	Pozostałe badania naukowe	70
7.	Nowatorskie metody szkolenia kierowców z wykorzystaniem zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę.....	78
7.1.	Grupa badawcza.....	85
7.2.	Zastosowane systemy szkoleń	89
7.2.1.	Szkolenie praktyczne.....	89
7.2.2.	Szkolenie teoretyczne.....	93
7.2.3.	Skrócony instruktaż.....	96
7.3.	Ocena szkolenia	97
7.4.	Metodyka badań.....	98
7.4.1.	Moduł 1 – Wprowadzenie	99
7.4.2.	Moduł 2 – Adaptacja	99
7.4.3.	Moduł 3 – Rozpoczęcie szkolenia.....	101
7.4.4.	Moduł 4 – Subiektywna ocena szkolenia	102
7.4.5.	Moduł 5 – Przejazd testowy	102
7.5.	Wyniki badań.....	104
7.5.1.	Wyniki kwestionariuszy RSSQ	104
7.5.2.	Wyniki badań symulatorowych.....	106
7.5.3.	Wyniki kwestionariuszy – ocena umiejętności kierowców	112
8.	Metoda oceny efektywności szkoleń kierowców	118
8.1.	Model oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego	118
8.2.	Struktura danych i implementacja modelu	125

8.3.	Wyniki modelu rozmytego	126
9.	Weryfikacja metody oceny efektywności szkoleń kierowców.....	136
9.1.	Walidacja modelu uwzględniająca ocenę zachowania w pojedynczej sytuacji badawczej	136
9.1.1.	Struktura danych i implementacja modelu do oceny pojedynczej sytuacji badawczej.....	140
9.1.2.	Wyniki modelu rozmytego dla pojedynczej sytuacji badawczej	140
9.2.	Dobór próby badawczej	148
9.3.	Wnioski z weryfikacji metody	151
10.	Podsumowanie pracy	153
	Bibliografia.....	162
	Spis rysunków	179
	Spis tabel	182
	Załączniki	184

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ

ACC	ang. Adaptive Cruise Control	adaptacyjny tempomat
ADAS	ang. Advanced Driver Assistance Systems	zaawansowane systemy wsparcia kierowcy
ADS	ang. Automated Driving Systems	systemy automatyzujące jazdę
AEB	ang. Autonomous Emergency Braking	system awaryjnego hamowania automatycznego
AV	ang. Autonomous Vehicles	pojazdy autonomiczne
BRD	-	bezpieczeństwo ruchu drogowego
CC	ang. Cruise Control	tempomat
DDD	ang. Driver Drowsiness Detection	wykrywanie stanu zmęczenia kierowcy
DSM	ang. Driver State Monitoring	systemy monitorowania kierowcy
FCW	ang. Forward Collision Warning	ostrzeżenie o możliwości kolizji czołowej
GSR	ang. General Safety Regulations	Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/2144 z dnia 27 listopada 2019 r. w sprawie wymogów dotyczących homologacji typu pojazdów silnikowych i ich przyczep oraz układów, komponentów i oddzielnych zespołów technicznych przeznaczonych do tych pojazdów, w odniesieniu do ich ogólnego bezpieczeństwa oraz ochrony osób znajdujących się w pojeździe i niechronionych uczestników ruchu drogowego
HC	ang. Highway Chauffeur	asystent jazdy po autostradzie
HMI	ang. Human Machine Interfaces	interfejsy człowiek-maszyna
LDW	ang. Lane Departure Warning	ostrzeżenie przed niezamierzoną zmianą pasa ruchu
LKA	ang. Lane Keeping Assist	asystent utrzymania pasa ruchu
NHTSA	ang. National Highway Traffic Safety Administration	Krajowa Administracja Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego
PA	ang. Parking Assistance	asystent parkowania
RSSQ	ang. Revised Simulator Sickness Questionnaire	zrewidowany kwestionariusz oceny choroby symulatorowej
RtI	ang. Request to Intervene	żądanie przejęcia kontroli
TSR	ang. Traffic Sign Recognition	system rozpoznający znaki drogowe

1. WSTĘP

Zwiększanie poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego i zmniejszanie skutków wypadków drogowych stanowi obecnie jeden z najważniejszych priorytetów działań wielu państw nie tylko w Europie, ale i na świecie. W Europie najważniejszym dokumentem określającym priorytety i planowane działania jest tzw. Wizja Zero (ang. Vision Zero). Strategia opracowana na lata 2010-2020 zakładała zmniejszenie o połowę liczby ofiar śmiertelnych i ciężko rannych w wypadkach drogowych do roku 2020. Pomimo znacznej poprawy założenia te nie zostały spełnione. Długookresowa zmiana liczby śmiertelnych ofiar wypadków drogowych w 27 krajach UE i 3 krajach EFTA wskazuje 37% spadek w 2020 roku w porównaniu z rokiem 2010. Mimo to w 2021 r. na drogach UE straciło życie 19 823 osób [31].

Dokument EU ROAD SAFETY POLICY FRAMEWORK 2021 – 2030 Next steps towards ‘Vision Zero’ zakłada wydłużenie perspektywy osiągnięcia założonego celu do roku 2030 oraz uzyskanie wartości bliskich zeru do roku 2050 [30]. Działania w tym zakresie podzielono na siedem głównych obszarów:

- edukacja i szkolenie kierowców,
- egzekwowanie przepisów ruchu drogowego,
- bezpieczniejsza infrastruktura drogowa,
- bezpieczniejsze pojazdy,
- nowoczesne technologie,
- urazy i reagowanie w sytuacjach kryzysowych,
- niechronieni użytkownicy dróg.

Należy także zauważyć, że pomimo szeregu działań i spadku liczby wypadków powodujących obrażenia ciała oraz ofiary śmiertelne o 26% w latach 2010-2019 oraz aż o 39% w 2020, w porównaniu z rokiem 2010 [53] Polska wciąż znajduje się w czołówce krajów z najwyższą liczbą wypadków drogowych i ich ofiar w Europie. Znaczny spadek liczby wypadków i osób poszkodowanych w ostatnich latach był spowodowany także pandemią i wynikającym z niej ograniczaniem liczby podróży.

Na polskich drogach każdego roku ginie średnio około 3 tys. osób, z czego połowa to kierowcy samochodów osobowych i ich pasażerowie, a około 40% – niechronieni uczestnicy ruchu drogowego (w tym piesi, rowerzyści, motocykliści). Tylko w roku 2021 zgłoszono 22 816 wypadków drogowych, w których śmierć poniosło 2 245 osób, a 26 415 zostało rannych (w tym 8 276 ciężko) [162].

Według doniesień Światowej Organizacji Zdrowia, co roku na świecie odnotowuje się około 1,35 mln śmiertelnych ofiar wypadków drogowych, co oznacza, że co około 24 sekundy na drodze ginie człowiek [120]. Wypadki drogowe są główną przyczyną śmierci osób w wieku od 5 do 25 lat [15], [120].

Zgodnie z analizami statystyk policyjnych dotyczących liczby wypadków oraz ich skutków wynika, że około 90% wypadków powodowanych jest niewłaściwym zachowaniem człowieka. Polska jest krajem charakteryzującym się wysoką liczbą wypadków drogowych oraz ich ofiar.

Na taki stan rzecz wpływ może mieć szereg czynników. Można do nich zaliczyć między innymi: zmęczenie, wysoki poziom stresu, niewłaściwy poziom sprawności, przecenianie swoich możliwości czy przestymulowanie liczbą zadań oraz niedociążenie lub przeciążenie informacyjne w związku z sytuacją drogową. Jeśli chodzi o błędne postrzeganie własnych umiejętności, przeszacowanie jest prawdopodobnie bardziej niebezpieczne niż niedocenywanie, ponieważ może zwiększać liczbę ryzykownych zachowań w ruchu drogowym [100]. Należy zauważyć, że kierowanie pojazdem jest złożonym zadaniem, wymagającym stałego skupienia i koncentracji na sytuacji drogowej [20], [50], [144], [164].

Szansą na zmniejszenie liczby poszczególnych rodzajów wypadków i tym samym liczby osób rannych i zabitych jest częściowa eliminacja czynnika ludzkiego poprzez wykorzystanie zaawansowanych systemów wsparcia kierowcy. Obecnie na rynku funkcjonuje wiele systemów i asystentów kierowcy, które w zależności od poziomu zaawansowania mogą ostrzec kierowcę o niebezpieczeństwie za pomocą różnego rodzaju komunikatów lub przejąć kontrolę nad pojazdem, wykonując – w krytycznym momencie – manewr minimalnego ryzyka lub hamowania awaryjnego. Należy jednak pamiętać, że jak każde rozwiązanie, systemy te spełniają swoje funkcje wyłącznie w przypadku ich właściwego wykorzystania. Obecnie brak jest rzetelnych materiałów szkoleniowych czy informacyjnych. Z badań przeprowadzonych przez Instytut Transportu Samochodowego wynika, że większość kierowców nie potrafi korzystać z systemów lub uczy się ich korzystania w trakcie jazdy metodą prób i błędów. Zaledwie 27% ankietowanych zadeklarowało, że swoją wiedzę czerpie z instrukcji użytkowania pojazdu [131]. Przeprowadzona w ramach zadania 1 projektu AV-PL-ROAD [118] szczegółowa analiza instrukcji wykazała, że długość instrukcji pojazdu wynosi od 400 do 900 stron, a ich złożoność zniechęca do rzetelnego zapoznania się z ich treścią. Niejednokrotnie występują w nich błędy tłumaczenia czy niezrozumiałe sformułowania, co dodatkowo utrudnia przyswojenie wiadomości [122]. Informacje przedstawione w materiałach marketingowych i reklamach bardzo często odbiegają od rzeczywistości, idealizując systemy stanowiące

wyposażenie pojazdów i ich funkcje. Prowadzi to do bardzo niebezpiecznych sytuacji nadmiernego zaufania i rozproszenia uwagi w trakcie jazdy.

Z tego względu konieczne wydaje się opracowanie nowatorskich metod szkolenia kierowców z wykorzystania systemów już implementowanych w obecnych pojazdach. Rzetelne materiały i informacje przekazane w przystępny sposób umożliwiłyby zwiększenie wiedzy dużego grona kierowców i kandydatów na kierowców, co mogłoby wprost przełożyć się na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego [70].

Kolejnym krokiem w automatyzacji jest wdrożenie pojazdów autonomicznych (ang. Autonomous Vehicles – AV) na szeroką skalę. Pomimo istnienia oczywistych, długoterminowych korzyści nadal istnieje kilka przeszkód spowalniających upowszechnianie pojazdów autonomicznych, do których należą nieodpowiednia infrastruktura transportowa i ustawodawstwo oraz kwestie prywatności danych i akceptacji społecznej [122]. Niezależnie od tych wyzwań pojazdy autonomiczne przeszły już rygorystyczne testy na drogach publicznych w różnych regionach świata i oczekuje się, że w niedalekiej przyszłości staną się bardziej powszechne. W rzeczywistości AV mogą być dostępne do użytku komercyjnego już w 2025 r. [10], chociaż może minąć więcej czasu, zanim zostaną one zaakceptowane przez ogół społeczeństwa. Badania sugerują, że powszechne przyjęcie pojazdów autonomicznych rozszerzy się poza sektor pojazdów użytkowych w krajach rozwiniętych, znajdując szerokie zastosowanie przede wszystkim w miejskim transporcie pasażerskim [104]. Postawy i sposoby myślenia społeczeństwa mają znaczący wpływ na tempo adaptacji nowych technologii, a co za tym idzie, na efektywne wykorzystanie korzyści oferowanych przez pojazdy zautomatyzowane. Opracowania naukowe wskazują, że bezpieczeństwo drogowe oraz kwestie etyczne odgrywają istotną rolę w akceptacji pojazdów zautomatyzowanych [83]. Wprowadzenie szkoleń i rozszerzenie wiedzy użytkowników na temat pojazdów zautomatyzowanych może przyczynić się nie tylko do poprawy poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego, ale także do wzrostu świadomości i akceptacji społecznej oraz do łatwiejszego wdrożenia pojazdów autonomicznych w przyszłości.

2. STAN ZAGADNIENIA

Postęp technologiczny przyczynia się do zwiększenia tempa zmian w różnych dziedzinach życia, w tym również w dziedzinie motoryzacji. W ciągu kolejnych dziesięcioleci można spodziewać się znacznych zmian w charakterystyce użytkowania dróg, związanych z coraz większą automatyzacją pojazdów. Aktualnie dostępne technologie znacznie ułatwiają zadanie prowadzenia pojazdu, jednak wraz z postępującą automatyzacją istnieje konieczność zastanowienia się nad rolą kierowców. Należy podkreślić, że choć technologia może stanowić pewne zabezpieczenie przed wieloma niebezpieczeństwami na drodze, nie powinna być postrzegana jako panaceum, a także nie powinna zastępować skutecznego szkolenia i licencjonowania kierowców. Nie mniej jednak, możliwości, jakie daje rozwój technologiczny, pozwalają na zapobieganie wielu wypadkom drogowym, co może wpłynąć szczególnie korzystnie na bezpieczeństwo młodych kierowców, którzy często są bardziej narażeni na ryzyko kolizji.

W kontekście wpływu rozwoju technologicznego na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego pojawiają się ponadto pytania dotyczące szkolenia kierowców, sposobów nauki bezpiecznej jazdy oraz tego, jak najlepiej wykorzystać technologie zautomatyzowanej jazdy. Istotne jest również rozważenie, jak kierowcy powinni być szkoleni, aby móc bezpiecznie przestawiać się między jazdą w trybie pełnej automatyzacji a jazdą z wykorzystaniem systemów wspomagania.

Zgodnie z obserwacją Simpsona [141], szkolenie kierowców powinno skupiać się na aspektach związanych z prowadzeniem pojazdu, które mają związek z ryzykiem kolizji, aby osiągnąć potencjał redukcji strat. Jednak badania dotyczące kluczowych czynników wieku i doświadczenia, które zwiększają ryzyko kolizji u młodych kierowców, rozwijają się powoli, co ogranicza podstawę empiryczną do opracowania programów nauczania. Niemniej jednak osiągnięto w tym zakresie pewien poziom wiedzy, który powinien być wykorzystany jako podstawa do opracowania programów szkoleniowych [91].

Wiele spośród aktualnych kursów nauki jazdy obejmuje przynajmniej niektóre umiejętności psychomotoryczne, percepcyjne i poznawcze, które zostały wykazane jako czynniki zwiększające ryzyko kolizji u młodych kierowców. Niestety ze względu na szeroki zakres omawianych tematów i ograniczony czas szkolenia, zazwyczaj są one opisane w sposób powierzchowny. Skuteczność kursów, z punktu widzenia bezpieczeństwa, mogłaby wzrosnąć w przypadku położenia większego nacisku, m.in. na umiejętności związane z zapobieganiem uczestnictwa w kolizjach, dzięki rozpoznawaniu zagrożeń i właściwej ocenie ryzyka [91], [92].

Szkolenie powinno obejmować zdobywanie takich umiejętności w sytuacjach, które w warunkach ruchu rzeczywistego byłyby obarczone wysokim ryzykiem. Do tego celu możliwe jest zastosowanie do szkoleń symulatorów jazdy [93], [64],[65], [84],[85],[86],[87].

Symulatory jazdy stanowią atrakcyjną alternatywę dla szkolenia początkujących kierowców na drodze, ze względu na możliwość kontrolowania kluczowych aspektów środowiska drogowego, co zapewnia bezpieczeństwo zarówno kursanta, jak i instruktora [24]. W Holandii symulatory są wykorzystywane do szkolenia kandydatów na kierowców przed przystąpieniem do jazdy w warunkach drogowych [25]. Literatura poświęcona ocenie skuteczności tego typu szkoleń wskazuje poprawę umiejętności uczestników w symulowanym środowisku [4], [3], [5], [25], szczególnie gdy scenariusze odwzorowują możliwe rzeczywiste sytuacje drogowe [32]. Wskazane badania jednoznacznie potwierdzają, że symulatory są przydatne do treningu konkretnych umiejętności [32], [157].

Przytoczone opracowania naukowe sugerują ponadto, że szkolenie z wykorzystaniem symulatora wysokiej klasy (tzw. symulator wysokiej wierności, np. pełny pojazd, pole widzenia 180 stopni) wiąże się z niższym ryzykiem wypadku w porównaniu do tradycyjnego szkolenia kierowców, natomiast symulatory o niskiej wierności (np. monitor komputerowy, kierownica, pedały przyspieszenia i hamulca) nie przynoszą już takich samych korzyści [4], [3], [5], [32].

Zgodnie z Dyrektywą 2003/59 UE [28] wysokiej klasy symulatory jazdy mogą być wykorzystywane do szkolenia kierowców zawodowych. Dokument dopuszcza możliwość wykorzystania symulatorów zarówno w trakcie kursu szkoleniowego dla kwalifikacji wstępnej, kursów okresowych jak i samego egzaminu. Minimalne wymagania dla symulatorów, które mogą być stosowane do szkolenia zgodnie z zapisami dyrektywy zostały zapisane w publikacji [85].

Symulatory jazdy są powszechnie stosowane także do szkolenia w zakresie prowadzenia pociągów. Jednak pomimo ich popularności wciąż istnieje niewielka liczba opracowań naukowych poświęconych ocenie technik szkoleniowych opartych na symulacjach, zwłaszcza w kontekście przygotowania i zapobiegania wypadkom kolejowym. Dotychczasowe szkolenia oparte na symulacjach skupiały się głównie na rozpoznawaniu sygnałów i oznak zmęczenia [82], [129]. Środowiska wirtualne dają możliwość wielokrotnego ćwiczenia umiejętności identyfikacji i reakcji maszynistów w różnorodnych, potencjalnie niebezpiecznych sytuacjach kolejowych. Symulatory kolejowe składają się z pełnej kabiny z projekcją o kącie widzenia 180 stopni oraz z trójwymiarowych, wirtualnych obrazów elementów infrastruktury kolejowej. Posiadają również możliwość implementacji różnych

warunków atmosferycznych, jak na przykład: mgła, deszcz, wiatr, oślepiające słońce, a także specyficznych warunków ruchu, takich jak: duży ruch, wypadki, czy osoby znajdujące się na torach **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania..** Interaktywne symulatory odgrywają istotną rolę w odwzorowywaniu krytycznych zdarzeń i są kluczowym elementem programów szkoleniowych dla kierujących pociągami. Symulowane środowiska zapewniają bardziej bezpieczne, kontrolowane warunki, w których kierujący pociągami oraz inni pracownicy kolejowi mogą ćwiczyć niezbędne umiejętności, do których należą chociażby krytyczne myślenie czy podejmowanie decyzji.

W publikacji [149] stwierdzono, że istotną częścią redukcji potencjalnych błędów maszynistów pociągów oraz poprawy ich wydajności jest odpowiednie zaprojektowanie szkoleń opartych na symulacjach. W artykule przedstawiono wyniki badań z udziałem ośmiu doświadczonych maszynistów w wieku od 40 do 61 lat, którzy jednocześnie byli instruktorami. Ich doświadczenie w prowadzeniu pociągu wynosiło od 16 do 28 lat.

W ramach wspomnianego badania przeprowadzono analizę poznawczą, wykorzystując metodę krytycznego podejmowania decyzji (ang. critical decision method – CDM), przy zastosowaniu projektu badawczego z wykorzystaniem grupy fokusowej. Proces ten zaowocował zwiększeniem poziomu wiedzy na temat procesów podejmowania decyzji przez doświadczonych maszynistów pociągów. Przeanalizowano 11 punktów decyzyjnych, 17 wskazówek, 30 istotnych działań reaktywnych i zidentyfikowano 45 możliwych błędów na podstawie analizy czterech głównych incydentów. Lista odpowiedzi ekspertów, uzyskana w wyniku tej procedury, może być wykorzystana przez trenerów do udzielania informacji zwrotnych uczestnikom szkolenia w celu poprawy ich umiejętności podejmowania decyzji.

W badaniu zarejestrowano również liczbę działań, które maszynista musi wykonać jednocześnie dla każdego incydentu oraz listę możliwych błędów. Zdaniem autorów dane te mogą posłużyć do opracowania miar obiektywnych, umożliwiających ocenę umiejętności przez uczestników szkolenia. Czas podejmowania decyzji może być również oceniany poprzez analizę opóźnień czasowych związanych z oczekiwanymi działaniami. Szczegółowe informacje na temat umiejętności podejmowania decyzji można uzyskać, analizując wyniki w zakresie określonych podzadań operatora, na przykład oceniając reakcje na przejechanie sygnału stop [149].

Z kolei metodyka oceny postępu umiejętności kierowcy, który odbył szkolenie z doskonalenia techniki jazdy, została zaprezentowana w publikacji [66]. W celu oceny skuteczności szkolenia zaproponowano przekształcenie wielowymiarowych wyników, takich jak czas przejazdu trasy testowej i liczba popełnionych błędów przed i po szkoleniu,

w dwuwymiarową przestrzeń wskaźnika umiejętności i postępu kierowcy. Zaproponowane wskaźniki uwzględniają fakt, że uzyskanie istotnej poprawy wyników podczas treningu zależy nie tylko od samego poziomu szkolenia, ale także od początkowych umiejętności kierowcy. Zdaniem autorów, opracowane wskaźniki umożliwiają obiektywne porównanie poziomu umiejętności kierowcy przed szkoleniem oraz postępu osiągniętego w wyniku przeprowadzonego treningu. Wskaźnikowa ocena efektów szkolenia jednego kierowcy, rozszerzona na populację wielu kierowców, może posłużyć do oceny jakości samego kursu.

W omawianej pracy przedstawiono wskaźnik umiejętności kierowcy (WUK), którego wartość była zależna od sześciu parametrów:

- czas przejazdu przed szkoleniem [s],
- liczba błędów pierwszego rodzaju przed szkoleniem,
- liczba błędów drugiego rodzaju przed szkoleniem,
- czas przejazdu po szkoleniu [s],
- liczba błędów pierwszego rodzaju po szkoleniu,
- liczba błędów drugiego rodzaju po szkoleniu.

Inne źródła zwracają z kolei uwagę na to, że ocena bezwzględna nie jest wystarczająco miarodajna w przypadku oceny skuteczności procesu kształcenia. Wynika to z faktu, że poprawa niskiego wyniku początkowego jest znacznie łatwiejsza niż wyniku wysokiego. W związku z tym badacze i analitycy stosują ocenę względną, która bierze pod uwagę przyrost wiedzy, umiejętności i kompetencji w stosunku do wyniku początkowego. Przyrost względny jest obliczany jako iloraz bezwzględnego przyrostu i wyniku początkowego. Ponieważ wartość przyrostu względnego jest silnie skorelowana z wynikiem początkowym i nie jest miarodajna samodzielnie, analiza obejmuje całą grupę uczestników szkolenia. Dzięki temu można zastosować wskaźniki statystyczne, takie jak: średnia, mediana i odchylenie standardowe do oceny zmienności wyników [158].

Innym sposobem wyznaczania liczbowych wskaźników przyrostu wiedzy czy umiejętności jest stosowanie testów hipotez statystycznych, które badają istotność różnicy pomiędzy wynikami testu przed i po kursie. Metoda ta została zastosowana do oceny skuteczności szkoleń z eco-drivingu [13] oraz szkoleń dotyczących minimalizacji ryzyka przez młodych kierowców [67]. W literaturze można również spotkać zastosowanie analizy ANOVA do oceny skuteczności kursów techniki jazdy samochodem. Należy jednak zauważyć, że te metody nie pozwalają na ocenę indywidualnych uczestników, a jedynie całej grupy, co niewątpliwie stanowi istotną wadę wspomnianego rozwiązania.

Kolejnym kluczowym działaniem w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego są szkolenia kierowców w zakresie zarządzania zmęczeniem. Niestety oceny skuteczności w tym zakresie są rzadko publikowane. Wyniki prac zostały przedstawione w artykule Philippa i in. [38]. W ramach kompleksowego podejścia do zarządzania zmęczeniem, opracowano i wdrożono programy edukacyjne dla kierowców lekkich pojazdów pracujących dla dużej firmy naftowej oraz kierowców ciężkich pojazdów pracujących dla jej kontrahentów dystrybucyjnych i innych firm w Nowej Zelandii. Przeprowadzono trzy różne oceny skuteczności szkolenia.

Wśród 275 kierowców pojazdów ciężkich przeprowadzono anonimowy quiz przed i po dwugodzinnym szkoleniu na żywo w zakresie zarządzania zmęczeniem. Celem badania była ocena przyswojenia wiedzy. Odnotowano znaczną poprawę mediany wyników z 9 na 16 do 14 na 16 punktów. Ankieta uzupełniająca została wysłana pocztą do wszystkich kierowców cystern pracujących dla wykonawców dystrybucji ropy naftowej od 1 do 26 miesięcy po szkoleniu. Większość (82%) kierowców cystern odpowiedziała poprawnie na co najmniej 12 z 14 pytań typu prawda/fałsz dotyczących zmęczenia i środków zaradczych. 75% badanych uznało, że szkolenie z zarządzania zmęczeniem było co najmniej umiarkowanie przydatne, 47% zmieniło swoje strategie w życiu prywatnym, a 49% zmieniło swoje strategie w pracy.

Ankieta uzupełniająca została również rozprawdzona co najmniej miesiąc po wstępnym szkoleniu wśród 350 kierowców lekkich pojazdów (wskaźnik odpowiedzi 54%). Większość badanych (70%) odpowiedziała poprawnie na co najmniej 11 z 13 pytań typu prawda/fałsz dotyczących zmęczenia i środków zaradczych. Dziewięćdziesiąt jeden procent badanych uznało, że szkolenie z zarządzania zmęczeniem było co najmniej umiarkowanie przydatne, 50% zmieniło strategie w domu, a 43% zmieniło strategie w pracy.

Oceny przeprowadzone za pomocą ankiet jednoznacznie wskazują, że większość kierowców pojazdów ciężkich i lekkich dostrzegła pewne korzyści ze szkolenia w zakresie zarządzania zmęczeniem. Natychmiastowy przyrost wiedzy ze szkolenia został w dużej mierze zachowany, a znaczna część kierowców wdrożyła przynajmniej niektóre strategie zarządzania zmęczeniem sugerowane podczas szkolenia. Można zatem wywnioskować, że edukacja jest przydatna w rozwijaniu kultury zarządzania zmęczeniem [38].

Ocena jakości szkolenia jest niesamowicie istotna także w ruchu lotniczym. W publikacji [23] przeprowadzono metaanalizę 24 wielkości efektów z eksperymentów transferu treningu z wykorzystaniem symulatora ruchu całej kabiny jako zmiennej niezależnej.

W powyższej pracy zbadano trzy zmienne: projekt eksperymentu, rodzaj zadania i doświadczenie badanych. Ze względu na dużą heterogeniczność uwzględnionych

eksperymentów zastosowano model efektów losowych oraz korektę błędu pomiaru. Celem badania było określenie skuteczności treningu na symulatorze.

Autorzy uznali, że zarówno poprawa wydajności uzyskana w symulatorze, jak i subiektywne opinie pilotów i personelu, są nieważnymi kryteriami oceny skuteczności treningowej. Zamiast tego zaproponowano kompleksową metaanalizę przeniesienia eksperymentów szkoleniowych z ruchem całego ciała jako zmienną niezależną. Wyniki tej metaanalizy sugerują, że całościowy ruch kabiny jest istotny, gdy osoby niedoświadczone w locie muszą nauczyć się manewrowania helikopterem lub wykonywania zadań związanych z zakłóceniami. Ruch może nie być natomiast istotny dla ekspertów odświeżających swoje umiejętności manewrowania.

Do podobnych wniosków doszedł zespół Pool i in. [125]. Celem eksperymentu opisanego w publikacji było ilościowe określenie wpływu sprzężenia zwrotnego ruchu na trening i transfer wyuczonych umiejętności kontrolnych. Zachowanie kontrolne uczestników zostało zamodelowane z wykorzystaniem multimodalnych quasi-liniowych modeli ludzkiego operatora. W eksperymencie wzięło udział 24 niedoświadczonych uczestników. Osoby badane zostały podzielone na dwie grupy. Pierwsza z nich została przeszkolona w warunkach symulatora o stałej podstawie i przeniesiona do warunku ruchomej podstawy, druga grupa została przeszkolona z użyciem ruchomej podstawy, a następnie przeniesiona do warunku symulatora o stałej podstawie. W publikacji trendy uczenia się w zakresie wydajności i parametrów behawioralnych zostały określone ilościowo przy użyciu dopasowanych modeli wykładniczej krzywej uczenia się. Większość dopasowań modelu ludzkiego operatora okazała się wystarczająco poprawna, aby zapewnić znaczący ilościowy pomiar zachowania kontrolnego uczestników. Ostatecznie wykluczono jedynie 2% dopasowanych modeli. Większość z nich wystąpiła we wczesnych fazach szkolenia i oceny.

W eksperymencie trening i ocena umiejętności kontroli manualnej były mierzone przez siedem kolejnych dni roboczych, podczas których uczestnicy brali udział w eksperymencie. Jednak w praktyce treningowej czas między szkoleniem a zastosowaniem wyuczonych umiejętności może być znacznie dłuższy. Źródła wskazują, że wyuczone umiejętności mogą stopniowo pogarszać się z czasem, gdy nie są używane [69], [130]. Szczegółowe zbadanie behawioralnego sterowania manualnego opartego na umiejętnościach jest również interesujące z punktu widzenia oceny skuteczności treningu wykorzystującego symulator.

3. CEL, TEZA I ZAKRES PRACY

Przeprowadzona w pracy analiza dostępnych źródeł wykazała, że pomimo powszechnego stosowania ADAS i wprowadzania niektórych systemów jako obowiązkowych, potencjalni użytkownicy mają bardzo małą wiedzę na ich temat. Obecnie brakuje rzetelnych materiałów, z których kierowcy mogliby czerpać swoją wiedzę. Instrukcje, choć często zawierają błędy, wciąż stanowią główne źródło informacji. Kierowcy oraz dealerzy nie są świadomi benefitów i zagrożeń wynikających z korzystania z ADAS. Jest to sytuacja wyjątkowo niekorzystna z punktu widzenia zarówno świadomości społecznej, jak i bezpieczeństwa ruchu drogowego. Dalszy rozwój technologiczny wśród zupełnie nieświadomego społeczeństwa może potęgować brak zaufania i akceptacji do tego typu technologii, co z kolei może spowodować efekt odwrotny do zamierzonego. Konieczna zatem wydaje się ciągła edukacja użytkowników pojazdów. Wymaga ona włączenia odpowiednich szkoleń w program nauczania kierowców, które zawierają aktualne informacje na temat systemów obowiązkowych oraz tych, które zostaną wprowadzone w ciągu najbliższych 2-5 lat. Wprowadzenie kolejnych systemów umożliwiających osiągnięcie poziomu 5 autonomii ma sens tylko wtedy, gdy użytkownicy pojazdów są świadomi, jak ich prawidłowo używać oraz jakie są ich ograniczenia. Wiedza ta powinna być stopniowo poszerzana w trakcie szkoleń, podczas których zwraca się uwagę na poznanie budowy pojazdu oraz działania czujników i radarów, które w określonych warunkach mogą nie działać lub działać z ograniczoną wydajnością. Kierowca powinien znać limity systemu i wiedzieć, jakie działania podjąć w takich sytuacjach.

Podjęmowane w tym zakresie wdrożenia pilotażowe w poszczególnych krajach oraz działania w ramach m.in. międzynarodowych projektów naukowo-badawczych, dotychczas nie poskutkowały opracowaniem skutecznego systemu szkoleń kierowców i kandydatów na kierowców. Do tej pory, pomimo powszechnego wykorzystania rozwiązań ADAS w samochodach oraz wdrożenia systemów montowanych obligatoryjnie w nowych pojazdach, takich jak: inteligentny asystent kontroli prędkości, awaryjny sygnał stopu czy wykrywanie obiektów przy cofaniu, nie wprowadzono wymagań co do umiejętności kierowców z zakresu ich właściwego wykorzystania. Brakuje także jednoznacznego podejścia do oceny jakości i skuteczności przeprowadzanych szkoleń.

Na podstawie niniejszych rozważań zdefiniowano problem badawczy niniejszej rozprawy.

TEZA PRACY:

Możliwe jest opracowanie metody oceny efektywności szkoleń kierowców przy zastosowaniu logiki rozmytej z wykorzystaniem danych zarejestrowanych przez symulator jazdy, w celu oceny zwiększania wiedzy kierowców i kandydatów na kierowców z zakresu właściwego wykorzystania zaawansowanych systemów wsparcia kierowcy i systemów automatyzujących jazdę.

Cel naukowy wynikający z niniejszej tezy to opracowanie metody oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Celami częściowymi pracy są opracowanie modelu matematycznego wykorzystującego parametry ruchu kluczowe z punktu widzenia bezpieczeństwa oraz weryfikacja metody z wykorzystaniem danych obiektywnych oraz subiektywnych.

ZAKRES PRACY:

- przegląd literaturowy stanu zagadnienia stanowiący wprowadzenie do problematyki pracy,
- przeprowadzenie szkolenia na wybranej grupie kierowców z wykorzystaniem symulatora jazdy, dedykowanej platformy e-learningowej oraz specjalnie opracowanych testów i kwestionariuszy,
- przeprowadzenie badań eksperymentalnych z wykorzystaniem wysokiej klasy symulatora jazdy,
- analiza danych zebranych w trakcie testów,
- opracowanie modelu matematycznego, którego zadaniem jest ocena zachowania uczestnika służąca do oceny efektywności otrzymanego szkolenia,
- analiza danych z wykorzystaniem określonego aparatu matematycznego w postaci modelu rozmytego umożliwiającego ocenę efektywności szkoleń kierowców z wykorzystaniem danych zarejestrowanych przez symulator jazdy,
- dokonanie weryfikacji opracowanego modelu oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

4. AUTOMATYZACJA POJAZDÓW

Historia pierwszych prób automatyzacji sterowania pojazdami ma swoje początki w latach dwudziestych XX wieku. W roku 1926 firma Chandler zaprezentowała pionierski pojazd, który był sterowany radiowo przez operatora znajdującego się w drugim pojeździe, podążającym za pojazdem bezzałogowym. Należy zaznaczyć, że w tym przypadku nie można mówić o pełnej autonomii pojazdu. Niemniej jednak, jest to pierwszy udokumentowany przypadek, w którym samochód poruszał się po drodze bez załogi [33], [62].

Automatyzacja pojazdu dotyczy głównie zadań podstawowych związanych z manewrowaniem. Automatyzacji podlegają cztery klasy funkcji, które do tej pory realizowane były przez kierującego. Należą do nich:

- pozyskanie informacji,
- przetwarzanie informacji,
- podjęcie decyzji,
- wykonanie czynności sterowniczych [19], [97].

4.1. Poziomy automatyzacji

W literaturze funkcjonuje kilka sposobów klasyfikacji określających poziomy automatyzacji pojazdów. Obecnie najbardziej powszechną jest klasyfikacja opracowana przez SAE International Society of Automotive Engineers w 2014 r i zaktualizowana m.in. w 2021 roku. Zdefiniowano w niej 6 poziomów automatyzacji [137]:

- Poziom 0 (brak automatyzacji jazdy) – wszystkie aspekty związane z prowadzeniem pojazdu są kontrolowane przez kierowcę. Rola systemów, w jakie wyposażony jest pojazd, sprowadza się do wydania ostrzeżenia.
- Poziom 1 (wsparcie kierowcy) – zaimplementowane w pojeździe systemy wspomaganie kierowcy mogą przejąć kontrolę nad sterowaniem lub przyspieszaniem i hamowaniem pojazdu. Wszelkie pozostałe aspekty jazdy wykonywane są przez kierowcę.
- Poziom 2 (częściowa automatyzacja jazdy) – zaimplementowane w pojeździe systemy wspomaganie kierowcy wykorzystują informacje o środowisku, mogą przejąć kontrolę nad sterowaniem i przyspieszaniem oraz hamowaniem pojazdu. Wszelkie pozostałe aspekty jazdy wykonywane są przez kierowcę. Na kierowcy spoczywa odpowiedzialność za nadzór nad pracą systemów oraz zaangażowanie we wszystkie pozostałe aspekty związane z prowadzeniem pojazdu.

- Poziom 3 (warunkowa automatyzacja jazdy) – pojazd wyposażony w system automatyzujący jazdę, pracujący prawidłowo w określonych warunkach. Zadaniem kierowcy jest monitorowanie sytuacji i niezwłoczne przejęcie kontroli nad pojazdem w przypadku żądania ze strony systemu.
- Poziom 4 (wysoka automatyzacja jazdy) – pojazd wyposażony w system automatyzujący jazdę, działający prawidłowo w określonych warunkach, który jest w stanie uniknąć zagrożenia nawet w przypadku braku reakcji ze strony kierowcy.
- Poziom 5 (pełna automatyzacja jazdy) – pojazd jest w stanie poruszać się bez udziału kierowcy we wszystkich warunkach drogowych i środowiskowych.

Zgodnie z dokumentem, dla poziomów od 0 do 2 kierowca wciąż odpowiada za kontrolę sytuacji drogowej i podejmowanie decyzji. Dla poziomu 0 pojazd nie jest wyposażony w żadne dodatkowe systemy ułatwiające sterowanie pojazdem. Zadaniem dodatkowych funkcji w pojeździe jest jedynie ostrzeżenie kierowcy i ewentualna chwilowa pomoc. Pojazdy na poziomie 1 oraz 2 posiadają systemy wspierające kierowcę w czynnościach sterowniczych, przyspieszaniu lub hamowaniu, jednak w dalszym ciągu odpowiedzialność za podejmowanie decyzji spoczywa na kierowcy. System w pojeździe poziomu 3 jest w stanie przejąć kontrolę nad prowadzeniem pojazdu. Kierowca musi jednak być gotowy na ponowne przejęcie kontroli i formalnie ponosi odpowiedzialność za bezpieczeństwo jazdy. Na 4 poziomie system jest w stanie samodzielnie sterować pojazdem w określonych warunkach, jednak nie oznacza to pełnej automatyzacji. Na poziomie 5 znajdują się pojazdy w pełni autonomiczne, które nie wymagają interwencji kierowcy.

Klasyfikacja opracowana przez NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) rozróżnia z kolei 5 poziomów automatyzacji pojazdów [103]:

- Poziom 0 – wszystkie czynności wykonywane są przez kierowcę bez jakiegokolwiek wsparcia ze strony systemu.
- Poziom 1 (asysta kierowcy) – niektóre czynności wykonywane są przez systemy, takie jak kontrola trakcji czy zapobieganie blokowaniu się kół podczas hamowania.
- Poziom 2 (częściowa automatyzacja) – pojazd wyposażony jest w co najmniej dwa systemy wspomagające kierowcę, takie jak adaptacyjny lub inteligentny tempomat oraz system utrzymania pojazdu w pasie ruchu.
- Poziom 3 (warunkowa automatyzacja) – wszystkie czynności sterownicze mogą być realizowane przez system. W sytuacjach awaryjnych kierowca zostaje uprzedzony o konieczności przejęcia kontroli nad pojazdem.

- Poziom 4 (pełna automatyzacja) – wszystkie funkcje realizowane są przez system.

Należy zauważyć, że wraz ze wzrostem automatyzacji pojazdu maleje udział człowieka w procesie sterowania. Pewne czynności zostają wykonywane przez system, a rolą kierowcy jest kontrolowanie sytuacji drogowej oraz odpowiednia i jak najszybsza reakcja w sytuacji awaryjnej. Pomimo że nie należy zdejmować odpowiedzialności z kierowcy, to – w celu zapewnienia jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa – konieczna jest znajomość sposobu działania systemu oraz jego możliwości. Niezbędne zatem wydaje się zaprojektowanie systemów zapewniających jak najwyższy poziom intuicyjności [40].

4.2. Charakterystyka zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę stosowanych w pojazdach

W przypadku niskich poziomów automatyzacji, pojazdy wyposażone są w tzw. zaawansowane systemy wspomagania kierowcy. Określenie jest powszechnie używane do opisanego szerokiego zakresu funkcji, które zapewniają ostrzeżenia dla kierowcy i mogą dokonać chwilowej interwencji [137].

Obecnie producenci pojazdów oferują szeroką gamę zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę. W niniejszej pracy przedstawiono opisy najbardziej popularnych rozwiązań na rynku, kluczowych do realizacji jej celu. Należą do nich [55]-[61], [106]-[116]:

Adaptacyjny tempomat (ang. Adaptive Cruise Control – ACC)

System wsparcia kierowcy, którego zadaniem jest automatyczna regulacja prędkości w zależności od sytuacji drogowej. W większości pojazdów działanie systemu jest możliwe przy prędkościach od 30 do 210 km/h. System utrzymuje zadaną prędkość pojazdu i zwalnia w przypadku wykrycia pojazdu jadącego z przodu z mniejszą prędkością, aby zachować bezpieczną odległość.

W zależności od producenta stosowane są różne skale odstępu podążania:

- 1-3,
- 1-4,
- 1-5 (bardzo mała – bardzo duża).

W instrukcjach użytkownika pojazdów można znaleźć także odwzorowanie wymienionych odległości w metrach przy prędkości 100 km/h lub w sekundach. Wartości te oscylują od 1 s do 2,4 s, czyli odpowiednio od 28 do 67 m przy prędkości 100 km/h.

Głównym czujnikiem odpowiedzialnym za działanie systemu jest radar zamontowany z przodu pojazdu.

Radar generuje falę elektromagnetyczną, która jest wysyłana w kierunku poprzedzającego pojazdu, a następnie odbierana po odbiciu. Do precyzyjnego określenia odległości między pojazdami wykorzystuje się przesunięcie fazowe lub opóźnienie fali odbitej. Na podstawie tych pomiarów możliwe jest obliczenie względnych prędkości obu pojazdów, co umożliwi systemowi podejmowanie odpowiednich działań.

Włączenie tempomatu następuje po kliknięciu odpowiednich przycisków na kierownicy lub menu pokładowym. Dezaktywacja możliwa jest po wciśnięciu pedału hamulca lub gazu, a także odpowiedniego przycisku.

Pomimo tej technologii producenci w instrukcjach podkreślają, że system nie zwalnia kierowcy z odpowiedzialności sprawowania kontroli nad pojazdem. W materiałach wskazano następujące ograniczenia:

- System może nie reagować w porę na obiekty nieruchome (na przykład samochody stojące w korku), zwłaszcza podczas jazdy z wysoką prędkością.
- System nie reaguje na pojazdy zaparkowane na tym samym pasie ruchu.
- System nie reaguje na pieszych, rowerzystów, skutery, zwierzęta, przeszkody stałe (bariery, mury) ani pojazdy nadjeżdżające z boku lub z przeciwnika.

Dodatkowo z adaptacyjnego tempomatu nie należy korzystać:

- przy złej widoczności,
- na stromych lub krętych drogach,
- na śliskiej nawierzchni,
- podczas jazdy terenowej,
- podczas jazdy z kołem zapasowym,
- na drogach bez nawierzchni utwardzonej.

System rozpoznający znaki drogowe (ang. Traffic Sign Recognition – TSR)

Zadaniem systemu jest rozpoznawanie mijanych znaków drogowych i przekazywanie informacji kierowcy. Odczytana informacja wyświetlana jest na ekranie komputera pokładowego. Przy przekroczeniu dozwolonego limitu prędkości emitowany jest sygnał dźwiękowy, a ikona znaku wyświetlana jest np. na czerwono.

W większości pojazdów system odczytuje znaki ograniczające prędkość, odwołania ograniczeń oraz zakaz wyprzedzania.

Niektóre pojazdy rozpoznają również:

- zakazy prowadzenia pojazdów,
- znaki ostrzegawcze,
- znaki dla pojazdów z przyczepą,
- dodatkowe znaki, np. ograniczenie prędkości przy mokrej nawierzchni,
- tabliczki umieszczone pod znakami np. zakresy godzinowe, w jakich obowiązuje dane ograniczenie.

Praca systemu jest możliwa dzięki analizie obrazu rejestrowanego przez kamerę zamontowaną w podstawie lusterka wstecznego. Część systemów porównuje odczytane informacje z danymi zawartymi w nawigacji GPS. Dzięki temu, po minięciu skrzyżowania kierowca otrzymuje informacje o zmianie ograniczenia prędkości. Niektóre pojazdy wyposażone są jedynie w system wykorzystujący dane z mapy. Wówczas istnieje ryzyko błędnej prezentacji informacji w przypadkach nowo otwartych dróg lub oznakowania czasowego.

Działanie systemu może być znacznie ograniczone lub niemożliwe w następujących sytuacjach:

- złe warunki atmosferyczne pogarszające widoczność (mgła, opady deszczu lub śniegu),
- zabrudzenie czujnika,
- zaburzenia pracy kamery przez słońce lub światła samochodów jadących z naprzeciwka,
- ograniczenie pola widzenia czujnika przez przeszkodę lub poprzedzający pojazd,
- całkowite lub częściowe zakrycie znaków przez śnieg lub brud,
- uszkodzenie lub niezgodność z normą mijanych znaków drogowych,
- wysoka prędkość jazdy,
- przymocowanie znaku drogowego do migających tablic świetlnych,
- nieaktualne lub niedostępne dokumenty mapy nawigacji.

Producenci zastrzegają także, że należy pamiętać, że system nie zawsze jest w stanie wykryć lub poprawnie wyświetlić wszystkie znaki drogowe. Z tego względu, znaki drogowe oraz przepisy ruchu drogowego mają pierwszeństwo przed zaleceniami i informacjami wyświetlanymi przez system.

Aktywna regulacja prędkości

Funkcja ta wykorzystuje system wykrywania znaków drogowych oraz dane nawigacyjne. Aktywna regulacja prędkości dostosowuje prędkość do wykrytych ograniczeń prędkości oraz do układu drogowego, uwzględniając m.in. zakręty, skrzyżowania, ronda itp.

Funkcja nie jest dostępna na drogach, które nie są uwzględnione w danych nawigacyjnych lub są uwzględnione z niewielką dokładnością oraz w przypadku ograniczeń prędkości poniżej ok. 20 km/h.

Jeśli ograniczenie prędkości zostanie ustalone na podstawie danych nawigacyjnych bez wykrycia znaku drogowego, prędkość pojazdu zostanie dostosowana do prędkości, która została zapisana jako ostatnia.

System awaryjnego hamowania automatycznego (ang. Autonomous Emergency Braking – AEB)

Głównym zadaniem systemu jest monitorowanie przestrzeni przed pojazdem i wykrywanie przeszkód znajdujących się na drodze pojazdu. Systemy wykrywają głównie duże obiekty, takie jak pojazdy, jednak istnieją także rozwiązania pozwalające na wykrycie pieszych czy rowerzystów.

Większość systemów montowanych obecnie w pojazdach opiera się na wspólnej pracy kamer i radaru zamontowanych z przodu pojazdu. Niektóre modele samochodów są wyposażone również w kamery stereoskopowe i projektory podczerwieni umieszczone z przodu auta np. w reflektorach. Przez cały czas monitorowana jest przestrzeń przed samochodem i obliczane prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji. Analizie poddawana jest prędkość i położenie pojazdu, a niekiedy także trajektoria jego ruchu.

Po wykryciu przeszkody generowane jest ostrzeżenie dla kierowcy. W kolejnym kroku system dosuwa klocki hamulcowe do tarcz i zwiększa ciśnienie w układzie hamulcowym w celu zwiększenia siły hamowania. W przypadku braku reakcji kierowcy, system podejmie próbę awaryjnego hamowania. W niektórych pojazdach, podczas próby ominięcia przeszkody przez kierowcę, system jest w stanie przyłożyć przeciwny moment obrotowy na kierownicy, co umożliwi utrzymanie najbardziej bezpiecznego toru jazdy. Działanie systemu można przerwać poprzez naciśnięcie pedału gazu lub mocny ruch kierownicą.

System działa od 5 km/h. W większości pojazdów przy prędkościach z zakresu 10-30 km/h istnieje możliwość całkowitego zatrzymania przed przeszkodą. Przy wyższych prędkościach zadaniem systemu jest zmniejszenie skutków kolizji poprzez zmniejszenie

prędkości. Należy jednak pamiętać, że system został opracowany dla niskich prędkości. Niektórzy producenci deklarują działanie systemu nawet przy prędkości do 250 km/h, jednak większość pojazdów nie zainicjuje hamowania przy prędkości wyższej niż 100 km/h. System może nie zadziałać w przypadku pokonywania ostrego zakrętu oraz w przypadku interwencji ESC (ang. Electronic stability control).

Asystent utrzymania pasa ruchu (ang. Lane Keeping Assist – LKA)

Zadaniem systemu jest wsparcie kierowcy w prawidłowym utrzymaniu pojazdu w pasie ruchu. Działanie systemu bazuje na pracy kamery umieszczonej w przedniej szybie lub kamer wbudowanych w lusterkach stale monitorujących położenie pojazdu w pasie ruchu. Wykrycie zbliżenia się do linii rozgraniczającej pasy bez włączonego kierunkowskazu skutkuje wydaniem ostrzeżenia do kierowcy. W zależności od marki, mogą to być bodźce wizualne, haptyczne, i/lub akustyczne. Bardziej zaawansowane systemy posiadają również funkcje pozwalające na korektę trajektorii ruchu pojazdu.

W zależności od pojazdu system może pracować w kilku trybach:

- Ostrzeżenie – system ostrzega przed niezamierzoną zmianą pasa ruchu poprzez sygnał wizualny. W niektórych pojazdach emitowane są także wibracje na kierownicy i/lub sygnał dźwiękowy.
- Ostrzeżenie i pomoc – jeżeli kierowca nie zareaguje na ostrzeżenia, system podejmie próbę korekty trajektorii ruchu.

W zależności od producenta systemy działają w różnym zakresie prędkości. Aktywacja jest możliwa przy prędkości od 30 do 65 km/h i dobrze widocznym oznakowaniu poziomym.

Działanie systemu może być znacznie ograniczone lub niemożliwe w następujących sytuacjach:

- ograniczenie pola widzenia czujnika przez brud, przeszkodę lub inny pojazd,
- niekorzystne warunki atmosferyczne zmniejszające widoczność (mgła, obfite opady deszczu lub śniegu),
- podczas pokonywania ostrego zakrętu,
- podczas jazdy po pochyłej drodze lub koleinach,
- podczas jazdy po wąskim pasie ruchu.

System monitorujący zmęczenie kierowcy

System wykorzystuje dane pozyskane z czujników kąta skrętu kierownicy oraz położenia pojazdu. Analizie poddawane są m.in. siły oddziaływujące na układ kierowniczy, korekty toru jazdy, sposób hamowania, czas jazdy oraz pora dnia lub nocy. W przypadku wykrycia zachowań odbiegających od zapisanego wzorca czy też zjeżdżania z pasa ruchu, nagłych korekt toru jazdy, wysyłana jest sugestia zrobienia przerwy. W niektórych pojazdach dodatkowo stosowane są kamery monitorujące twarz kierowcy. Komunikat wysyłany jest ponownie, jeżeli po kilkunastu minutach kierowca kontynuuje jazdę. W wybranych systemach komunikat wysyłany jest również po określonym czasie nieprzerwanej jazdy (np. 4 godzinach). System działa przy prędkościach z zakresu 65 - 200 km/h [55]-[59], [106]-[114].

4.3. Przyporządkowanie systemów do poziomów automatyzacji

W niniejszym rozdziale opisano poziomy automatyzacji oraz funkcje, jakie pełnią systemy występujące na danym poziomie. Szczególną uwagę zwrócono na tzw. zaawansowane systemy wsparcia kierowcy, których głównym zadaniem jest pomoc kierowcy, wydanie ostrzeżenia w razie zagrożenia i podjęcie interwencji w przypadku braku jego reakcji. We właściwym korzystaniu z dostępnej technologii szczególnie istotny wydaje się odpowiedni poziom wiedzy kierującego pojazdem – dotyczący nie tylko nazw systemów, ale także sposobu ich działania, wykorzystanych czujników oraz kwestii odpowiedzialności za czynności związane ze sterowaniem pojazdem. Tabela 4.1 przedstawia przyporządkowanie konkretnych rozwiązań do omawianych poziomów automatyzacji oraz wskazuje wykorzystane czujniki.

Tabela 4.1. Zestawienie systemów należących do poszczególnych stopni automatyzacji pojazdów

Poziom	0	1	2	3	4	5
Nazwa	Brak automatyzacji	Asysta podczas jazdy (pomoc w sterowaniu lub hamowaniu)	Częściowa automatyzacja	Warunkowa automatyzacja	Wysoka automatyzacja	Pełna automatyzacja
Odpowiedzialność za sterowanie	Człowiek	Człowiek i System	System	System	System	System
Odpowiedzialność za monitorowanie otoczenia	Człowiek	Człowiek	Człowiek	System	System	System
Odpowiedzialność za awaryjne czynności podczas jazdy	Człowiek	Człowiek	Człowiek	Człowiek	System	System
Przykład systemu	Ostrzeżenie o ryzyku wystąpienia kolizji monitorowanie martwego pola ostrzeżenie przed niezamierzoną zmianą pasa ruchu	Utrzymanie w pasie ruchu lub Adaptacyjny tempomat	Utrzymanie w pasie ruchu i Adaptacyjny tempomat	Asystent jazdy w korku	Zautomatyzowana jazda miejska Zautomatyzowana jazda po autostradzie Parkowanie automatyczne Pojazdy bez pedałów lub bez kierownicy	Autonomiczna jazda miejska (np. taksówki bez kierowcy) Autonomiczna jazda po autostradzie Pojazdy bez pedałów lub bez kierownicy, które mogą się poruszać w każdych warunkach
Wykorzystana technologia	radar przedni radar boczny	radar przedni radar boczny kamera przednia	radar przedni radar boczny kamera przednia	radar przedni radar 360 stopni kamera przednia komunikacja V2X (ang. Vehicle to everything)	kamery zapewniające obserwacje dookoła pojazdu lidar przedni lidar 360 stopni kamera monitorująca stan kierowcy	kamery zapewniające obserwacje dookoła pojazdu lidar przedni lidar 360 stopni komunikacja V2X (ang. Vehicle to everything)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [137]

4.4. Wpływ zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę na bezpieczeństwo ruchu drogowego

Opisane w podrozdziale 4.2 systemy wsparcia kierowcy i automatyzujące jazdę mogą przyczynić się do zmniejszenia liczby wypadków drogowych, a co za tym idzie do zwiększenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Ich głównym zadaniem jest zmniejszenie wpływu czynnika ludzkiego, który jest głównym powodem wypadków drogowych. Tabela 4.2 przedstawia systemy, których wykorzystanie mogłoby przyczynić się do zapobiegania określonym wypadkom spowodowanym niewłaściwym zachowaniem człowieka. Tabelę opracowano, mając na uwadze najczęstsze przyczyny wypadków drogowych w Polsce w latach 2010-2022.

Tabela 4.2. Przyporządkowanie systemów, które mogłyby zapobiegać poszczególnym przyczynom wypadków drogowych

Przyczyna wypadku	Systemy, które mogą zapobiec wskazanemu rodzajowi wypadku
Nieustąpienie pierwszeństwa przejazdu	System automatycznego hamowania System ostrzegania o obiekcie w martwym polu Asystent utrzymania pasa ruchu System obserwacji przestrzeni za samochodem wyjeżdżającym prostopadle na drogę poprzeczną
Niedostosowanie prędkości do warunków ruchu	System awaryjnego hamowania automatycznego Aktywna regulacja prędkości Adaptacyjny tempomat Rozpoznawanie znaków drogowych
Nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu na przejściu	System awaryjnego hamowania automatycznego Światła adaptacyjne Rozpoznawanie znaków drogowych Kamera noktowizyjna
Niezachowanie właściwej odległości	System awaryjnego hamowania automatycznego Adaptacyjny tempomat

Źródło: Opracowanie własne

5. SZKOLENIA KIEROWCÓW W ZAKRESIE PROCESU UZYSKIWANIA PRAWA JAZDY KAT. B

W Unii Europejskiej (UE) harmonizacja przepisów dotyczących praw jazdy stanowi podstawowy warunek ułatwienia swobodnego przepływu osób i towarów w granicach UE oraz poprawy bezpieczeństwa na europejskich drogach. Pomimo regulacji międzynarodowych dotyczących ruchu samochodowego od 1926 roku, prawodawstwo UE w tej dziedzinie pojawiło się dopiero w 1980 roku, wraz z przyjęciem pierwszej dyrektywy dotyczącej praw jazdy (dyrektywa 80/1263/EWG), która to wprowadziła model wspólnotowy oraz zasadę wzajemnego uznawania krajowych praw jazdy przez państwa członkowskie. Kolejne dyrektywy w tej dziedzinie, takie jak dyrektywa 91/739/WE i 2006/126/WE, przyniosły dalszą harmonizację wymagań dotyczących uzyskania prawa jazdy oraz kładły nacisk na bezpieczeństwo drogowe [128].

Wymagania dla kandydatów na kierowców w Unii Europejskiej definiuje dyrektywa 2006/126/WE Parlamentu Europejskiego i Rady. W dokumencie, oprócz wspólnych zasad wydawania praw jazdy i wzorów dokumentów, określono m.in. jakie umiejętności powinni posiadać kandydaci na kierowców dla pojazdów poszczególnych kategorii, a także zdefiniowano wymagania minimalne dla fizycznej i psychicznej zdolności do kierowania pojazdami. Dokument obejmuje wyłącznie wymagania minimalne, pozostawiając pewną dowolność krajom członkowskim w zakresie szkolenia i egzaminowania.

5.1. Przepisy unijne i krajowe – wymagania podczas szkolenia i egzaminowania kandydatów na kierowców

Zgodnie z Dyrektywą 2006/126/WE, aby uzyskać prawo jazdy, kandydat musi zdać egzamin teoretyczny oraz praktyczny. Zakres wiedzy wymaganej na egzaminie teoretycznym na kategorię B obejmuje:

- przepisy ruchu drogowego,
- rolę kierowcy (znaczenie odpowiedniego zachowania, podejmowanie decyzji, wpływ środków odurzających na czas reakcji),
- zagadnienia związane z drogą (bezpieczna odległość, warunki atmosferyczne, typy dróg i ich właściwości, jazda w tunelach),
- bezpieczeństwo innych użytkowników dróg, w tym niechronionych uczestników ruchu drogowego,
- zasady ogólne, w tym wymagane dokumenty, zachowanie w trakcie wypadku,

- kwestie mechaniczne kluczowe dla bezpieczeństwa, w tym umiejętność wykrycia usterek w pojeździe,
- korzystanie z wyposażenia mającego wpływ na bezpieczeństwo: pasy, zagłówki, foteliki dziecięce,
- korzystanie z pojazdu uwzględniającego zasady środowiskowe: używanie sygnału dźwiękowego, zużycie paliwa.

Po uzyskaniu pozytywnego wyniku egzaminu teoretycznego, kandydat może przystąpić do egzaminu praktycznego. W jego trakcie, przed rozpoczęciem jazdy oceniane są umiejętności kandydata z zakresu przygotowania się do bezpiecznej jazdy. Należą do nich, m.in.: ustawienie fotela, lusterek wstecznych, dopasowanie pasów bezpieczeństwa oraz zagłówek, a także wybiórcze sprawdzenie stanu opon, hamulców, układu kierowniczego, płynów (poziomu oleju, płynu chłodniczego, płynu spryskiwaczy), świateł, reflektorów, kierunkowskazów oraz sygnału dźwiękowego. Ocenie podlega również wykonanie manewrów, takich jak: cofanie, zawracanie, parkowanie czy hamowanie. Istotne umiejętności oceniane są w trakcie jazdy w ruchu drogowym. Należą do nich, m.in.:

- ruszanie po zaparkowaniu, po zatrzymaniu w ruchu,
- wyjazd z podjazdu,
- jazda po odcinkach prostych, mijanie innych uczestników dróg,
- jazda po łuku,
- jazda przez skrzyżowanie,
- zmiana kierunku ruchu (skręty, zmiana pasa),
- wjazd lub zjazd z autostrady,
- wyprzedzanie lub omijanie,
- zachowanie przy wysiadaniu z pojazdu.

Egzaminator zobowiązany jest także do weryfikacji, czy osoba ubiegająca się o prawo jazdy jest w stanie zachować kontrolę nad pojazdem, odpowiedni odstęp, pozycję w pasie ruchu czy prędkość pojazdu. Dodatkowo sprawdzane jest, czy osoba starająca się o prawo jazdy prowadzi pojazd w sposób bezpieczny i przyjazny dla innych użytkowników dróg. Elementy istotne w tym kontekście to umiejętność jazdy defensywnej, czyli unikanie potencjalnych zagrożeń na drodze, dostosowanie prędkości do warunków drogowych i pogodowych, a także respektowanie innych użytkowników dróg, w szczególności niechronionych uczestników ruchu drogowego, np. pieszych i rowerzystów. Ważna jest

również umiejętność przewidywania i reagowania na sytuacje na drodze. Wszystkie te elementy powinny zostać uwzględnione w ocenie osoby starającej się o prawo jazdy.

W ramach egzaminu na prawo jazdy, ocena manewrów specjalnych może być wykonana na placu manewrowym, a część sprawdzająca zachowania w ruchu powinna odbywać się na różnych rodzajach dróg poza obszarem zabudowanym, włączając w to drogi szybkiego ruchu, autostrady i ulice o zróżnicowanym poziomie trudności, takie jak: osiedla, strefy 30 i 50 km/h, miejskie trasy szybkiego ruchu. Należy również uwzględnić zmienność natężenia ruchu w celu dokładnej oceny kierowcy. Czas spędzony na drodze powinien być wykorzystany w sposób optymalny, aby umożliwić ocenę kierowcy w różnych obszarach ruchu, ze szczególnym uwzględnieniem jego umiejętności przemieszczania się między nimi.

W zakresie możliwości fizycznych i psychicznych dyrektywa określa wymagania zdrowotne, jakie powinni spełniać kandydaci. Dotyczy to narządów wzroku i słuchu, a także zdrowia psychicznego. Dokument określa również wymagania dla osób z problemami zdrowotnymi, np. chorych na padaczkę czy z zaburzeniami funkcji nerek [29].

Zakres wiedzy wymaganej na egzaminie oraz jego forma definiuje sposób szkolenia kandydatów na kierowców. Należy zauważyć, że dokument skupia się na podstawowych umiejętnościach kierowcy operującego pojazdem niewyposażonym w żadne dodatkowe systemy wspomagające. Dyrektywa nie obejmuje możliwości wykorzystania chociażby bardzo powszechnych na rynku systemów wsparcia kierowcy oraz minimalnych umiejętności ich prawidłowego wykorzystania.

Stoi to w sprzeczności nie tylko z obecną sytuacją i trendami technologicznymi, ale także z regulacjami europejskimi dotyczącymi minimalnego wyposażenia pojazdów. Jednym z kluczowych dokumentów stanowiących o wyposażeniu pojazdów nowo produkowanych i nowo homologowanych jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/2144 z dnia 27 listopada 2019 r. w sprawie wymogów dotyczących homologacji typu pojazdów silnikowych i ich przyczep oraz układów, komponentów i oddzielnych zespołów technicznych przeznaczonych do tych pojazdów, w odniesieniu do ich ogólnego bezpieczeństwa oraz ochrony osób znajdujących się w pojeździe i niechronionych uczestników ruchu drogowego [135]. Dokument określany jest także jako General Safety Regulations – GSR. W dokumencie zawarto wymagania dla pojazdów silnikowych poszczególnych kategorii. Zgodnie z rozporządzeniem, od lipca 2022 roku, aby uzyskać homologację typu, pojazdy silnikowe wszystkich kategorii muszą być wyposażone w:

- a. inteligentny asystent kontroli prędkości – układ wspomagający zachowanie odpowiedniej prędkości, poprzez przekazywanie kierowcy informacji zwrotnych,
- b. ułatwienia w zakresie montażu alkomatów blokujących zapłon – interfejs ułatwiający montaż w pojazdach silnikowych alkomatów blokujących zapłon pochodzących z rynku wtórnego,
- c. ostrzeżenie o senności i spadku poziomu uwagi kierowcy – układ oceniający czujność kierowcy poprzez analizę układów pojazdu i w razie potrzeby ostrzegający kierowcę,
- d. zaawansowany system ostrzeżenia o rozproszeniu uwagi kierowcy – układ wspierający kierowcę w utrzymaniu uwagi na sytuacji drogowej i ostrzegający w przypadku wykrycia rozproszenia uwagi,
- e. awaryjny sygnał stopu – sygnalizacja świetlna dla pozostałych użytkowników dróg znajdujących się za pojazdem, informująca o tym, że w zaistniałych warunkach drogowych na pojazd działa duża siła opóźnienia,
- f. wykrywanie obiektów przy cofaniu – system, który informuje kierowcę o osobach i przedmiotach znajdujących się z tyłu pojazdu, którego głównym celem jest zapobieganie zderzeniom podczas cofania,
- g. rejestrator danych na temat zdarzeń – układ, którego wyłącznym celem jest rejestrowanie i przechowywanie krytycznych parametrów i informacji związanych ze zderzeniami na krótko przed zderzeniem, w trakcie zderzenia i niezwłocznie po zderzeniu.

W dokumencie sformułowano dodatkowe wymagania dla pojazdów kategorii M1 i N1, czyli pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony, służących do przewozu osób i/lub ładunków, posiadających maksymalnie osiem miejsc oprócz siedzenia kierowcy [153]. Zgodnie z rozporządzeniem, w wyposażeniu nowych pojazdów muszą znajdować się zaawansowane systemy hamowania awaryjnego, które zapewniają wykrywanie przeszkód, pojazdów w ruchu, a w kolejnej fazie także pieszych i rowerzystów. Dodatkowo pojazdy tych kategorii muszą być wyposażone w system utrzymywania pojazdu na pasie ruchu. Funkcja ma za zadanie wspomagać kierowcę w utrzymaniu odpowiedniej pozycji pojazdu w pasie ruchu lub osi drogi, zwłaszcza w momencie próby zmiany pasa, przy ryzyku zderzenia z innym pojazdem [135].

Rozporządzenie zostało wprowadzone w celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego poprzez zmniejszenie liczby i ciężkości wypadków drogowych, jednak

w dalszym ciągu umiejętność właściwego korzystania z tych systemów nie jest sprawdzana podczas egzaminu na prawo jazdy. Tym samym wiedza z zakresu ich właściwego użytkowania nie jest przekazywana na szkoleniach przygotowujących kandydatów na kierowców.

Dyrektywa 2006/126/WE określiła m.in. nowe zasady dotyczące wydawania prawa jazdy w formie plastikowej karty oraz wprowadziła pojęcie administracyjnej ważności, w celu zapobiegania fałszowaniu starych praw jazdy o niższych standardach bezpieczeństwa. Zidentyfikowane niedociągnięcia wdrażania tej dyrektywy doprowadziły jednakże do podjęcia oceny ex-post przez Komisję w 2019 roku. W związku z wynikami tej oceny, Komisja zapowiedziała swoją intencję przedstawienia propozycji zmiany dyrektywy. Oczekuje się, że propozycja ta zostanie przedstawiona w 2023 roku [128].

5.2. Badania na temat subiektywnej oceny umiejętności kierowców i kandydatów na kierowców

Przeprowadzone dotychczas badania potwierdzają, że kierowcy wykazują tendencję do przeceniania swoich umiejętności oraz niedoszacowania swoich braków. Począwszy od badania przeprowadzonego przez Svensona w roku 1981 [146], w wielu pracach wykazano, że większość kierowców ocenia siebie jako bardziej wykwalifikowanych niż przeciętny kierowca [42], [96], [142], [143], [146]. Zgodnie z wynikami, problem przeceniania swoich umiejętności może dotyczyć od 70% do 90% kierowców [45], [94], [142], [147], [146].

Niektóre badania wskazują, że tendencja ta jest najbardziej rozpowszechniona wśród młodych mężczyzn [34], [90]. Istnieją jednak sprzeczne wyniki wskazujące, że samoocena kierowców płci męskiej i żeńskiej jest podobna [46], [45], [94].

Warto również zauważyć, że subiektywne oceny umiejętności różnią się w zależności od kraju i kultury. Co ważne, wyniki te mogą być zależne m.in. od: doświadczenia w prowadzeniu pojazdu, wieku i osobowości [51], [79], [80], [90], [142].

Badania, w których testowano kierowców niezdolnych do prowadzenia pojazdów z powodu schorzeń, takich jak udar mózgu, wykazały, że uczestnicy, którzy nie zdali egzaminu na prawo jazdy, często mają ograniczoną świadomość swojej niepełnosprawności i związanych z nią negatywnych konsekwencji w odniesieniu do prowadzenia pojazdu [121]. Spośród 152 starszych kierowców testowanych na symulatorze jazdy, 65% oceniło swoje wyniki lepiej niż przeciętny kierowca, jednak około połowa z nich wykazała niebezpieczną jazdę podczas testu na symulatorze [35].

W porównaniu do przeciętnego kierowcy, uczestnicy badań nie tylko postrzegali siebie jako bardziej wykwalifikowanych, ale uważali także, że jeżdżą wolniej [159] i są mniej

narażeni na udział w wypadku samochodowym niż przeciętny kierowca [34], [44], [78], [90], [95], [146]. Wykazano również, że kierowcy ci nie tylko uważają, że jeżdżą lepiej niż przeciętny kierowca, ale także ich rówieśnicy [45].

W badaniu przeprowadzonym przez Horswilla i in. kierowcy zostali poproszeni o ocenienie siebie na podstawie szeregu kryteriów, w porównaniu z rówieśnikami i przeciętnym kierowcą. Wyniki wskazywały, że kierowcy oceniali siebie jako bezpieczniejszych, bardziej zręcznych, jeżdżących wolniej i mniej narażonych na udział w wypadku zarówno w porównaniu do swoich rówieśników, jak i do przeciętnego kierowcy. W innym badaniu, w którym kierowcy zostali poproszeni o porównanie z rówieśnikami, młodzi kierowcy ocenili, że jeżdżą bardziej bezpiecznie, mniej ryzykownie i bardziej przestrzegają przepisów. Dodatkowo uczestnicy stwierdzili, że posiadają lepszy refleks i ocenę sytuacji niż inni kierowcy w ich wieku [48]. Młodzi kierowcy uważają również, że osiągną lepsze wyniki na egzaminie na prawo jazdy niż ich rówieśnicy [35].

W publikacji [99][100] zbadano nadmierną pewność siebie początkujących kierowców, porównując samoocenę ich kompetencji z ocenami dokonanymi przez egzaminatorów. W badaniu wzięli udział kandydaci na prawo jazdy z Finlandii (2 739 osób) oraz Holandii (239). Uczestnicy ocenili swoje umiejętności w sześciu obszarach, a następnie przystąpili do egzaminu na prawo jazdy.

W pierwszej kolejności, przeprowadzono porównanie samooceny kandydatów dotyczącej ich kompetencji jako kierowców z ocenami egzaminatorów. Średnio oceny kandydatów były wyższe niż oceny egzaminatorów w obu badanych krajach.

Wyniki badania wykazały, że około 40% do 50% fińskich i holenderskich kandydatów na kierowców dokonało realistycznej oceny swoich kompetencji kierowcy. Jednak aż około 40% Holendrów i 30% kandydatów z Finlandii nadal przeceniało swoje kompetencje. Ten wynik potwierdza obserwacje, że znacząca część kandydatów na kierowców jest przynajmniej zdolna do realistycznej oceny niektórych obszarów swoich kompetencji [99].

Warto również zauważyć, że w pięciostopniowej skali użytej do samooceny, oceny kandydatów były uznawane za realistyczne tylko wtedy, gdy znajdowały się dokładnie w tym samym punkcie skali, co ocena egzaminatora. Jeśli oceny mogłyby różnić się o jeden punkt w skali i nadal byłyby uważane za realistyczne, około 80% holenderskich kandydatów i około 90% fińskich kandydatów dokonałoby realistycznej oceny własnych kompetencji.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż w poprzednich badaniach, w których kierowcy oceniali swoje umiejętności w porównaniu do przeciętnego kierowcy, wyniki wyraźnie wykazały, że

większość kierowców przecenia swoje umiejętności. Tymczasem zarówno w przytaczanym ostatnio badaniu, jak i w innej publikacji [99] wyniki prac badawczych były odmienne.

Jednym z potencjalnych wyjaśnień tych niezgodności może być fakt, że kandydaci, którzy wykazali się realistyczną samooceną, zostali poproszeni o ocenę swoich postrzeganych kompetencji w określonych obszarach, a nie o ocenę ogólnych umiejętności prowadzenia pojazdu. Następnie postrzegane kompetencje zostały porównane z rzeczywistymi wynikami uczestników badania, a nie z postrzeganymi kompetencjami przeciętnego kierowcy.

Przytoczone w tym podrozdziale badania skłaniają do wniosków, że samoocena może być determinowana przez skalę używaną do jej pomiaru. Kiedy ludzie oceniają swoje kompetencje w szeroko zdefiniowanych obszarach i korzystają z relatywnej skali, mają tendencję do oceniania siebie jako lepszych niż przeciętni. Jednak gdy samoocena jest bardziej szczegółowa i oparta na bezwzględnej skali, staje się ona bardziej realistyczna [1].

W przyszłości konieczne będzie uwzględnienie tego faktu przy doskonaleniu procesów szkoleniowych i testowania kierowców. Wyniki sugerują, że kandydaci, którzy nie zaliczyli egzaminu, mają większą tendencję do przeceniania swoich umiejętności niż ci, którzy go zdali. Fakt ten wskazuje na potrzebę zwiększenia liczby szkoleń dotyczących samooceny w procesie kształcenia kierowców, w celu poprawy dokładności samooceny kandydatów i uniknięcia przeceniania własnych umiejętności. Praktyki samooceny powinny być również uwzględniane w szkoleniach instruktorów i egzaminatorów [100]. Dostarczanie informacji zwrotnej na temat umiejętności jest niezbędne zarówno do właściwego uczenia się samooceny [134], jak i do nauki bezpiecznej jazdy [73]. Dodatkowo, wyniki z innych środowisk edukacyjnych wskazują, że prawidłowa i użyteczna procedura samooceny wymaga jasno określonych kryteriów, z którymi użytkownicy muszą być zaznajomieni [134].

Przykładem może być Generalized Driving Experience Model (model GDE), który prezentuje naukowym językiem kompetencje, jakie powinien posiadać bezpieczny kierowca. Poza wiedzą i umiejętnościami kierowców, model dotyczy świadomości czynników zwiększających ryzyko i samooceny na czterech poziomach behawioralnych prowadzenia pojazdu: manewrowania pojazdem, opanowania sytuacji na drodze, celów podróży i kontekstu jazdy oraz ogólnych celów i umiejętności. W publikacjach [49] i [73] zasugerowano, że wymagania kulturowe, subkulturowe i społeczne mogą obejmować najwyższy (piąty) poziom. Cele samooceny w ramach modelu GDE wskazują, że kierowcy powinni mieć świadomość ryzyka związanego z prowadzeniem pojazdu w ruchu drogowym oraz realistycznie postrzegać swoje umiejętności [49], [73].

5.3. Praktyki w wykorzystaniu ADAS w szkoleniu kierowców i podczas egzaminu

Jednym z wyzwań związanych z używaniem ADAS podczas egzaminu na prawo jazdy jest fakt, że dostępność ADAS różni się w zależności od modelu pojazdu. Systemy te mają różne funkcje np. zwiększenie poziomu komfortu jazdy, luksusu czy też zwiększenie poziomu bezpieczeństwa [151], [156].

W trakcie sprawdzania umiejętności kandydata na kierowcę zadaniem egzaminatorów jest zapewnienie, że kandydaci posiadają odpowiednią wiedzę i umiejętności do prowadzenia pojazdów w sposób bezpieczny. Wraz ze wzrostem liczby wypadków, wydawanie praw jazdy jest uważane za jedną z metod poprawy bezpieczeństwa na drogach, a egzaminatorzy odgrywają kluczową rolę w tym procesie. Aby zapewnić bezstronne i obiektywne egzaminy, ważne jest, aby egzaminatorzy byli odpowiednio wyedukowani w zakresie technologii, które mogą mieć wpływ na wyniki egzaminów. Wraz z rozwojem technologii pojazdów egzaminatorzy będą musieli stawić czoła większym wyzwaniom przy ocenie kwalifikacji kierowców do uzyskania pełnych uprawnień. Ich decyzje będą oparte na wynikach testów i ocenianiu działań kandydatów, a nie czynnościach wykonywanych przez pojazd automatycznie [47]. W poniższym rozdziale opisano stosowane w tym zakresie praktyki w poszczególnych krajach.

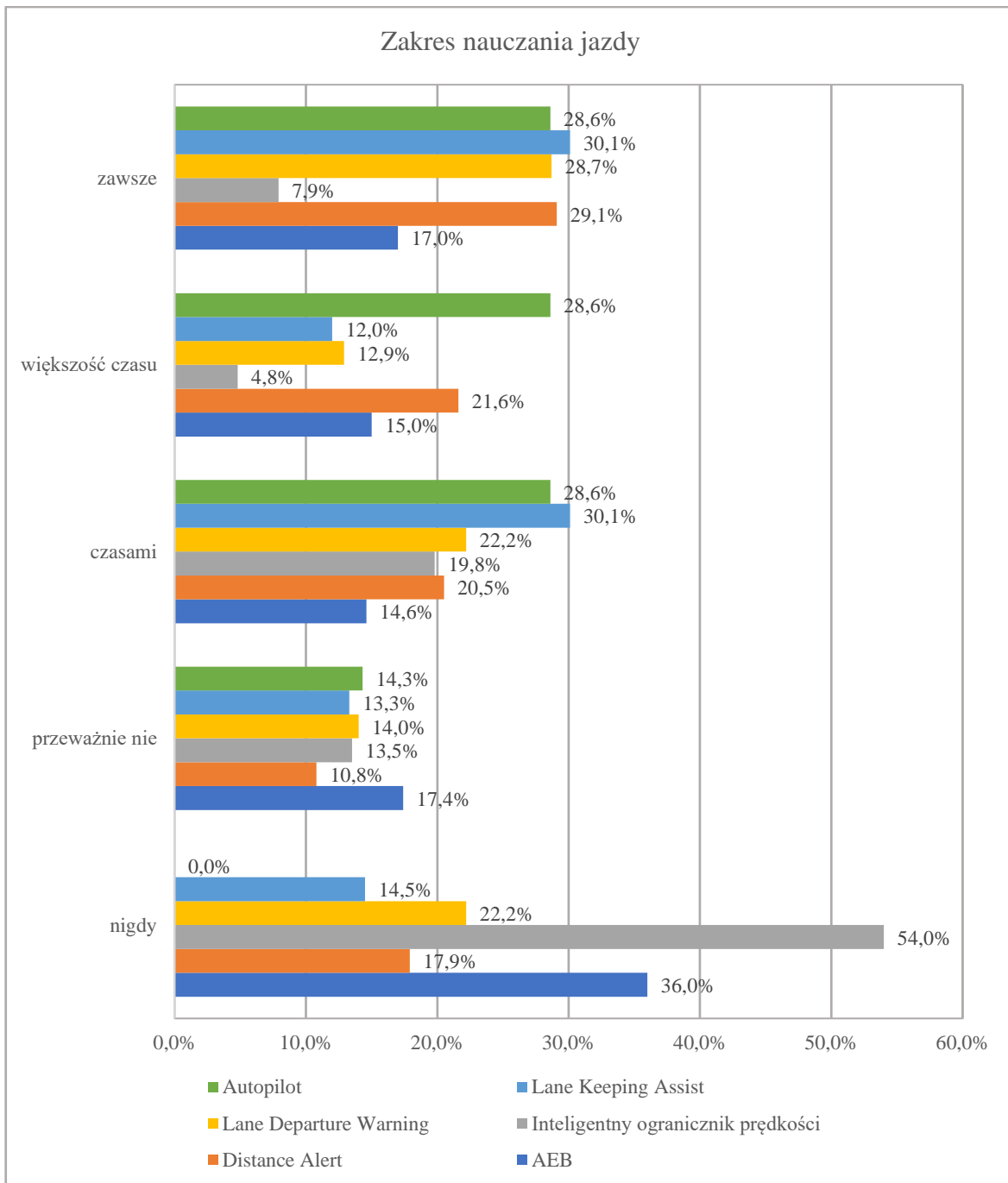
5.3.1. Niderlandy

W Holandii od 1 stycznia 2016 r. kandydaci na kierowców mogą korzystać z ADAS w trakcie egzaminu na prawo jazdy. Wyjątkiem jest korzystanie z automatycznego parkowania. Dozwolone jest wykorzystanie, m.in.: tempomatu, systemów wspomagających regulację prędkości oraz zapobiegających kolizjom (automatyczne hamowanie awaryjne), czujników martwego pola czy czujników parkowania. Osoby, które decydują się na korzystanie z ADAS podczas egzaminu, są oceniane pod kątem korzystania z tych systemów w odniesieniu do prawidłowego kierowania pojazdem. Nie opracowano jednak konkretnych kryteriów oceny korzystania z ADAS. Niezależnie od tego, czy kandydat korzysta z automatyki pojazdu, ocena skupia się na całości wpływu zachowań kandydata na bezpieczne i sprawne uczestnictwo w ruchu drogowym. Holenderski Instytut Badań nad Bezpieczeństwem Drogowym (SWOV), na zlecenie Centralnej Agencji Egzaminacyjnej (ang. Dutch Central Office of Driving Certification – CBR) opracował ankietę internetową skierowaną do właścicieli szkół nauki jazdy oraz egzaminatorów, dotyczącą obecności ADAS w pojazdach i wykorzystania ich podczas nauki jazdy oraz egzaminu na prawo jazdy. Z 6040 właścicieli szkół nauki jazdy,

którzy otrzymali ankietę, odpowiedziało na nią 1047 (17,4%), a spośród 641 egzaminatorów na prawo jazdy B, którzy otrzymali prośbę, 272 (42,4%) wypełniło kwestionariusz.

Spśród właścicieli szkół nauki jazdy, którzy mają co najmniej jeden samochód z tempomatem, 4,2% stwierdziło, że planowało udzielać lekcji teorii obsługi tempomatu, 35,7% zadeklarowało, że planuje to zrobić podczas zajęć praktycznych, a 60,1% odpowiedziało, że robi to nieplanowo podczas zajęć praktycznych.

Właściciele szkół nauki jazdy podkreślają, że niektóre systemy nie mogą być wyłączone podczas nauki jazdy i egzaminu na prawo jazdy. Z kolei inne systemy, takie jak tempomat, są włączane i wyłączane przez instruktorów jazdy w zależności od sytuacji. Większość właścicieli szkół nauki jazdy uważa, że nauka obsługi np. czujników parkowania, tempomatu i kamery cofania, jest bardzo przydatna. Jednakże zaledwie 40%-50% właścicieli sądzi, że systemy, takie jak: adaptacyjny tempomat, ostrzeganie o odległości, AEB, ostrzeganie o obiekcie w martwym polu, ostrzeganie o opuszczeniu pasa ruchu, wykrywanie zmęczenia i ostrzeganie o ruchu poprzecznym są równie użyteczne. Systemy te są stosunkowo rzadko używane podczas nauki jazdy, zwłaszcza te bardziej zaawansowane, jak chociażby inteligentny ogranicznik prędkości oraz autopilot. Około połowa właścicieli szkół nauki jazdy, którzy posiadają samochody z zaawansowanymi systemami wspomagania kierowcy, wskazuje, że takie systemy nie są używane podczas egzaminu na prawo jazdy. Mimo to większość właścicieli szkół jazdy uważa, że nauka jazdy z tymi systemami jest bardzo przydatna i systemy te są regularnie włączane podczas lekcji. Jednak tylko około 30% właścicieli szkół nauki jazdy planuje lekcje jazdy z konkretnym systemem wspomagania kierowcy. Zajęcia teoretyczne dotyczące jazdy z pewnym systemem wspomagania kierowcy odbywają się sporadycznie i tylko około 2% instruktorów na prawo jazdy udziela takich lekcji. Rysunek 5.1 obrazuje zakres nauczania kandydatów na kierowców z wykorzystania ADAS [156].

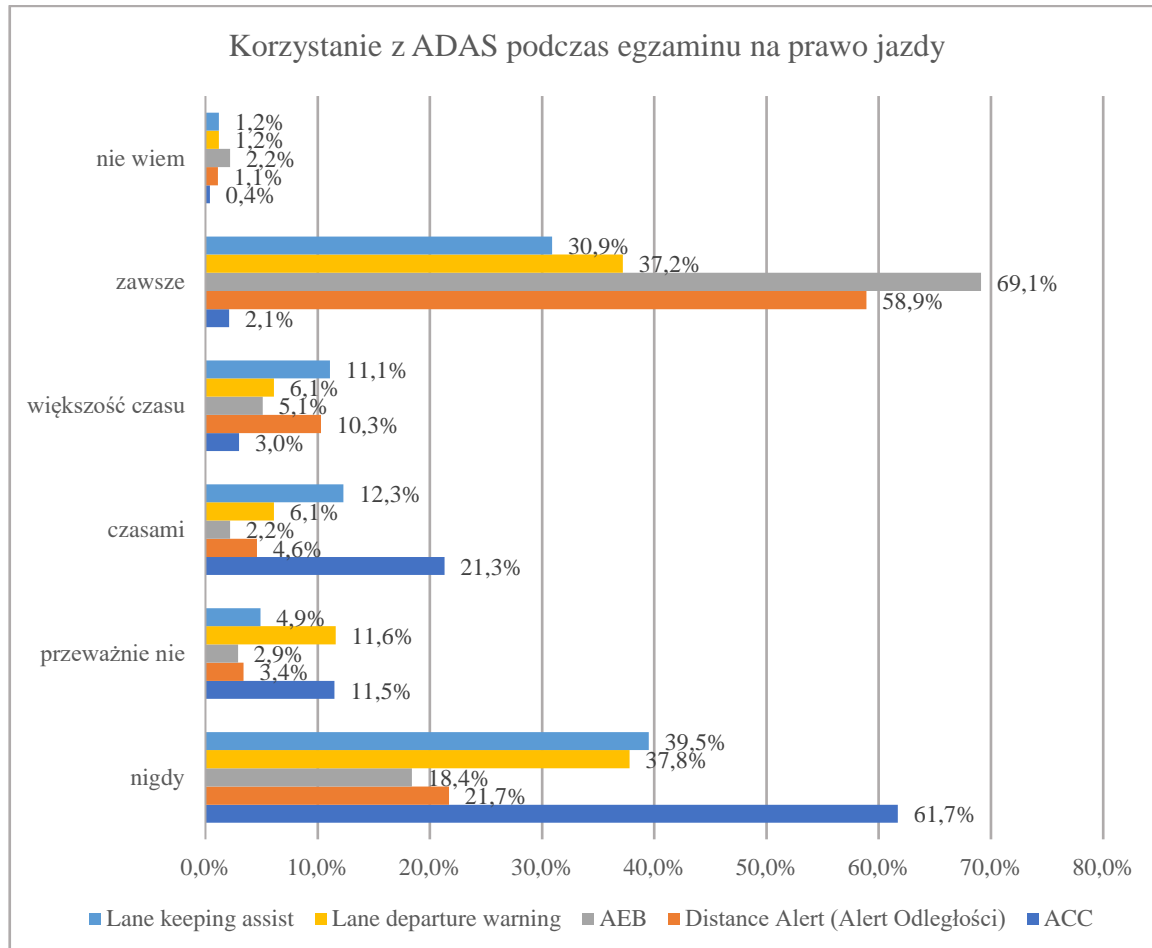


Rysunek 5.1. Szkolenia z korzystania z ADAS

Źródło: opracowanie własne na podstawie [156]

Około 50% egzaminatorów na prawo jazdy nie wie, który ADAS występuje w samochodzie używanym podczas nauki jazdy, zwłaszcza jeśli ikona informująca o działaniu systemu nie jest dobrze widoczna. Tylko niewielka liczba egzaminatorów (mniej niż 4%) uważa, że warto wcześniej zapytać kandydata o ADAS. Jeśli ADAS jest już włączony, egzaminatorzy nie zadają sobie trudu, aby go wyłączyć. Tylko kilku egzaminatorów (mniej niż 1%) prosi o włączenie lub wyłączenie określonych ADAS w celu oceny umiejętności

prowadzenia pojazdu z nimi i bez nich. Według właścicieli szkół nauki jazdy i egzaminatorów, ADAS są wykorzystywane tylko w niewielkiej liczbie egzaminów na prawo jazdy, nawet tych powszechnie spotykanych. Rysunek 5.2 obrazuje stopień korzystania z ADAS w trakcie egzaminu na prawo jazdy.



Rysunek 5.2. Korzystanie z ADAS podczas egzaminu na prawo jazdy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [156]

Aż 61,7% ankietowanych odpowiedziało, że adaptacyjny tempomat nigdy nie jest używany w trakcie egzaminu. Jeśli chodzi o tempomat, około 90% egzaminatorów twierdzi, że jest on używany w niektórych egzaminach. Jednak czujniki parkowania i systemy nawigacyjne, które wskazują maksymalną prędkość na drodze i ostrzegają o jej przekroczeniu, są zwykle włączane automatycznie w samochodach [156].

5.3.2. Stany Zjednoczone

Amerykańskie Stowarzyszenie Administratorów Pojazdów Samochodowych podjęło inicjatywę mającą na celu zwiększenie poziomu wiedzy użytkowników i zrozumienia technologii automatyzujących jazdę. W 2019 opublikowało dokument [47] skupiający się na

zaawansowanych systemach wspomagania kierowcy poziomu 1 i 2, które mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa poprzez pomaganie kierowcy w określonych zadaniach, takich jak utrzymywanie się na pasie ruchu i unikanie kolizji. Opracowane wytyczne odnoszą się do pojazdów zarówno komercyjnych, jak i niekomercyjnych, chyba że są one zabronione przez prawo stanowe i federalne. Dokument ten składa się z dwóch części. Pierwsza dotyczy pasywnych systemów ostrzegania kierowcy, a druga technologii aktywnych – nie tylko informujących kierowcę, ale mogących wykonać poszczególne manewry jak np. hamowanie. W każdym z tych rozdziałów omówiono technologie stosowane w pojazdach, opisując ich sposób działania oraz określając, czy technologie zwiększają głównie bezpieczeństwo, czy wpływają jedynie na komfort jazdy. Poszczególne sekcje dokumentu zawierają także zalecenia dotyczące sprawdzania umiejętności kierowców z wykorzystaniem zautomatyzowanych pojazdów oraz uwagi dotyczące podręczników dla kierowców. Dokument zawiera również zalecenia dotyczące tego, które systemy powinny być dopuszczone do użytku podczas procesu egzaminowania.

Technologie zwiększające wygodę zapewniają udogodnienia dla kierowcy (np. funkcja wspomagania parkowania lub adaptacyjny tempomat) i nie wymagają od kandydata wykazania wymaganego zestawu umiejętności. Zgodnie z dokumentem, wykorzystanie tych technologii nie powinno być dozwolone w trakcie egzaminu.

Z kolei w trakcie trwania egzaminu powinny być stosowane technologie kluczowe dla bezpieczeństwa, które mogą zapobiec lub ograniczyć skutki zderzenia drogowego. Należą do nich, m.in.: kamery, alarmy, ostrzeżenie o opuszczeniu pasa ruchu czy wspomaganie hamowania awaryjnego.

W dokumencie podkreślono także, że mogą wystąpić sytuacje, w których funkcja bezpieczeństwa jest aktywowana niezależnie od kierującego, np. kiedy pieszy niespodziewanie wtargnie na jezdnię. Egzaminator musi zatem sprawdzać prawidłowe zachowania i umiejętności kandydata, a nie pojazdu. Tabela 5.1 podsumowuje, które systemy są dopuszczone do użycia w trakcie egzaminu na prawo jazdy, a które nie.

Tabela 5.1. Systemy wsparcia kierowcy dopuszczone na egzaminie na prawo jazdy

Nazwa systemu w języku angielskim	Nazwa systemu w języku polskim	Dopuszczenie do użytkowania na egzaminie na prawo jazdy
Back-up warning	Ostrzeżenie o przeszkodzie przy cofaniu	Tak

Nazwa systemu w języku angielskim	Nazwa systemu w języku polskim	Dopuszczenie do użytkowania na egzaminie na prawo jazdy
Blind spot monitor and warning	Monitorowanie martwego pola	Tak
Camera technologies (rear, side view, surround view)	Kamery (tylna, boczna, 360°)	Tak
Curve speed warning	Ostrzeżenie o zbyt dużej prędkości przy zbliżaniu się do zakrętu	Tak
Detection technologies (bicycle, pedestrian, obstacle)	Technologie wykrywania pieszych, rowerzystów i innych przeszkód	Tak
Forward collision warning systems	Systemy ostrzegające o ryzyku kolizji czołowej	Tak
High speed alert	Ostrzeżenie o przekroczeniu prędkości	Tak
Lane departure warning device	Ostrzeżenie o niezamierzonym opuszczeniu pasa ruchu	Tak
Parking sensors	Czujniki parkowania	Tak
Rear cross-traffic alert	Ostrzeżenie o pojeździe nadjeżdżającym na trajektorii ruchu pojazdu podczas cofania	Tak
Automatic emergency braking systems or brake assist	Systemy hamowania awaryjnego	Tak
Automatic reverse braking	Hamowanie podczas cofania	Tak
Lane keeping assist	Utrzymanie pasa ruchu	Tak

Nazwa systemu w języku angielskim	Nazwa systemu w języku polskim	Dopuszczenie do użytkowania na egzaminie na prawo jazdy
Left turn crash avoidance	Unikanie kolizji przy skręcie w lewo	Tak
Adaptive cruise control	Adaptacyjny tempomat	Nie
Automatic parallel parking	Automatyczne parkowanie równoległe	Nie

Źródło: opracowanie własne na podstawie [47]

W dokumencie „Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles” [101] zauważono, że aby w pełni wykorzystać zalety zautomatyzowanych pojazdów tranzytowych, operatorzy tranzytowi, pasażerowie i inni użytkownicy dróg muszą zrozumieć tę technologię i czuć się z nią komfortowo. Demonstracje technologii skierowane do społeczeństwa mogą stworzyć możliwości dla społeczeństwa, aby doświadczyć i dowiedzieć się o nowych technologiach. Inne działania związane z transferem wiedzy i zaangażowaniem interesariuszy mogą pomóc w dostosowaniu demonstracji i pilotaży do lokalnych potrzeb oraz zwiększyć zaufanie i zaangażowanie lokalnych interesariuszy.

Przewoźnicy samochodowi powinni upewnić się, że system wspomagania kierowcy i/lub ADS będzie działać prawidłowo jeszcze przed ich uruchomieniem. Zgodnie z założeniami dokumentu, przewoźnicy samochodowi powinni wdrożyć program szkoleniowy w celu zapoznania kierowników floty, personelu utrzymania oraz kierowców ze sprzętem i sposobem jego działania, w tym z procedurami, które należy stosować w przypadku ich nieprawidłowego działania.

Przewoźnicy samochodowi powinni być świadomi wymagań dotyczących konserwacji systemów wspomagania kierowcy i/lub ADS w celu umożliwienia ich bezpiecznego i optymalnego działania. Wiedza ta powinna obejmować zrozumienie możliwości autodiagnostycznych systemu oraz komunikatów o błędach, które mogą być wyświetlane przez system [47], [101].

5.3.3. Podsumowanie

Pomimo braku przepisów wymagających posiadania wiedzy na temat właściwego korzystania z ADAS w wielu krajach stosowane są pilotażowe wdrożenia szkoleń z wykorzystaniem tych technologii. W większości przypadków nie jest to jednak obowiązek a poziom nauczania zależy głównie od zaangażowania instruktora. Podobnie wygląda kwestia

możliwości wykorzystania ADAS na egzaminie na prawo jazdy. Niektóre państwa dopuszczają korzystanie z systemów, zwłaszcza tych kluczowych dla bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wciąż nie jest jednak sprawdzana wiedza kierującego dotycząca ich obsługi, a ocenie podlega jedynie bezpieczne poruszanie się w ruchu drogowym.

6. OCZEKIWANIA, STAN WIEDZY KIEROWCÓW NA TEMAT ADAS I SPOSOBY JEJ ZDOBYWANIA

W ostatnich latach przeprowadzono szereg badań skupiających się na analizie postrzegania pojazdów autonomicznych przez opinię publiczną. Celem badań było uzyskanie głębszego zrozumienia opinii, obaw i ogólnej akceptacji tych technologii. Przytaczane w niniejszym rozdziale prace naukowe [17], [41], [74], [81], [89], [102], [126], [145] koncentrują się na badaniu intencji użytkownika AV.

Badania dotyczące akceptacji, przyjęcia i zastosowania technologii automatyzacji w pojazdach stają się coraz bardziej istotne w dziedzinie badań nad transportem. Madigan i in.[89] przeprowadzili badanie, które wykorzystało ujednoliczoną teorię akceptacji i wykorzystania technologii AV (ang. Unified Theory of Acceptance and Use of Technology – UTAUT), aby zbadać społeczne postrzeganie tych technologii i zidentyfikować czynniki wpływające na intencje opinii publicznej.

W niektórych opracowaniach naukowych wykorzystano teorię planowanego zachowania, aby analizować przekonania i lepiej zrozumieć intencje behawioralne związane z AV. Przykłady takich publikacji to prace Buckley i in. [17] oraz Gkartzonikas i Gkritza [41].

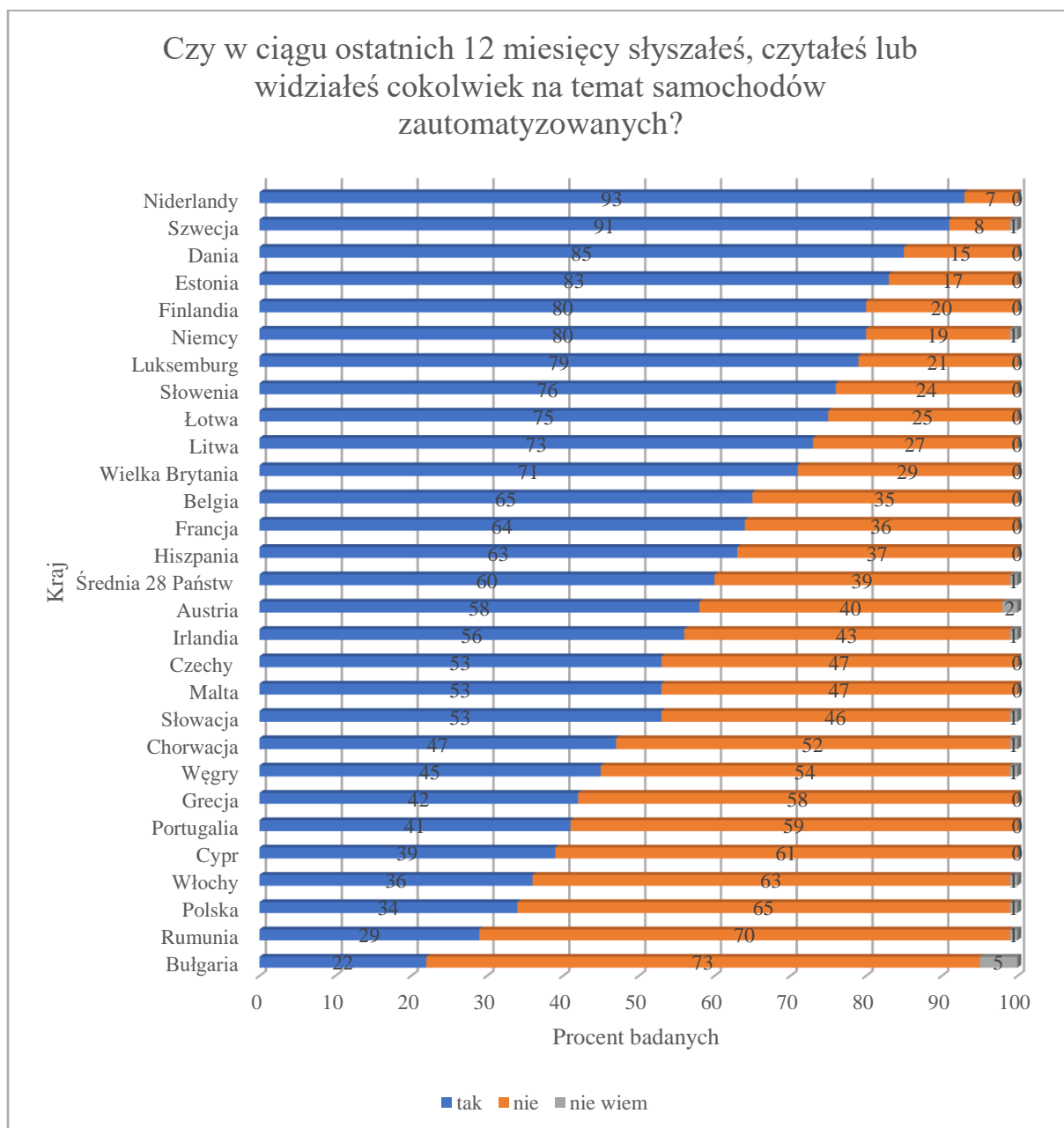
Wśród najnowszych szeroko zakrojonych badań należy także wymienić prace prowadzone przez Komisję Europejską [75]. W ostatnim czasie w Polsce zostały zrealizowane badania przez pracowników Instytutu Transportu Samochodowego i Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej w ramach dwóch omawianych w niniejszej pracy projektów: AV-PL-ROAD oraz Trustonomy [118], [119].

6.1. Badania prowadzone przez Komisję Europejską

Automatyzacja transportu drogowego odgrywa kluczową rolę w europejskiej strategii poprawy bezpieczeństwa i wydajności transportu drogowego, określonej w Europejskim Zielonym Ładzie i Komunikacie KE z 2018 r. „Na drodze do zautomatyzowanej mobilności: strategia UE na rzecz mobilności przyszłości”. Dlatego też we wrześniu 2019 roku Komisja Europejska przeprowadziła badania ankietowe wśród obywateli 28 krajów Unii Europejskiej. W sumie zebrano 27 656 odpowiedzi.

Celem badania było określenie stopnia świadomości społecznej i postaw wobec pojazdów autonomicznych i połączonych. Dzięki przeprowadzonej ankiecie udało się zebrać wiedzę z zakresu:

- świadomości obywateli UE na temat zautomatyzowanych pojazdów i ich doświadczenia z funkcjami zautomatyzowanej lub częściowo zautomatyzowanej jazdy,
- postaw wobec jazdy lub interakcji z pojazdami zautomatyzowanymi na drodze,
- gotowości obywateli do zakupu i korzystania z pojazdów zautomatyzowanych,
- oczekiwań w odniesieniu do pojazdów zautomatyzowanych [75].

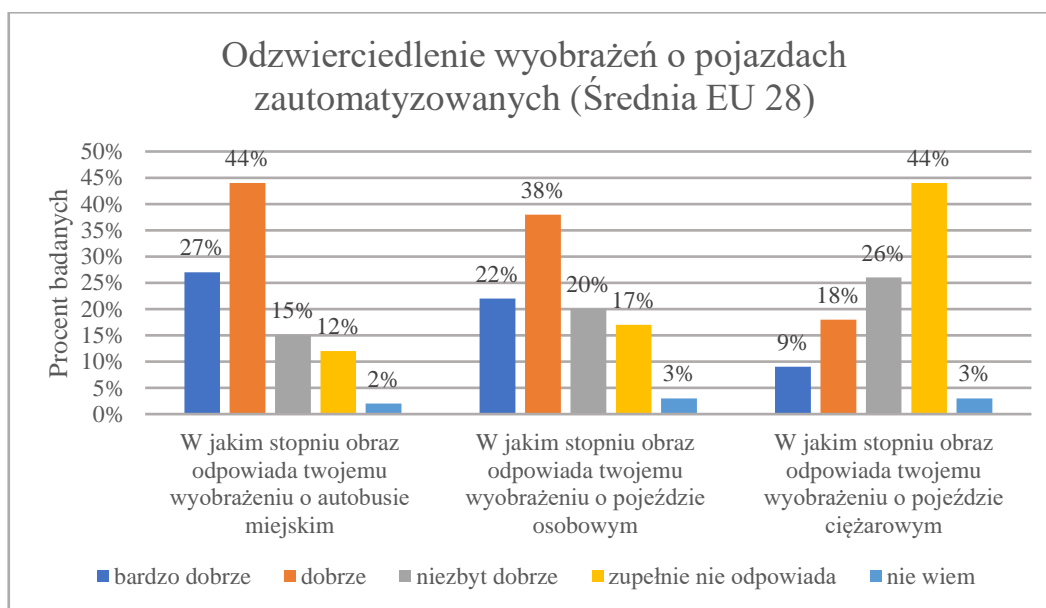


Rysunek 6.1. Wiedza na temat pojazdów zautomatyzowanych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

Zgodnie z wynikami przedstawionymi w raporcie (Rysunek 6.1), w Unii Europejskiej średnia osób, które spotkały się z informacjami na temat pojazdów zautomatyzowanych, wynosi 60%. Wśród państw członkowskich można zauważyć widoczne dysproporcje. Największy odsetek osób, które słyszały o pojazdach zautomatyzowanych, odnotowano w krajach takich jak Niderlandy (93%) i Szwecja (91%), zaś najmniejszy w krajach charakteryzujących się jednocześnie dużym odsetkiem wypadków drogowych, do których należą Włochy, Polska, Rumunia oraz Bułgaria.

Ankieta zawierała także przykładowe zdjęcia pojazdów zautomatyzowanych: autobusu komunikacji miejskiej, samochodu osobowego oraz pojazdu ciężarowego. Respondentów zapytano, w jakim stopniu każdy z trzech poniższych obrazów odpowiada ich wyobrażeniom o zautomatyzowanych pojazdach. Zdecydowana większość respondentów stwierdziła, że zdjęcie autobusu komunikacji miejskiej odpowiada ich wyobrażeniu o zautomatyzowanych pojazdach (71%), 60% zgodziło się z obrazem dla pojazdu osobowego i zaledwie 27% ze zdjęciem pojazdu ciężarowego (Rysunek 6.2).

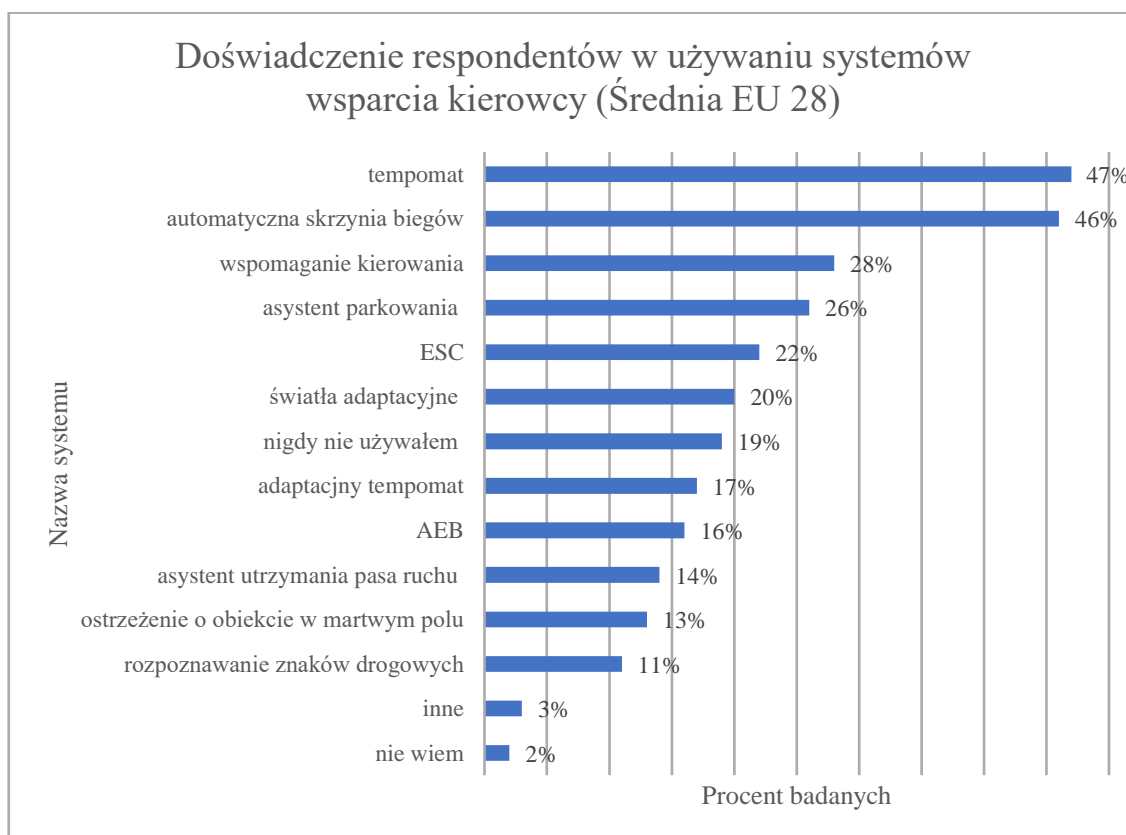


Rysunek 6.2. Odzwierciedlenie wyobrażeń o pojazdach zautomatyzowanych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

Na szczeblu krajowym zdecydowana większość respondentów we wszystkich 28 państwach członkowskich UE stwierdziła, że obraz samochodu osobowego odpowiada ich wyobrażeniu o pojazdach zautomatyzowanych. W czołówce znaleźli się respondenci z Węgier (80%), Czech (76%) i Chorwacji (75%). Średnia EU 28 wynosiła 60%, dla Polski było to 65%.

Dalsza część ankiety skupiała się na systemach wsparcia kierowcy. Respondentów zapytano, z jakich funkcji wspomaganie jazdy już korzystali. Wyniki zostały przedstawione na Rysunek 6.3.



Rysunek 6.3. Doświadczenie respondentów w używaniu systemów wsparcia kierowcy (Średnia EU 28)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

Niemal połowa ankietowanych stwierdziła, że korzysta z tempomatu (47%) i automatycznej skrzyni biegów (46%), a ponad jedna czwarta respondentów zadeklarowała, że korzysta ze wspomaganie kierowania (28%) i wspomaganie parkowania (26%).

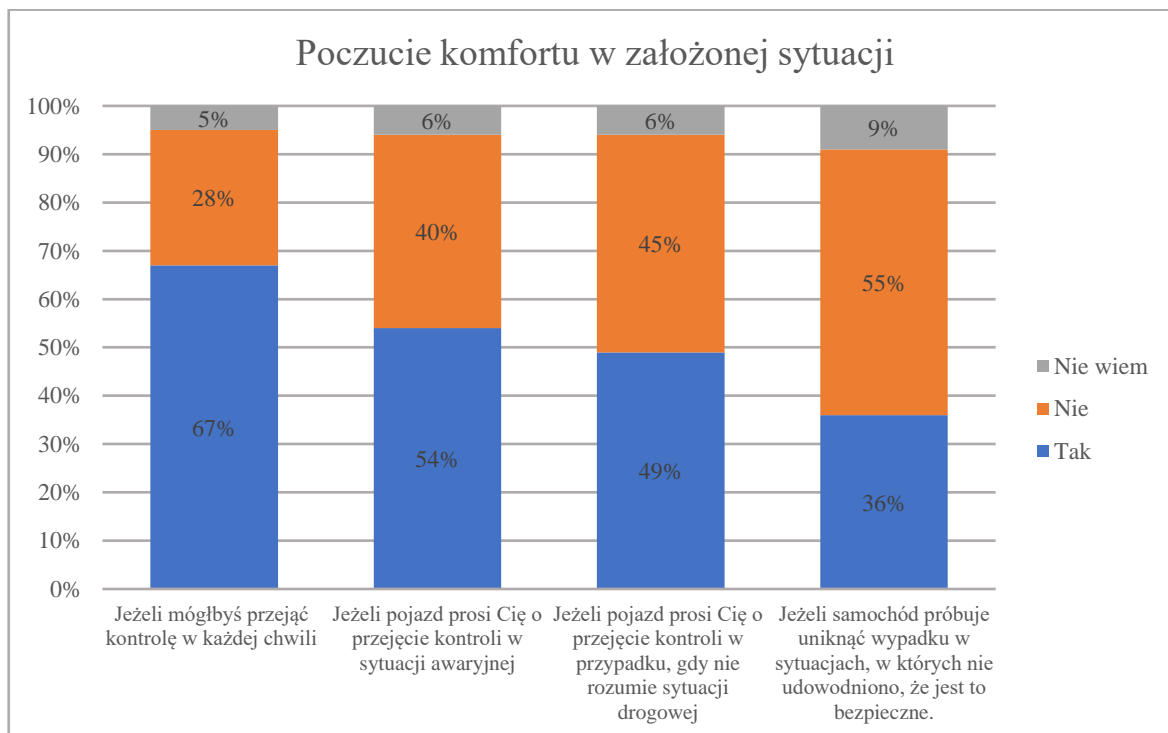
Dodatkowo respondentów zapytano, czy czuliby się komfortowo, w przypadku gdy funkcje wymienionych systemów byłyby wykonywane automatycznie przez pojazd (Rysunek 6.4). Badanie wykazało, że większość respondentów czułaby się komfortowo w przypadku automatycznego działania tempomatu czy asystenta parkowania.



Rysunek 6.4. Poczucie komfortu w przypadku gdy funkcje wymienionych systemów byłyby wykonywane automatycznie przez pojazd

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

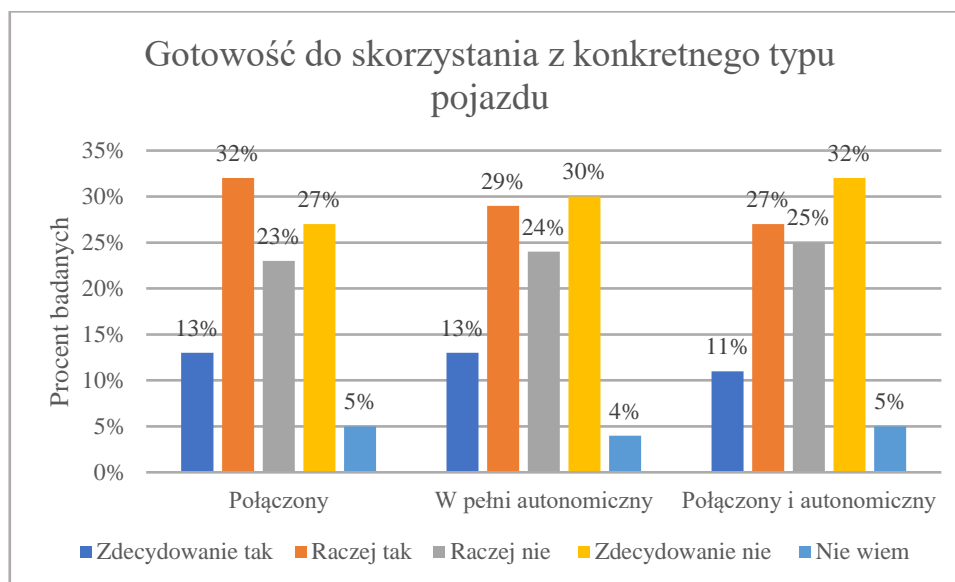
W dalszej części ankiety zapytano respondentów, czy czuliby się komfortowo w zautomatyzowanym pojeździe w różnych okolicznościach. Odpowiedzi obrazuje Rysunek 6.5.



Rysunek 6.5. Poczucie komfortu w założonej sytuacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

Dwie trzecie (67%) respondentów stwierdziło, że czułoby się komfortowo pod warunkiem, że w dowolnym momencie mogliby odzyskać kontrolę. Najmniej komfortowa dla respondentów sytuacja dotyczyła próby uniknięcia wypadku przez samochód w sytuacjach, w których nie udowodniono, że jest to bezpieczne. W tej sytuacji aż 55% respondentów nie czułoby się komfortowo. Dalej respondenci określili, czy chcieliby skorzystać z różnych typów pojazdów. Wyniki przedstawiono na Rysunek 6.6.

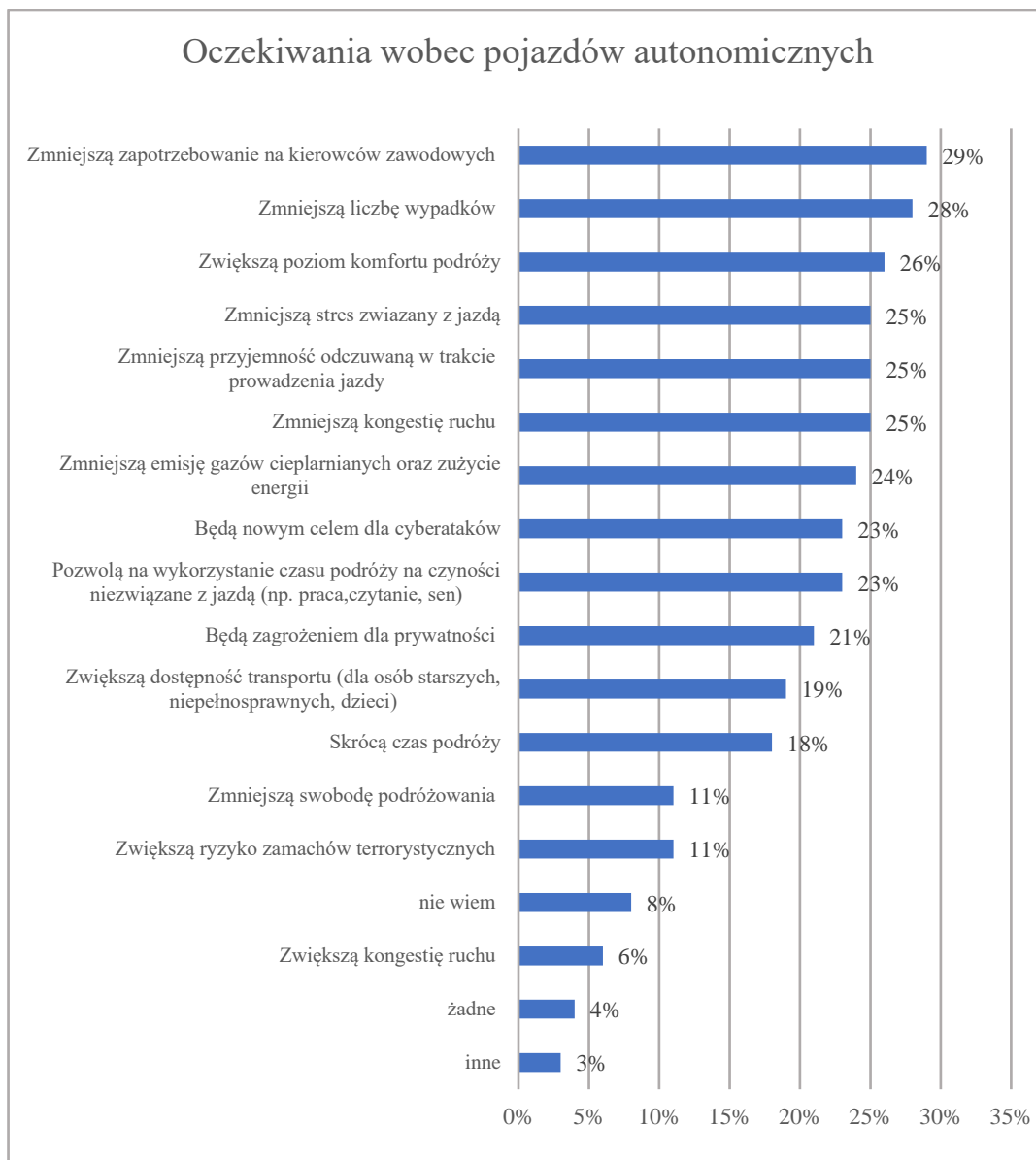


Rysunek 6.6. Gotowość do skorzystania z konkretnego typu pojazdu (EU 27)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

Wyniki wyglądały podobnie dla każdego typu pojazdu. Zaledwie 42% respondentów zdecydowałoby się na jazdę pojazdem autonomicznym i tylko 48% autonomicznym i połączonym.

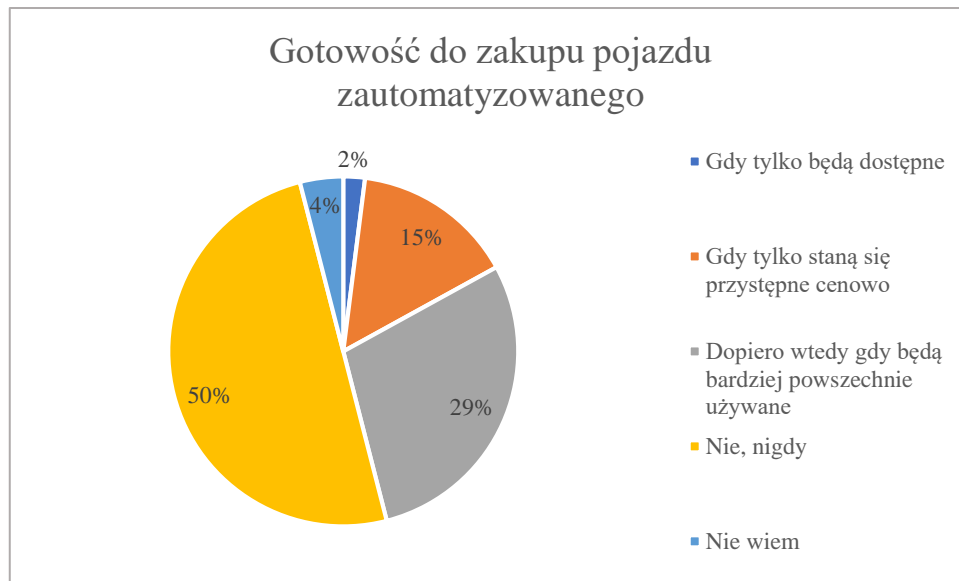
W dalszej części badania zapytano uczestników, czy zgadzają się z szeregiem stwierdzeń dotyczących ich oczekiwań wobec pojazdów zautomatyzowanych. Niemal jedna trzecia ankietowanych (28%) stwierdziła, że zautomatyzowane pojazdy zmniejszą zapotrzebowanie na zawodowych kierowców i przejmą ich miejsca pracy, 27 % uważała, że zmniejszą liczbę wypadków, a 26% ankietowanych było zdania, że pojazdy zautomatyzowane zmniejszą stres związany z podróżowaniem.



Rysunek 6.7. Oczekiwania wobec pojazdów autonomicznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

Respondenci zostali także zapytani, czy byliby gotowi do zakupu pojazdu zautomatyzowanego. Rysunek 6.8 pokazuje, że aż 50% respondentów nie jest zainteresowanych takimi rozwiązaniami i nigdy nie kupiłoby pojazdu zautomatyzowanego. Natomiast niemal jedna trzecia respondentów (29%) zdecydowałaby się na zakup, kiedy pojazdy te będą bardziej rozpowszechnione.



Rysunek 6.8. Gotowość do zakupu pojazdu zautomatyzowanego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [75]

6.2. Badania prowadzone w Polsce przez Instytut Transportu Samochodowego – AV-PL-ROAD

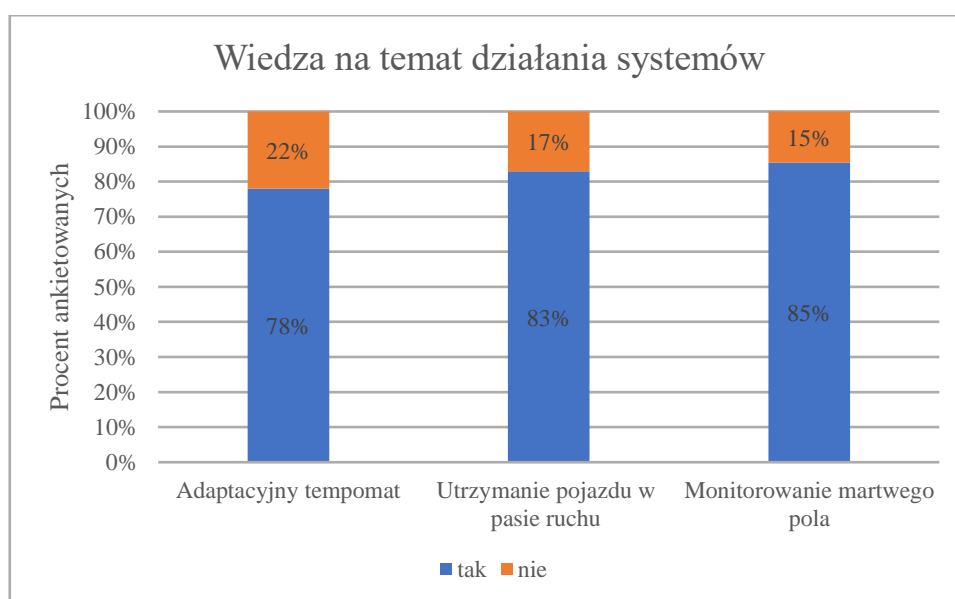
W 2020 roku pracownicy Instytutu Transportu Samochodowego (ITS) przeprowadzili badania wybranych, najbardziej rozpowszechnionych systemów wsparcia kierowcy. Działania były realizowane w ramach projektu AV-PL-ROAD – Polska Droga do Autonomizacji Transportu Drogowego. W skład konsorcjum wchodził także Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej oraz Ministerstwo Infrastruktury.

Badania przeprowadzone przez ITS zostały podzielone na kilka iteracji. W jednej z nich, zrealizowanej w warunkach ruchu rzeczywistego, przeprowadzono badania na grupie kierowców, mające na celu ocenę interakcji pomiędzy kierowcą a systemami wsparcia. Do badań wytypowano trzy najbardziej rozpowszechnione systemy wsparcia kierowcy: Adaptacyjny tempomat (ACC), utrzymanie pojazdu w pasie ruchu (LKA) oraz monitorowanie martwego pola (BSD). Zebrano dane umożliwiające określenie poziomu poczucia bezpieczeństwa i komfortu podczas używania poszczególnych systemów, a także określenia poziomu zrozumienia ich działania przez użytkowników. Badania uwzględniały obsługę systemów przez osoby starsze i niepełnosprawne.

W badaniach łącznie wzięło udział 41 osób podzielonych na 3 grupy: osoby pełnosprawne (30 osób), osoby z niepełnosprawnością (10 osób) i osoby starsze (5 osób).

Warunkiem udziału w badaniu było aktywne prowadzenie pojazdu oraz posiadanie uprawnień przez co najmniej dwa lata. Przed rozpoczęciem testów wszystkie osoby zostały

zaznajomione z pełną procedurą testową. Następnie badani uczestnicy byli pytani o poprzednie doświadczenia w korzystaniu z systemów wsparcia kierowcy oraz wiedzy na temat działania konkretnych systemów. Pytania dotyczyły przede wszystkim adaptacyjnego tempomatu, utrzymania pojazdu w pasie ruchu i monitorowania martwego pola. Niemal 90% ankietowanych nie miała żadnego z omawianych systemów w swoim pojeździe. Około połowa ankietowanych nigdy nie korzystała z systemów, a jedna czwarta miała z nimi do czynienia zaledwie raz. Jedynie pojedyncze osoby zadeklarowały, że mają doświadczenie w częstej jeździe z omawianymi systemami. Pomimo to znaczna część ankietowanych twierdziła, że posiada wiedzę z zakresu sposobu ich działania. Rysunek 6.9 przedstawia otrzymane odpowiedzi.



Rysunek 6.9. Deklarowana wiedza na temat działania systemów

Źródło: opracowanie własne na podstawie [122]

Mimo braku doświadczenia w użytkowaniu aż 78% uczestników badań twierdziło, że ma wiedzę z zakresu działania adaptacyjnego tempomatu, 83% utrzymania w pasie ruchu, a aż 85% ankietowanych zadeklarowało, że wie, jak działa asystent monitorowania martwego pola.

Po przeprowadzeniu ankiety kolejnym krokiem była jazda testowa. Badania przeprowadzone zostały na odcinkach drogi ekspresowej S8 w okolicach Radzymina. Całkowita długość trasy wynosiła około 38 km i składała się z dwóch przeciwbieżnych odcinków drogi ekspresowej o jednolitej charakterystyce. Każdy z nich na całej długości posiadał co najmniej dwa pasy ruchu o nawierzchni asfaltowej i dobrze widocznym oznakowaniu poziomym i pionowym.

Przed rozpoczęciem jazdy, w pierwszej kolejności przeprowadzano krótki instruktaż mający na celu omówienie najważniejszych kwestii w obsłudze systemów, w tym sposobu ich włączenia, wyłączenia, monitorowania stanu działania, a także wykonywanych przez dany system manewrów. Następnie osoba badana przystępowała do jazdy adaptacyjnej w celu zapoznania się z pracą systemów w sposób praktyczny i uniknięcia niebezpiecznych sytuacji oraz zachowań wynikających z braku wiedzy. Dalej następowała właściwa część badania. Po rozpędzeniu pojazdu i stabilizacji toru jazdy oraz prędkości badane osoby były proszone o wykonywanie poszczególnych manewrów przy uruchomionych systemach. Każdy z uczestników wykonywał 10 prób: po 3 dla BSD i ACC oraz 4 próby dla LKA. Całkowita liczba prób dla systemu BSD była mniejsza ze względu na to, że jeden z 5 badanych pojazdów nie był wyposażony w ten system.

Dla adaptacyjnego tempomatu opracowano dwa scenariusze badawcze. W pierwszym z nich, pojazd towarzyszący, jadący przed pojazdem badanego w pewnym momencie rozpoczął hamowanie, stabilizował prędkość, a następnie przyspieszał. W drugim scenariuszu, osoba badana poruszała się za innym pojazdem z włączonym adaptacyjnym tempomatem. W pewnym momencie pomiędzy pojazdy wjeżdżał trzeci samochód z prędkością zbliżoną do prędkości pojazdu badanego, wymuszając tym samym hamowanie. Obserwowana była reakcja systemu oraz odczucia kierowcy związane m.in. z poczuciem komfortu i bezpieczeństwa.

Dla asystenta utrzymania pojazdu w pasie ruchu scenariusz badawczy obejmował kilkukrotne dojeżdżanie do na przemian lewej i prawej krawędzi pasa ruchu.

Podczas prób systemu monitorującego martwe pole pojazdy poruszały się niemal równolegle. W pewnym momencie pojazd towarzyszący zwalniał i znajdował się w martwej strefie pojazdu badanego. Wówczas osoba badana była proszona o podjęcie próby zmiany pasa ruchu, jeżeli uzna manewr za bezpieczny.

Dla wszystkich systemów wykorzystano system akwizycji danych pomiarowych umożliwiający rejestrację takich parametrów, jak: prędkość, położenie pojazdu w pasie ruchu, odległość od obiektu z przodu czy czas do kolizji. W system wyposażono zarówno pojazd, jakim poruszały się osoby badane oraz pojazd towarzyszący wykorzystywany do prób adaptacyjnego tempomatu oraz asystenta monitorowania martwego pola.

We wszystkich próbach monitorowano poziom komfortu, bezpieczeństwa i poczucie trudności w obsłudze poszczególnych systemów. W tym celu opracowano dwie autorskie ankiety oceny działania systemów i odczuć kierowców. Jedna z nich była uzupełniana podczas

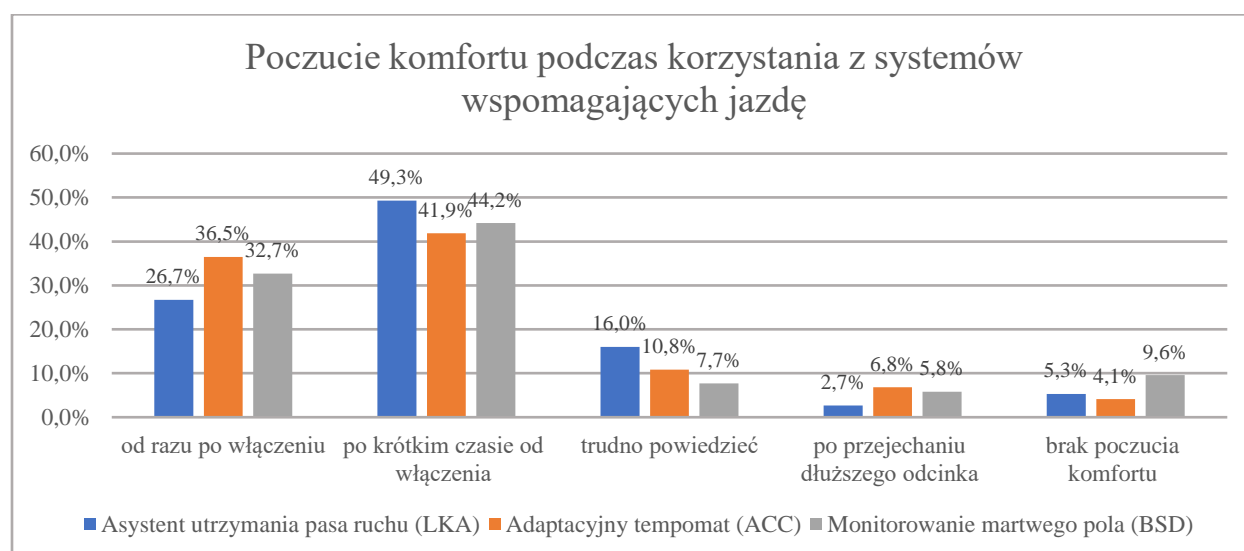
jazdy. Pytania zadawane były przez siedzącego obok obserwatora. Drugą ankietę kierowca uzupełniał po zakończeniu badania.

W pierwszej kolejności, zgodnie z pytaniami zawartymi w pierwszej ankiecie, osoby badane były proszone o określenie, czy w poszczególnej próbie, ich zdaniem, dany system zadziałał prawidłowo oraz czy reakcja była adekwatna do sytuacji i podjęta na czas.

Badani uznali za udane niemal wszystkie próby z wykorzystaniem ACC. Zaledwie 4 z nich (1,79 %) zostały ocenione jako nieprawidłowe. W ankiecie wykonanej po badaniu uczestnicy zgłaszali, że w ich odczuciu, w przypadku zajechania drogi przez pojazd poprzedzający lub jego nagłego hamowania, ACC działał z opóźnieniem, co negatywnie wpływało na poczucie komfortu i bezpieczeństwa.

Asystent utrzymania pasa ruchu (LKA) w pierwszej ankiecie również został oceniony pozytywnie. Na 300 prób aż 287 (95,67%) uznano za udane – system zadziałał prawidłowo według ankietowanych. Kierowcy wyrażali jednak różne opinie na temat działania systemu, które często różniły się w zależności od producenta pojazdu. W niektórych przypadkach reakcja pojazdu była znikoma, niemal niewyczuwalna, w innych na tyle silna, że pojazd odbijał się na drugą stronę pasa, dojeżdżając do przeciwnej linii, co powodowało jazdę od krawędzi do krawędzi. Takie sytuacje były źle oceniane pod kątem komfortu i poczucia bezpieczeństwa przez badanych.

Dla asystenta monitorowania martwego pola zaledwie 7,3 % prób została określona jako nieudana.



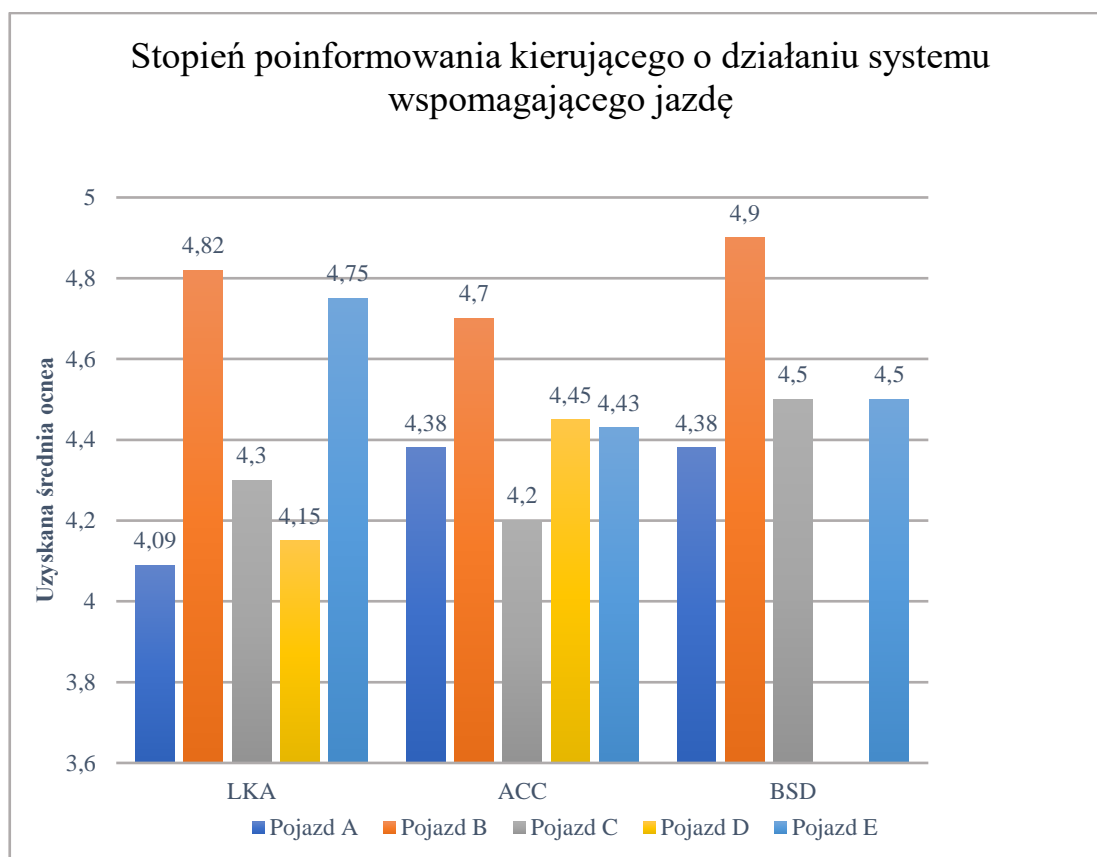
Rysunek 6.10. Poczucie komfortu w korzystaniu w systemów

Źródło: opracowanie własne na podstawie [122]

Większość ankietowanych informowała, że obsługa systemów była dla nich komfortowa po krótkim czasie od włączenia lub niemal od razu po włączeniu (Rysunek 6.10). Najwięcej respondentów nie czuła się komfortowo w korzystaniu z systemu monitorowania martwego pola (9% ankietowanych). Ogólny poziom komfortu we wszystkich próbach określany był w skali od 1 do 5. W tym kontekście najlepiej ocenianym systemem był ACC. Dla wszystkich prób niemal 77% osób badanych oceniała poziom komfortu jako bardzo wysoki (5), a około 22% jako wysoki (4). Tylko pojedyncze osoby określały ten poziom jako niższy. W zakresie poczucia bezpieczeństwa system ten był także najlepiej oceniany. W każdej z prób 73% ankietowanych oceniło poziom poczucia bezpieczeństwa jako bardzo wysoki, a około 24% jako wysoki. W trzeciej próbie, przy nagłym zajechaniu drogi przez inny pojazd, 6,8% badanych określiła poziom poczucia bezpieczeństwa jako średni. Zbliżone wartości otrzymano dla asystenta utrzymania pasa ruchu. W pierwszych dwóch próbach zarówno poczucie komfortu, jak i bezpieczeństwa 64% ankietowanych określiło jako bardzo wysokie. Na wysoki poziom komfortu wskazało aż 28% ankietowanych, a na wysoki poziom bezpieczeństwa 24%.

W kolejnych dwóch próbach wartości te nieznacznie urosły. Najślabiej ocenianym systemem, zwłaszcza w pierwszej próbie, było monitorowanie martwego pola. Ponad 17% uczestników badania określiło poziom poczucia bezpieczeństwa jako przeciętny (3), słaby (2) lub bardzo słaby (1). Poczucie komfortu podczas używania monitorowania martwego pola zostało ocenione dokładnie tak samo. Wartości te poprawiły się w kolejnych próbach, odbiegały jednak od ocen przyznawanych ACC i LKA.

Istotnym elementem badania było także określenie stopnia poinformowania kierującego o stanie i działaniu systemu. Wyniki przeanalizowano, rozróżniając poszczególne pojazdy. Badani zostali poproszeni o ocenę w skali od 1 do 5. Wyniki obrazuje Rysunek 6.11.



Rysunek 6.11. Stopień poinformowania kierującego o działaniu systemów w poszczególnych pojazdach

Źródło: opracowanie własne na podstawie [122]

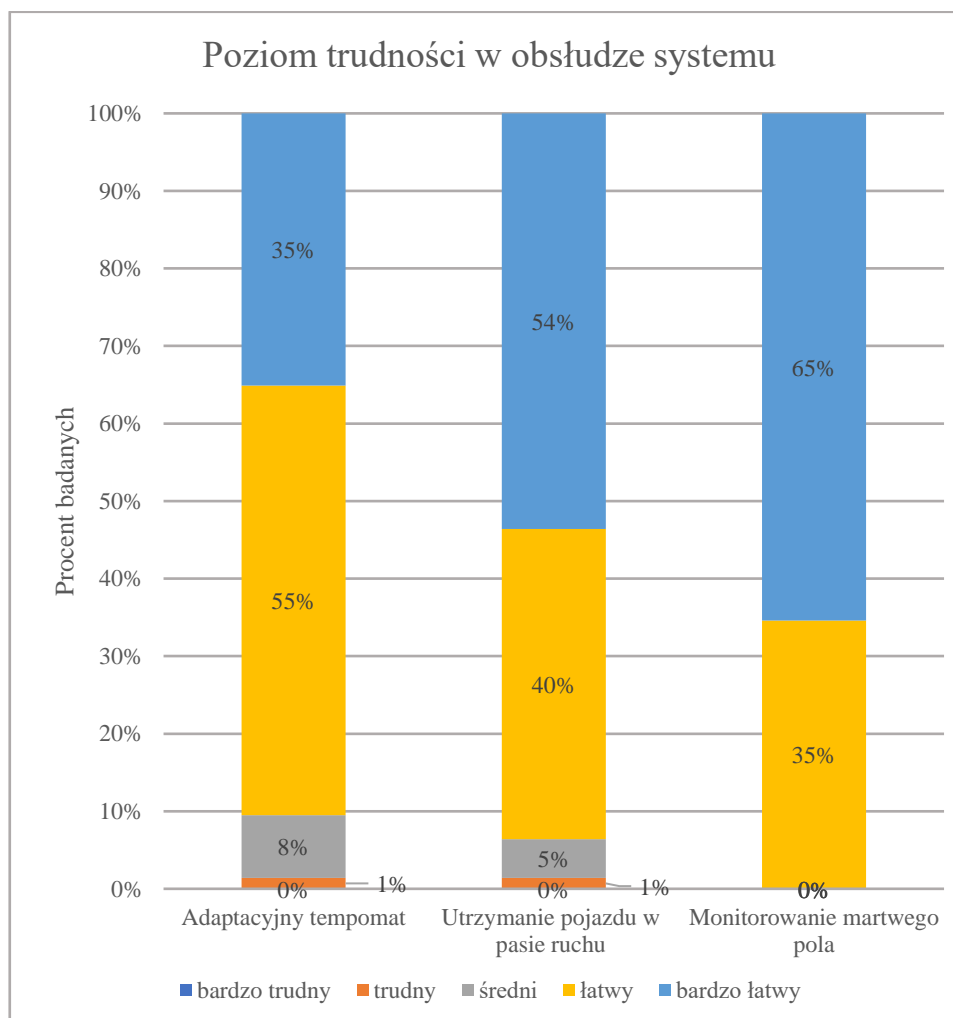
Zgodnie z pozyskanymi odpowiedziami, w każdym z trzech testowanych systemów stopień poinformowania o ich działaniu był na wysokim poziomie, przekraczającym wartość 4. Jednakże, odnotowano znaczącą różnicę między stopniem poinformowania kierowców o działaniu systemu LKA w poszczególnych pojazdach: pojazd E i B uzyskały wyższą średnią ocenę niż pojazd A. Wydaje się, że wpływ na ten fakt miały komunikaty dźwiękowe informujące kierowców o działaniu systemu, które były dostępne jedynie w pojazdach E i B. To potwierdza również analiza średnich dotyczących systemu BSD, w którym jedynie pojazd B zapewniał komunikaty dźwiękowe, co skutkowało wyższym poziomem poinformowania kierowcy o działaniu systemu w tym pojeździe.

Wśród aspektów związanych z poinformowaniem kierowców o działaniu systemu, najwięcej uwagi skupiono na tym, że badani nie zwracali uwagi na ikony na pulpicie sterowniczym, chyba że były one połączone z komunikatem dźwiękowym. Niektórzy kierowcy, zwłaszcza starsi, zgłaszali trudności z koncentracją na prowadzeniu pojazdu

w związku z dużą liczbą przycisków, ustawień i ikon na ekranie. Ponadto, uwagi dotyczyły także czytelności ikon, które często były oceniane jako zbyt małe, niejasne i nieintuicyjne.

Podsumowując, chociaż stopień poinformowania o działaniu poszczególnych systemów był wysoki, kierowcy zgłaszali niewystarczający komfort związany z jakością i precyzją informacji oraz niezadowalający poziom uwagi skupionej na wizualizacji, zwłaszcza bez dodatkowych sygnałów dźwiękowych.

W ramach badań dokonano analizy poziomu trudności w obsłudze poszczególnych systemów. Ich wyniki przedstawia Rysunek 6.12.



Rysunek 6.12. Poziom trudności w obsłudze systemów wsparcia kierowcy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [122]

Według badanych, systemy charakteryzowały się dużą łatwością w obsłudze, nikt nie zadeklarował trudności w ich użytkowaniu. W pytaniu zawierającym aspekty szczegółowe, badani wskazywali niekiedy na niewielkie trudności w monitorowaniu działania systemów. Należy jednak pamiętać, iż każda z osób badanych odbyła krótki instruktaż z zakresu

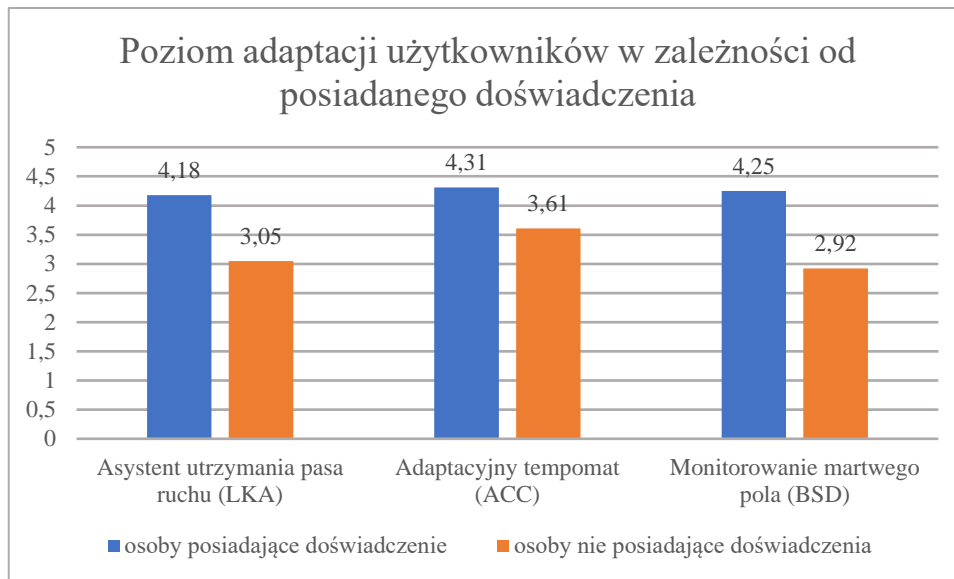
korzystania z systemów. W trakcie przejazdów zauważono także, że bardzo często ocena kierującego znacznie różniła się od oceny osoby asystującej. Pomimo deklaracji o braku trudności, wielokrotnie prowadzący badanie musiał przypominać o kluczowych aspektach bądź ostrzegać przed niewłaściwym zachowaniem kierującego.

Najbardziej rażącym przypadkiem błędu w korzystaniu z systemu ACC była nieświadoma dezaktywacja systemu w momencie, kiedy kierowca czuł, że system nie hamuje wystarczająco intensywnie. Po wciśnięciu hamulca przez osobę badaną dochodziło do dezaktywacji systemu, o czym informował komunikat wizualny na desce rozdzielczej. Wielokrotnie jednak kierowcy poświęcający uwagę monitorowaniu sytuacji drogowej, tego nie zauważali. Sądzieli, że po ich interwencji system w dalszym ciągu utrzymuje zadaną prędkość i odległość od pojazdu poprzedzającego, podczas gdy to oni byli już w pełni odpowiedzialni za wszystkie czynności sterownicze. Niejednokrotnie mogło to doprowadzić do bardzo niebezpiecznych sytuacji, gdyby nie wsparcie ze strony osoby prowadzącej badanie.

Dla systemu BSD najbardziej niebezpieczne były sytuacje, w których osoba badana włączała kierunkowskaz, chcąc zmienić pas ruchu, kiedy system informował już o obecności pojazdu w martwym polu. Wówczas dioda informująca o obiekcie synchronizowała swoje działanie z kierunkowskazem. Niejednokrotnie kierowcy uznawali ten sygnał jako możliwość zmiany pasa. Co ciekawe, badani często mogli już zauważyć pojazd w lusterku, mimo to bardziej sugerowali się tym, że dioda zmieniła sygnał z ciągłego na migający. Niekiedy w tych sytuacjach kierowcy mimo wszystko wymuszali pierwszeństwo i próbowali zmienić pas ruchu, stwarzając tym samym bardzo duże zagrożenie. Pytani o tę sytuację odpowiadali, że widzieli pojazd w lusterku, ale sugerowali się miganiem diody. Na pytanie, czy zmieniliby pas, gdyby diody nie było, odpowiadali, że zapewne nie, bo tuż przed zmianą pasą mogli już dostrzec pojazd w lusterku.

Co więcej, dla wszystkich trzech badanych systemów, reakcje systemów zostały określone jako podjęte na czas przez ponad 90% ankietowanych. Stoi to w sprzeczności zarówno z odpowiedziami informującymi o zbyt późnej reakcji, jak i z podejmowanymi próbami hamowania przez kierowców [122].

Dodatkowym czynnikiem sprawdzanym podczas prób był wpływ wcześniejszego doświadczenia w korzystaniu z systemów wsparcia kierowcy na poziom i szybkość adaptacji do komfortowego korzystania z poszczególnych systemów. Oceny dokonywano w skali od 1 do 5, gdzie 1 oznaczało największe problemy w adaptacji i najmniejszy komfort w użytkowaniu systemu, a 5 łatwość w adaptacji i wysoki poziom komfortu.



Rysunek 6.13. Poziom adaptacji użytkowników w zależności od posiadanego doświadczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie [122]

Rysunek 6.13 pokazuje znaczne różnice w poziomie adaptacji do komfortowego użytkowania systemów wsparcia w zależności od wcześniejszego doświadczenia użytkowników. Jako doświadczenie przyjęto wcześniejsze użytkowanie systemów o takiej samej lub zbliżonej funkcjonalności, nie zwracając uwagi na producenta. Ten aspekt badania pokazuje, jak istotną rolę pełni kwestia nawet ogólnego poziomu wiedzy i doświadczenia w postrzeganiu systemów i odczuciach kierowcy.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że doświadczenie w korzystaniu z systemów wspomagania kierowcy może mieć wpływ na trudność obsługi, zaufanie do systemów, szybkość adaptacji, a także związane z tym poczucie komfortu.

W przypadku obsługi systemu ACC, LKA czy BSD stopień trudności obsługi zależny był od znajomości obsługi systemu. Osoby, które miały wcześniej doświadczenie i wiedzę od czego służy dany system, jak działa i jakie są jego funkcjonalności, nie miały trudności z obsługą systemu [122]. Jest to istotne w kontekście analiz innych badaczy, którzy postrzegają szkolenie systemowe jako potencjalną strategię prewencyjną, która mogłaby zminimalizować negatywne skutki adaptacji behawioralnej związanej z wprowadzeniem nowych systemów wspomagania kierowcy [152].

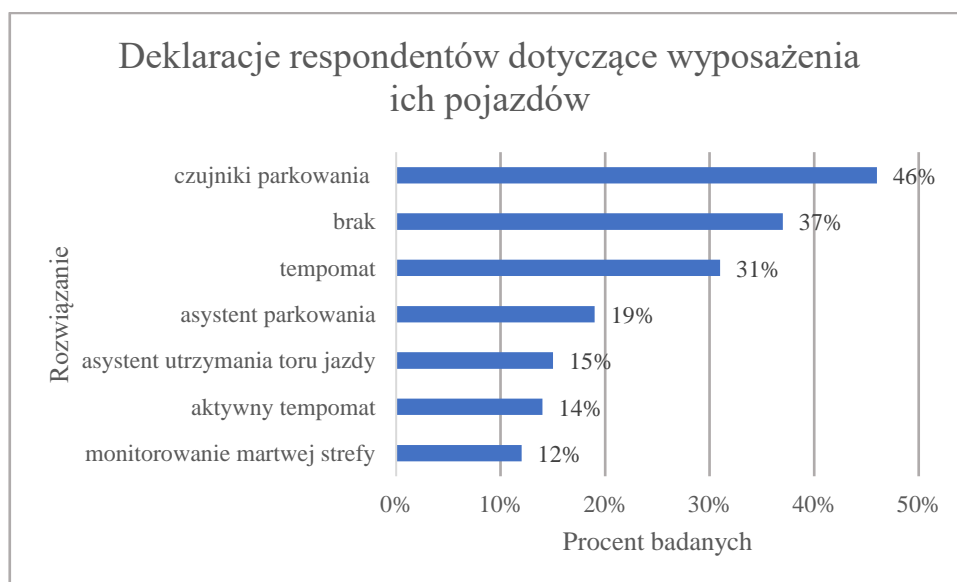
6.3. Badania prowadzone przez Politechnikę Warszawską – AV-PL-ROAD

6.3.1. Badania ankietowe osób prywatnych

W ramach projektu AV-PL-ROAD przeprowadzono badania opinii publicznej, mające na celu określenie poziomu świadomości społecznej, dotyczącej dopuszczenia pojazdów

zautomatyzowanych i autonomicznych do ruchu drogowego w Polsce, a także identyfikacji oczekiwań co do skutków wdrożenia tych rozwiązań. Zakres merytoryczny badania obejmował odpowiedzi na 21 pytań badawczych skierowanych do osób indywidualnych oraz 28 pytań do przedstawicieli firm transportowych, dotyczących użytkowania samochodów autonomicznych, zwanych również "samochodami bez kierowcy". Badania dotyczyły warunków i możliwych scenariuszy rozwoju, aspektów bezpieczeństwa oraz kosztów transportu związanych z użytkowaniem pojazdów autonomicznych. Istotną część badań stanowiły pytania mające na celu ocenę wiedzy respondentów na temat pojazdów autonomicznych. Uzyskane odpowiedzi pozwoliły na ocenę gotowości respondentów do akceptacji i użytkowania tej formy transportu.

Najliczniejszą grupą respondentów badania były osoby w przedziale wiekowym 35-49 lat, stanowiące 25,9% próby. Natomiast najmniejszą grupę respondentów stanowili młodzi ludzie w wieku 16-24 lat, którzy stanowili 9,9% badanej populacji. Około 30% respondentów to osoby starsze, z czego 11% miało 70 lat lub więcej. Aż 39,3% respondentów stanowili mieszkańcy obszarów wiejskich. Najmniej liczną grupą (7,9%) byli natomiast mieszkańcy miast o populacji między 200 tys. a 500 tys. Ogólnie mieszkańcy miast reprezentowali nieco ponad 60% badanej populacji, co odzwierciedla rzeczywistą strukturę ludności kraju w 2021 roku. Największą grupę ankietowanych (80%) stanowili użytkownicy pojazdów osobowych.



Rysunek 6.14. Deklaracje respondentów dotyczące wyposażenia ich pojazdów

Źródło: opracowanie własne na podstawie [43]

Z rezultatów badań zobrazowanych na Rysunek 6.14 wynika, że najczęściej osób ankietowanych w swoich pojazdach posiada czujniki parkowania (45,7%) oraz tempomat,

z którego korzysta 30,8% badanych. Jednak bardziej zaawansowane rozwiązania były znacznie mniej popularne. Asystenta parkowania używało 19,3% respondentów, asystenta utrzymywania toru jazdy 15,1%, aktywnego tempomatu 14%, a asystent zmiany pasa ruchu był obecny tylko w 11,6% samochodów. Ponadto, niemal 37% respondentów stwierdziło, że ich samochód nie jest wyposażony w żadne systemy wspomagające. Badanych zapytano również o to, czy kiedykolwiek wcześniej słyszeli o pojazdach autonomicznych. Aż 70,2% respondentów udzieliło odpowiedzi potwierdzającej, zaledwie 29,8% odpowiedziało przecząco. Podobne wyniki uzyskano w odpowiedzi na pytanie dotyczące znajomości prac badawczo-rozwojowych w obszarze automatyzacji transportu – niemal 7 na 10 ankietowanych wykazało się wiedzą na ten temat. W porównaniu z młodszymi grupami wiekowymi, osoby w przedziale wiekowym 50-59 oraz 60-69 lat częściej deklarowały znajomość badań i testów, zwłaszcza tych przeprowadzanych poza granicami Polski. Natomiast respondenci z młodszych grup wiekowych, szczególnie ci w wieku od 25 do 49 lat, częściej udzielali odpowiedzi wskazujących, że są świadomi badań prowadzonych w Polsce. Według analizy danych, poziom wykształcenia ma wyraźny wpływ na opinie respondentów dotyczące wiedzy na temat pojazdów autonomicznych. Wraz ze wzrostem wykształcenia rośnie odsetek respondentów, którzy deklarują posiadanie wiedzy o tego typu pojazdach. Zależność ta była szczególnie widoczna w odpowiedzi na pytanie, które dotyczyło testowania samochodów bez kierowcy w Polsce. Odsetek respondentów posiadających wiedzę na ten temat był ponad dwukrotnie wyższy u osób z wykształceniem wyższym, w porównaniu do osób z wykształceniem podstawowym.

Kolejne pytania miały na celu ustalenie czynników, które mogą wpłynąć na powszechną akceptację transportu opartego na pojazdach autonomicznych oraz identyfikację trudności związanych z jego implementacją w praktyce. Respondenci odpowiadali na pytania, korzystając z pięciostopniowej skali. Wyniki wskazują, że pozyskanie wiedzy na temat technologii pojazdów autonomicznych, spopularyzowanie idei samochodów bez kierowców przez media oraz nabycie osobistych doświadczeń z tego typu pojazdami są kluczowe dla uzyskania rzeczywistej akceptacji. Niemal 70% uczestników badania zadeklarowało, że spełnienie tych warunków jest warunkiem koniecznym. W ujęciu ogólnym, poszczególne czynniki mają podobne znaczenie, a różnice między nimi są niewielkie. Wartości odchylenia standardowego wskazują jednak na niski stopień zgodności w obrębie poszczególnych stwierdzeń.

Po przeanalizowaniu pytania o skłonność respondentów do zakupu samochodu autonomicznego stwierdzono, że respondenci wykazywali większą skłonność do wyboru autonomicznego samochodu, jeśli jego koszt byłby porównywalny lub niższy niż cena

samochodu tradycyjnego. W przypadku gdy cena samochodu autonomicznego była niższa niż cena samochodu tradycyjnego tej samej klasy, 42,4% respondentów zadeklarowało chęć zakupu autonomicznego samochodu, a 50,3% deklaroowało chęć zakupu, gdyby cena była taka sama jak cena samochodu tradycyjnego. Ponadto, 29% respondentów byłoby skłonnych do zakupu samochodu autonomicznego, nawet jeśli koszt byłby wyższy niż cena samochodu tradycyjnego. Nie zauważono, aby gotowość do zapłacenia wyższej ceny była związana z płcią respondentów. Test Kruskala-Wallisa wykazał brak istotnej statystycznie różnicy w ocenach respondentów zależnie od miejsca zamieszkania. Jednak mieszkańcy największych miast wykazali większą skłonność do ponoszenia wyższych kosztów zakupu samochodu autonomicznego w porównaniu do pozostałych grup. Podobnie, osoby z grup wiekowych 16-24 lata oraz 25-34 lata były bardziej skłonne do akceptacji wyższych kosztów zakupu samochodu autonomicznego niż osoby starsze [43], [148].

6.3.2. Badania z udziałem przedstawicieli branży TSL

Drugą grupą respondentów było 155 przedstawicieli branży TSL. Zdecydowaną większość respondentów – 84,5% stanowili mężczyźni w wieku od 25 do 65 lat. Badaniem objęto także kobiety w wieku od 27 do 50 roku życia. Średnia wieku osób badanych wynosiła odpowiednio 41,4 lat dla mężczyzn oraz 38,4 lat dla kobiet. Największą grupę osób badanych stanowili respondenci o wykształceniu wyższym – 83,3% kobiet i 64,9% mężczyzn. Wykształcenie średnie zadeklarowało 25,2% mężczyzn oraz 16,7% kobiet. Wykształcenie zawodowe wskazało około 10% mężczyzn biorących udział w badaniu.

W pierwszej kolejności respondenci zostali zapytani o potencjalne korzyści wynikające z wdrożenia pojazdów autonomicznych. Wyniki zostały przedstawione na Rysunek 6.15.



Rysunek 6.15. Korzyści dla przedsiębiorstw branży transportowej wynikające z użytkowania pojazdów autonomicznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [148]

Rysunek 6.15 wskazuje, że największa część ankietowanych jako korzyści wskazała optymalizację kosztów funkcjonowania przedsiębiorstw – 85,2% oraz zmianę wydajności pracy – 81,9%. Innymi korzyściami wymienianymi przez część respondentów (60,6%) były redukcja zużycia energii (w tym paliw) oraz zmniejszenie negatywnego wpływu pojazdów na środowisko (poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń i hałasu). Warto zauważyć, że ponad połowa ankietowanych uznała za korzyść automatyzacji transportu poprawę wizerunku przedsiębiorstwa oraz skrócenie czasu przewozów dzięki lepszemu wykorzystaniu infrastruktury drogowej. Niższe koszty wypadków zostały uznane przez 47,1% respondentów za korzyść dla branży transportowej. Dodatkowo, w pytaniu otwartym, respondenci często wskazywali na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego poprzez ograniczenie czynnika ludzkiego.

Respondentów zapytano także o korzyści dla uczestników ruchu drogowego wynikające z korzystania z pojazdów autonomicznych. Największa grupa ankietowanych (80%) wskazała na kwestie dotyczące poprawy poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz ochronę zdrowia i życia. Na drugim miejscu ankietowani wskazali poprawę mobilności. Analiza odpowiedzi wskazuje, że ponad 65% respondentów uznaje wpływ autonomicznych pojazdów na poprawę mobilności za korzystny. Dla ponad połowy badanych istotnymi korzyściami wynikającymi z użytkowania pojazdów autonomicznych są: redukcja negatywnego wpływu na środowisko (poprzez zmniejszenie emisji zanieczyszczeń i hałasu), możliwość dysponowania większą ilością wolnego czasu, lepsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury drogowej (zmniejszenie kongestii), mniejsze zużycie energii (w tym paliw) oraz rozwiązanie problemu parkowania pojazdów. Jedna trzecia respondentów uznaje niższe koszty serwisowania pojazdów autonomicznych za korzyść dla uczestników ruchu drogowego.

Zgodnie z otrzymanymi odpowiedziami, ponad 80% badanych uważa, że koszt wdrożenia technologii automatyzacji transportu jest istotną przeszkodą dla rozwoju tego obszaru. Problem braku zaufania konsumentów do nowych technologii, określany jako ostrożność społeczna, został zauważony przez nieco mniej respondentów. Według niemal 70% badanych kolejną przeszkodą dla rozwoju pojazdów autonomicznych w najbliższych latach będzie niedojrzałość technologii i długotrwałe procesy testowania. Ponadto, respondentom przeszkadzają kwestie związane z odpowiedzialnością producentów, dostawców oprogramowania oraz operatorów infrastruktury, a także ingerencja organów państwa

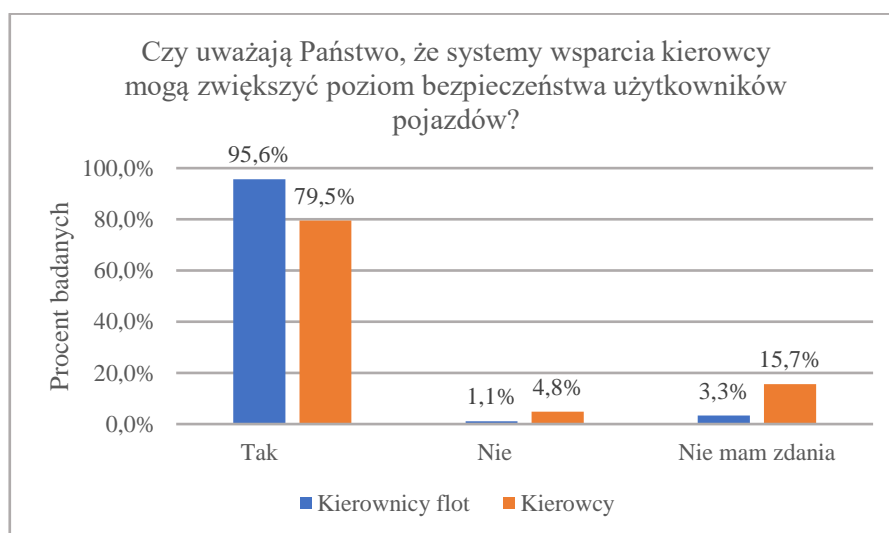
w procedury regulacyjne, które, według nich, również hamują rozwój technologii pojazdów autonomicznych [43], [148].

6.4. Badania prowadzone w Polsce przez Instytut Transportu Samochodowego – Trustonomy

W Polsce znaczną część pojazdów stanowią pojazdy służbowe. Dlatego też kluczowe wydawało się sprawdzenie poziomu wiedzy nie tylko prywatnych użytkowników pojazdów, ale także kierowników flot samochodowych i określenie ich nastawienia do ADAS oraz potencjalnych możliwości szkoleniowych.

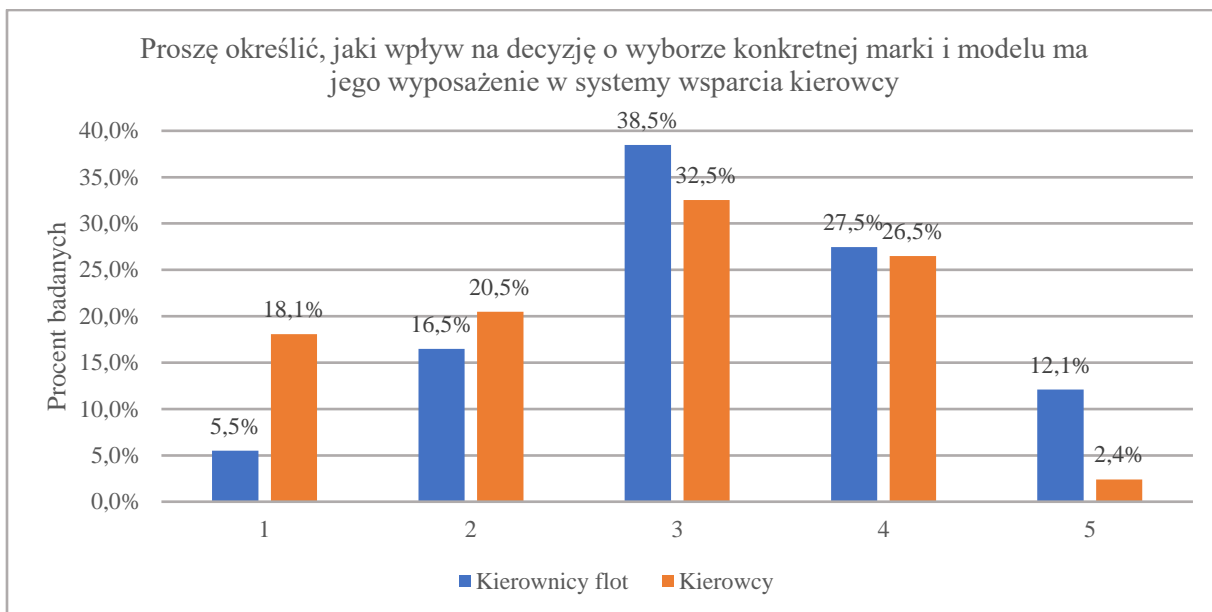
W roku 2020 pracownicy Instytutu Transportu Samochodowego, w ramach projektu Trustonomy, finansowanego z programu Horyzont 2020, przeprowadzili badania ankietowe na grupie 83 kierowców oraz 91 kierowników flot samochodowych.

Wyniki pokazują, że zarówno kierownicy flot, jak i użytkownicy prywatni zdają sobie sprawę z pozytywnego wpływu ADAS na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Aż 95,6% kierowników flot oraz 79,5% kierowców przyznało, że uważa je za pomocne w zwiększaniu poziomu BRD (Rysunek 6.16). Ankietowani jednak nie uwzględniali wyposażenia w ADAS jako ważnego czynnika w wyborze pojazdu. W skali od 1 do 5 dla kierowców średnia wynosiła zaledwie 2,7, dla kierowników flot 3,2/5 (Rysunek 6.17).



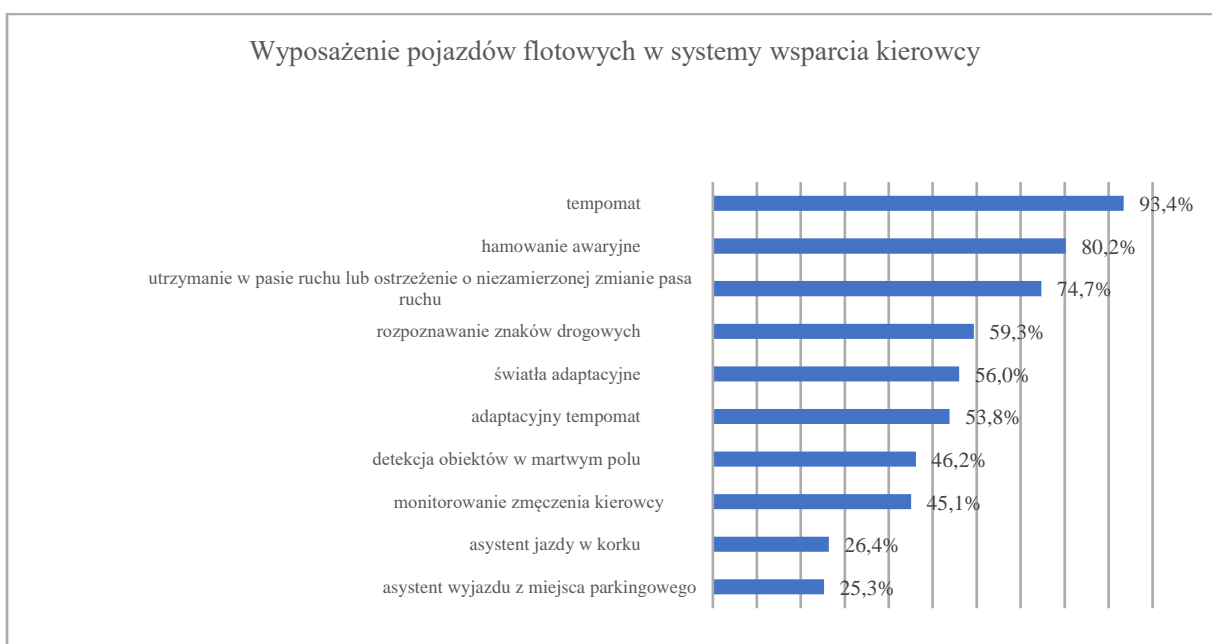
Rysunek 6.16. Zdanie użytkowników na temat wpływu ADAS na BRD

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pelka, Aleksandra Rodak, Instytut Transportu Samochodowego



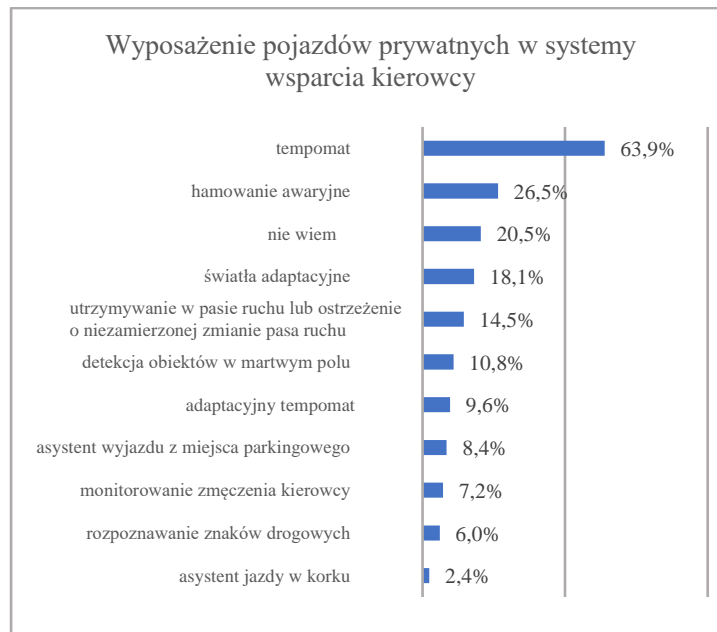
Rysunek 6.17. Wpływ wyposażenia w ADAS na zakup pojazdu

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak, Instytut Transportu Samochodowego



Rysunek 6.18. Wyposażenie pojazdów flotowych w systemy wsparcia kierowców

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak, Instytut Transportu Samochodowego



Rysunek 6.19 Wyposażenie pojazdów prywatnych w systemy wsparcia kierowców

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pelka, Aleksandra Rodak, Instytut Transportu Samochodowego

Do najczęstszych systemów znajdujących się na wyposażeniu pojazdów można zaliczyć: system hamowania awaryjnego, system utrzymania w pasie ruchu, adaptacyjny tempomat czy system rozpoznawania znaków drogowych (Rysunek 6.18, Rysunek 6.19). Mimo to zaledwie 18 na 91 (19,8%) kierowców flot samochodowych poinformowało, że kierowcy przechodzą szkolenia z wykorzystania ADAS. Spośród ankietowanych aż 73%, pomimo braku szkoleń uważa, że ich wprowadzenie byłoby dobrym pomysłem. Zaledwie 7 osób nie widzi takiej potrzeby.

Aż 94% ankietowanych kierowców nigdy nie odbyło szkolenia z zakresu korzystania z ADAS. W pytaniu z możliwościami wielokrotnego wyboru jako powód takiego stanu rzeczy wskazują głównie brak konieczności (67%) oraz brak ośrodków realizujących takie szkolenia (34%). Te same osoby swoje umiejętności obsługi systemów oceniają dosyć nisko (średnia 3,4 na 5). 78 osób, które nie wzięły udziału w żadnym szkoleniu, zostały zapytane o to, skąd czerpały wiedzę na temat korzystania z systemów.



Rysunek 6.20. Źródło wiedzy użytkowników na temat korzystania z ADAS (możliwe zaznaczenie kilku odpowiedzi)

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pelka, Aleksandra Rodak, Instytut Transportu Samochodowego

Zgodnie z wynikami przeprowadzonej ankiety, ponad połowa badanych twierdzi, że uczyła się obsługi systemów metodą prób i błędów. Oznacza to, że respondenci w trakcie jazdy zajmowali się uruchamianiem systemów i sprawdzaniem, w jaki sposób działają, zamiast skupiać się na dynamicznej sytuacji drogowej. Zaledwie 21 na 78 osób zadeklarowało, że zapoznało się z instrukcją pojazdu. Niemal jedna czwarta (24,4%) użytkowników przyznaje, że nie potrafi korzystać z tych rozwiązań. Niewątpliwie jest to sytuacja zatrważająca, wymagająca szybkiej zmiany [27].

6.5. Pozostałe badania naukowe

W badaniu przeprowadzonym w Australii przez Kaye i in. [70] zweryfikowano sposób, w jaki kierowcy samochodów osobowych zdobywają wiedzę o zaawansowanych systemach wspomagania kierowcy oraz wpływ tych sposobów na właściwe zrozumienie i korzystanie z ADAS. W badaniu wykorzystano model akceptacji technologii (ang. Technology Acceptance Model -TAM), aby ocenić zamiary kierowców do korzystania z ADAS w ciągu najbliższego miesiąca. W badaniu wzięło udział 217 uczestników o średniej wieku około 48 lat. Mężczyźni stanowili 69% badanej grupy. Do badania włączono uczestników, którzy kupili nowy lub używany pojazd wyposażony w co najmniej jeden z pięciu systemów: AEB, LDW, ACC, BSD lub rear cross traffic alert (asystent wyjazdu z miejsca parkingowego).

Ankietowani wypełnili 20-minutowy kwestionariusz online. Wyniki pokazały, że ponad połowa uczestników nie szukała informacji na temat ADAS przed zakupem pojazdu, a najczęściej stosowanymi metodami poznawania ADAS było czytanie instrukcji obsługi oraz metoda prób i błędów. Okazało się również, że czas spędzony ze sprzedawcą na wyjaśnianiu poszczególnych funkcji nie miał wpływu na zrozumienie ADAS przez kierowców ani na ich adaptację do korzystania z systemu. Jednakże, zgodnie z modelem TAM, postrzegana użyteczność i łatwość użycia były pozytywnymi predyktorami intencji korzystania z ADAS w ciągu następnego miesiąca. Uczestnicy, którzy poznali ADAS poprzez czytanie instrukcji obsługi, metodę prób i błędów lub ustne wyjaśnienie w punkcie sprzedaży, byli bardziej skłonni do korzystania z systemu niż uczestnicy, którzy nie korzystali z tych metod uczenia się. Autorzy publikacji wysnuli wniosek, że konieczne jest prowadzenie dalszych prac nad edukacją kierowców na temat funkcjonalności ADAS i informowanie, gdzie nabywcy samochodów osobowych mogą znaleźć dokładne i wiarygodne informacje na temat tych systemów [70].

W 2019 roku wśród konsumentów i sprzedawców samochodów w całej Holandii, przeprowadzono dwie oddzielne ogólnokrajowe ankiety, mające na celu określenie źródła wiedzy na temat ADAS. W ankiecie wzięło udział 713 respondentów, którzy kupili nowy (48,8%) lub używany (51,2%) samochód w ciągu ostatnich dwóch lat. Średnia wieku wynosiła 59 lat, przy czym najmłodszy respondent miał 20 lat, a najstarszy 85 lat. Aż 82,3% respondentów stanowili mężczyźni. Drugą grupą badanych byli dealerzy samochodów. Wyniki badania pokazują, że zarówno konsumenci, jak i sprzedawcy samochodów, są niedostatecznie informowani o ADAS. Niemal jedna czwarta kierowców nie otrzymała żadnej informacji o systemach w zakupionym samochodzie. Spośród kierowców, którzy otrzymali informacje, tylko 9% mogło wypróbować systemy przed zakupem pojazdu. Prawie 40% sprzedawców samochodów nie otrzymało wystarczających informacji o ADAS. Większość sprzedawców samochodów samodzielnie uczyła się obsługi metodą prób i błędów (44,7%) lub poprzez szkolenie u producenta samochodu lub pośrednika (42,9%) [14].

Viktorová i Šucha przeprowadzili badanie na grupie 38 właścicieli samochodów wyposażonych w system ostrzegania przed kolizją z przodu (FCW) i w tempomat adaptacyjny (ACC). Badanie miało na celu określenie, jakiego rodzaju informacje użytkownicy dwóch zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy mają na temat tych systemów, w jaki sposób je zdobyli i jakie były ich preferowane metody poznawania możliwości i ograniczeń systemów. Wyniki sugerują, że większość właścicieli nie czyta instrukcji obsługi i polega na własnych doświadczeniach (metoda prób i błędów) lub informacjach otrzymanych podczas

zakupu. W związku z tym, informacje o ograniczeniach systemów mogą nie być im wcześniej znane, co może doprowadzić do niebezpiecznych sytuacji w ruchu drogowym. Z tego właśnie powodu autorzy publikacji zalecają wcześniejsze zapoznanie z funkcjami, sposobami sprawowania kontroli i ograniczeniami choćby takich systemów jak FCW i ACC [155].

W artykule autorstwa Lubkowski i in. [88] grupa 223 respondentów wypełniła kwestionariusz internetowy dotyczący ich doświadczeń z ADAS w swoich samochodach osobowych. Ankietę skoncentrowano na dwóch głównych kwestiach: poziom zaufania do 13 technologii ADAS oraz skuteczność stosowanych metod szkolenia. Wyniki badania wskazują, że poziom zaufania kierowców do technologii ADAS wzrasta wraz z dłuższym okresem użytkowania pojazdu. Jednakże uczestnicy, którzy doświadczyli nieoczekiwanego zachowania ADAS, oceniali swoje zaufanie do tych technologii znacznie gorzej. Wyjątkiem była funkcja unikania kolizji tylnych. Większość respondentów (75,8%) otrzymała instrukcję dotyczącą ADAS w swoim salonie samochodowym, ale tylko 16,6% stwierdziło, że było to szkolenie sformalizowane. Osoby, które przeszły takie szkolenie, oceniły je jako znacznie bardziej skuteczne niż ci, którzy otrzymali jedynie nieformalny przegląd systemów, w jakie wyposażony był pojazd. Poza szkoleniami organizowanymi przez dealerów, metoda prób i błędów oraz instrukcja obsługi były najczęściej stosowanymi metodami nauki użytkowania ADAS. Uczestnicy badania wskazali również, że brak dostosowanych do wyposażenia pojazdu treści w instrukcjach obsługi stanowił przeszkodę w efektywnym korzystaniu z ADAS.

W literaturze można znaleźć także spostrzeżenia, że pomimo faktu, iż ograniczenia systemu są zwykle opisane w instrukcji obsługi, nie musi to oznaczać, że kierowcy są ich świadomi. W ankiecie przeprowadzonej wśród 370 właścicieli ACC aż 67% twierdziło, że nauczyło się obsługi systemu, czytając instrukcję, mimo to aż 72% respondentów nie wiedziało o żadnych ograniczeniach ani ostrzeżeniach producenta dotyczących ACC [63].

Badania sugerują, że świadomość kierowców na temat potencjalnych problemów z ACC lub FCW wzrasta z czasem użytkowania, ale ważne jest, aby kierowcy, przynajmniej od czasu do czasu, obcowali z nimi podczas jazdy. W przeciwnym razie użytkownicy zapominają o istnieniu ograniczeń funkcjonalnych i mogą przejawiać nierealistyczne, nadmierne poleganie na systemach [11], [12], [63].

Jednocześnie nie stwierdzono, aby wcześniejsza znajomość ograniczeń systemu miała negatywny wpływ na akceptację użytkownika i zaufanie do systemu w dłuższej perspektywie. Wręcz przeciwnie, kierowcy, którzy nie zostali wcześniej poinformowani o sytuacjach, w których system nie działa w pełni, wykazywali więcej negatywnych reakcji po zetknięciu się z nimi w teście terenowym, a ich zaufanie do systemu malało z czasem [11].

W artykule autorstwa Trübswetter i Bengler [150] dostrzeżono, że ze względu na ograniczenia związane z wiekiem, starsi kierowcy mogą wiele zyskać dzięki technologiom zastosowanym w pojeździe, pod warunkiem że będą odpowiednio ich używać. Na podstawie wyników kilku badań rynkowych określono, że pomimo szerokiej dostępności i świadomości istnienia ADAS, ich rzeczywiste wykorzystanie nadal pozostaje bardzo niewielkie. Aby zbadać świadomość i chęć korzystania z ADAS, przeprowadzono badanie ankietowe w formie wywiadów z 32 starszymi kierowcami.

Kilku uczestników badania zadeklarowało, że nie potrzebuje żadnej asysty ze względu na swoje umiejętności prowadzenia pojazdu lub brak sytuacji, w których ADAS byłyby przydatne. Innym powodem był brak przekonania, że korzystanie z tych systemów przyniosłoby korzyści w sytuacjach krytycznych. Brak postrzeganej użyteczności dotyczył głównie systemów DDD (Driver Drowsiness Detection), LDW (Lane Departure Warning), PA (Parking Assistance) i NVA (Night Vision Assistance). Istotną przeszkodą w wykorzystywaniu ADAS był również ograniczony zakres funkcjonalny (9% ankietowanych), który obejmował deficyty czujników, braki w funkcjonalności systemów oraz ich ograniczoną niezawodność. Ta przeszkoda często była wspominana w odniesieniu do PA, LDW, PDC (Park Distance Control) i CC (Cruise Control).

Badani często opisywali przewidywane ograniczenia funkcjonalne, mimo że wcześniej nie mieli doświadczenia w korzystaniu z systemu. Kolejną często wymienianą przeszkodą były koszty ADAS (9%), związane zarówno z ich zakupem, jak i utrzymaniem. Dotyczyło to głównie: PA, TSR (Traffic Sign Recognition), NVA, HUD (Head-Up Display) i ACC (Adaptive Cruise Control). Wielu uczestników badania wyraziło chęć zakupu jednego systemu, gdyby był on tańszy i nie wiązał się z koniecznością zakupu całego pakietu.

Niektórzy uczestnicy wyrazili obawy dotyczące awarii lub niewłaściwego funkcjonowania systemów takich jak LCA (Lane Change Assist), EBA (Emergency Brake Assist), DDDS (Dynamic Driving Data System) i PA. Badani informowali, że nie polegaliby na ADAS w szczególności w sytuacjach krytycznych ze względu na brak pełnego przekonania o ich niezawodności. Większość wątpliwości ankietowanych wynikała z braku wiedzy.

Wyniki badania wskazały również, że niepożądana informacja zwrotna systemu (7%) była przeszkodą w korzystaniu z ADAS. Niektórzy uczestnicy skarżyli się na sposób prezentacji informacji lub ostrzeżenia w odniesieniu do HUD, LCA, NVA i PA. Ankietowani zauważyli, że nadmiar informacji w trakcie jazdy może być rozprasający.

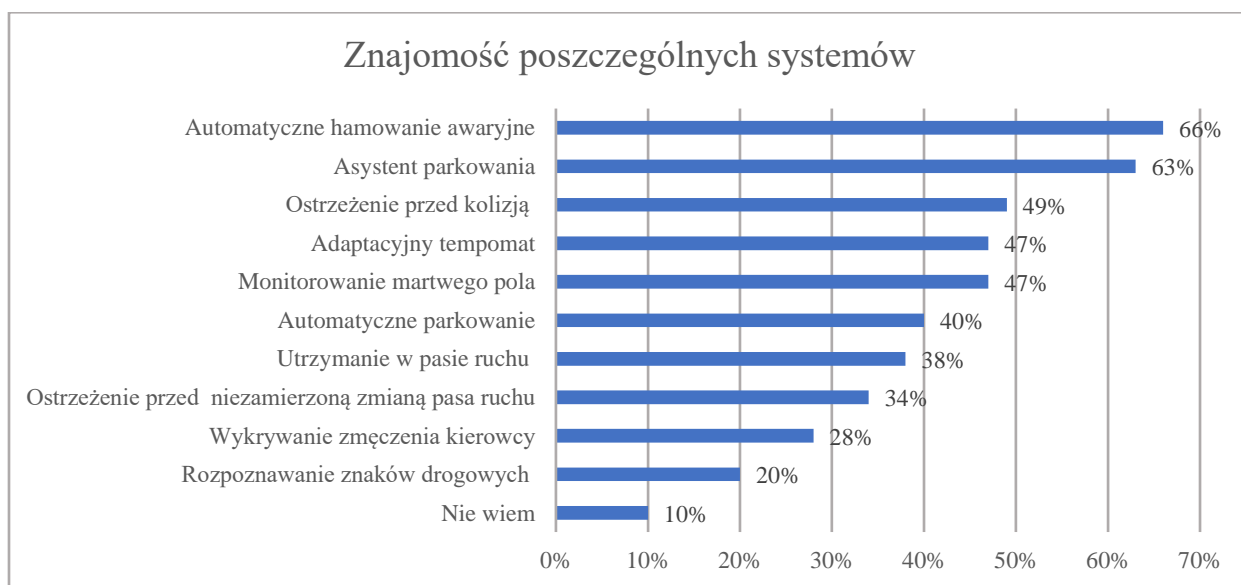
Jednym z czynników utrudniającym stosowanie ADAS była niedostępność systemu w danym modelu pojazdu. Wiele systemów jest dostępnych jedynie w samochodach wyższej

klasy. Niektórzy badani uważali brak dostępności za główny czynnik hamujący korzystanie z ADAS. Wielu uczestników badania wymieniało również ryzyko nieuwagi (5%) jako przeszkodę w korzystaniu z ADAS. Wyjaśnili, że korzystanie z systemów może prowadzić do utraty uwagi lub braku skupienia. To stwierdzenie często odnosiło się do: LCA, CC, ACC i LDW. Podobnym problemem było ryzyko rozproszenia uwagi kierowcy (4%) podczas otrzymywania informacji zwrotnej z systemu. Ta przeszkoda dotyczyła głównie systemów, które dostarczają dużej ilości informacji wizualnej, takich jak: HUD, NVA i ACC. Inni uczestnicy badania obawiali się utraty kontroli (4%) nad pojazdem w trakcie stosowania systemów wspomagających, które angażują się w prowadzenie pojazdu. Większość badanych nie miała doświadczenia w stosowaniu ADAS i nie wiedziała, czy i w jaki sposób mogą wpływać na działanie systemów. Dla kilku uczestników nieodpowiednie zaprojektowanie systemu (3%) stanowiło przeszkodę w korzystaniu z niego, zwłaszcza w kontekście CC i ACC. Dotyczyło to funkcjonalności systemu i jego zachowań, które są oparte na możliwościach czujników i algorytmach. Jak wcześniej wspomniano, brak wiedzy i doświadczenia również zostały wymienione jako przeszkoda w stosowaniu ADAS, głównie w odniesieniu do EBA, TSR, ACC i LDW. Badani odrzucali daną technologię, jeżeli ich wiedza na jej temat była niewystarczająca. Warto zauważyć, że wiele innych wymienionych przeszkód wynikało z braku wiedzy. Pozostałe trudności, takie jak: obawy dotyczące bezpieczeństwa, utrata umiejętności prowadzenia pojazdu, zmęczenie, monotonia, strach przed użyciem lub skomplikowaną obsługą, zostały zgłoszone tylko przez jeden lub dwa procent uczestników [150].

Najistotniejszym czynnikiem wpływającym na korzystanie z ADAS przez starsze osoby jest brak percepcji ich użyteczności. Badania zgodne z Modelem Akceptacji Technologii [22] wskazują, że odczuwana użyteczność stanowi jeden z kluczowych determinantów postawy i zachowania użytkownika wobec korzystania z technologii.

Badanie opisane w publikacji [39] wskazuje, że zaufanie do systemu ma kluczowe znaczenie w określaniu intencji kierowców do korzystania z ADAS. Mimo to starszym kierowcom potrzebne jest wsparcie w nauce korzystania z nowych technologii oraz dostarczenie informacji na temat korzyści, jakie mogą zyskać dzięki ADAS. Z kolei publikacje [21], [76] wskazują, że szkolenie oraz doświadczenie są niezbędne, aby użytkownicy lepiej zrozumieli system, jego możliwości, korzyści i ograniczenia. W szczególności Koustanai i in [76] potwierdzili pozytywny wpływ szkolenia z wykorzystaniem symulatora na zaufanie kierowców do systemu oraz na ich interakcję z systemem.

W artykule [104] przedstawiono wyniki badania mającego na celu określenie idealnego poziomu, na którym technologia pojazdów autonomicznych może zostać wdrożona w Indonezji. Badanie przeprowadzono w całym kraju, a jego wyniki przedstawiono za pomocą statystyk opisowych do analizy opinii publicznej. Ankieta została przeprowadzona wśród 629 respondentów, z których większość zamieszkiwała na wyspie Java i codziennie korzystała z pojazdu. Grupa badawcza obejmowała osoby od 19 do 65 roku życia, a średni wiek respondentów wynosił 34,72 lat. W badaniu wykorzystano klasyfikację grup wiekowych, różniąc młodych dorosłych (17-30 lat), dorosłych w średnim wieku (31-45 lat) i dorosłych w podeszłym wieku (powyżej 45 lat). Większość respondentów stanowili młodzi dorośli (40,4%) i dorośli w średnim wieku (40,9%) o wysokim poziomie wykształcenia (99%). Przeważająca część ankietowanych korzystała z pojazdów do codziennych dojazdów do pracy. Spośród 629 respondentów 93,96% miało doświadczenie w prowadzeniu samochodu i korzystało z któregoś środka transportu w codziennych czynnościach. Prywatne pojazdy, takie jak samochody (94,8%), motocykle (4,7%) lub rowery (0,5%) były metodami transportu, które respondenci uważali za najwygodniejsze w codziennych dojazdach do pracy.



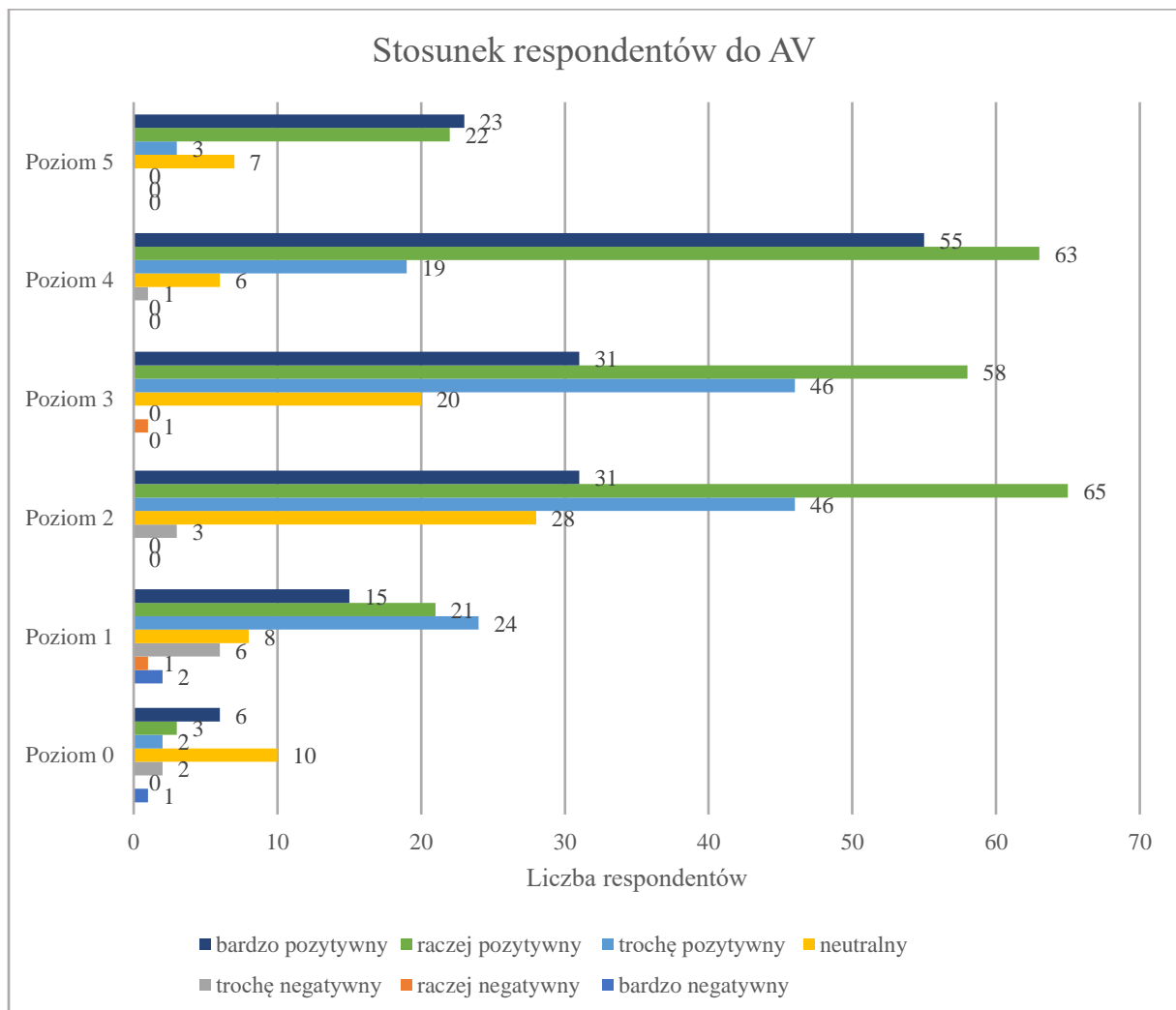
Rysunek 6.21. Znajomość poszczególnych ADAS (Indonezja)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [104]

Rysunek 6.21 obrazuje poziom znajomości poszczególnych ADAS. Z rysunku wynika, że największa grupa respondentów miała wiedzę na temat automatycznego hamowania awaryjnego (AEB), asystenta parkowania oraz ostrzeżenia przed kolizją (FCW).

W badaniu sprawdzono także związek zainteresowania AV i aktualnego wyposażenia pojazdów. Wyniki wskazują, że zainteresowanie technologią AV wzrasta wraz z posiadaniem

samochodów o wyższym stopniu automatyzacji. Najbardziej pożądane były samochody na poziomie 2. Zainteresowanie nimi wyraziło aż 46% respondentów. Jedna czwarta ankietowanych (25%) była zainteresowana poziomem 4, 24% poziomem 3, a poziomem 5 zaledwie 9% badanych. Wyniki te można porównać z aktualną dostępnością pojazdów na rynku, gdzie większość respondentów posiadała samochody ograniczone do poziomu automatyzacji 0.



Rysunek 6.22. Stosunek respondentów do AV (Indonezja)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [104]

Rysunek 6.22 przedstawia ogólną opinię publiczną dotyczącą technologii AV. Większość respondentów, którzy negatywnie odpowiedzieli na pytania dotyczące pojazdów autonomicznych, preferowała poziom automatyzacji 0 i 1, podczas gdy większość respondentów, którzy wykazali "bardzo pozytywne" nastawienie do AV, preferowała poziom 4 automatyzacji. Co ciekawe, wielu respondentów z pozytywnymi odpowiedziami preferowało

raczej poziomy automatyzacji 2, 3 i 4, podczas gdy tylko 7,6% respondentów preferowało w pełni zautomatyzowane pojazdy.

Większość respondentów posiadała pojazdy o poziomie automatyzacji 0 i 1, podczas gdy pojazdy o poziomie 2 były stosunkowo rzadkie. Te wyniki wskazują, że rośnie zainteresowanie poziomami automatyzacji 3-5, co z kolei sugeruje możliwość przejścia z jazdy manualnej na zautomatyzowaną wraz z postępem technologii AV [104].

Wyniki tego badania potwierdzają także ustalenia Schneble'a i Shawa [139], które sugerują, że pozytywne nastawienie do pojazdów autonomicznych jest przede wszystkim oparte na zaufaniu do technologii i doświadczeniach z systemem adaptacyjnego tempomatu (ACC). Mimo że wielu ludzi nadal preferuje kontrolę człowieka, oczekuje się, że akceptacja pojazdów o wyższym poziomie automatyzacji wzrośnie, gdy ludzie zdobędą doświadczenie w korzystaniu z ADAS.

Wprowadzenie ADAS może ułatwić przejście na bardziej zaawansowane systemy, ponieważ kierowcy stopniowo przyzwyczajają się do technologii wspomagających jazdę. Lepsza znajomość technologii i łatwość korzystania z ADAS może przyczynić się do większego zaufania i komfortu z wyższymi poziomami automatyzacji, co potencjalnie przyspieszy akceptację społeczną [104].

W badaniu przeprowadzonym przez Chikaraishi i in. [18] wykazano, że akceptacja społeczna i postrzegane ryzyko prawdopodobnie zmienia się wraz ze wzrostem wiedzy społeczeństwa. Odkryto również, że otrzymywanie informacji o potencjalnym błędzie systemu pośrednio zmniejszało akceptację dla pojazdów autonomicznych wśród ankietowanych. Wyniki sugerują, że właściwe zarządzanie rozpowszechnianiem informacji, w tym publiczne kampanie informacyjne, organizacja wydarzeń z możliwością jazdy próbnej i przejrzystość opcji bezpieczeństwa, prawdopodobnie wpłynie na ostateczną akceptację społeczną AV i będzie miało kluczowe znaczenie dla jego pomyślnego wprowadzenia na rynek.

7. NOWATORSKIE METODY SZKOLENIA KIEROWCÓW Z WYKORZYSTANIEM ZAAWANSOWANYCH SYSTEMÓW WSPOMAGAJĄCYCH KIEROWCĘ

Wyniki przeprowadzonych analiz podkreślają, że szkolenie jest bardzo ważne dla przyszłych użytkowników końcowych pojazdów zautomatyzowanych. Jedną z kluczowych kwestii w przekazywaniu wiedzy jest jej forma. Skuteczność szkolenia wynika z prezentacji dobrze ustrukturyzowanych treści w nowoczesny, przyjazny i atrakcyjny sposób. Istnieje wiele sposobów szkolenia kierowców zarówno w zakresie teoretycznym, jak i praktycznym. W ramach prac, konsorcjum projektu Trustonomy, przeanalizowało różne metody szkoleniowe oraz ich wady i zalety. Szkolenie praktyczne może zostać zrealizowane za pomocą wysokiej klasy symulatora jazdy lub w rzeczywistym pojeździe. Wśród możliwych metod szkolenia teoretycznego rozpatrywano:

- Prezentacje,
- E-learning,
- Zajęcia prowadzone przez wykładowcę,
- Naukę z podręcznika,
- Rozwiązywanie testów,
- Wirtualną rzeczywistość.

Następnie, w celu doboru najlepszej metody szkoleniowej, wadom i zaletom nadano wagi od 1 do 5. Wyższa suma otrzymana dla zalet i niższa suma dla wad świadczy o przewadze konkretnej metody szkoleniowej. W przypisywaniu wag, oprócz inżynierów z Instytutu Transportu Samochodowego, wzięli udział eksperci zajmujący się szkoleniami kierowców na co dzień.

W wyniku kompleksowej oceny metod e-learning uzyskał najwyższą liczbę punktów wśród metod szkolenia teoretycznego. Główną zaletą tej formy jest przeniesienie odpowiedzialności z trenera na osobę szkoloną i niższe koszty w porównaniu do tradycyjnych metod nauczania (koszty zatrudnienia wykładowców, zakup podręczników i pomocy dydaktycznych, zakwaterowanie i wyżywienie dla uczestników). Zajęcia w systemie e-learningowym nie wymagają spotkań w grupach z ograniczoną liczbą uczestników. Szkolenie odbywa się indywidualnie w zależności od możliwości czasowych kursantów.

W ramach prac określono kompetencje kierowców pojazdów autonomicznych, które należy rozwijać. Dla każdego z rodzaju szkoleń kompetencje te zostały podzielone na kategorie: szkolenie teoretyczne i praktyczne.

Szkolenie teoretyczne powinno zawierać:

1. Kontekst – dostarczenie podstawowej wiedzy o pojazdach autonomicznych, poziomach automatyzacji, używanych systemach. Kierowcy powinni wiedzieć, jak automatyzacja wpływa na jazdę samochodem. Muszą też poznać sposób korzystania z kilku oferowanych rozwiązań. Ponadto konieczne jest budowanie zaufania do systemów i technologii autonomicznych. Niepowodzenie w tym obszarze może skutkować nadmiernym zaufaniem lub brakiem zaufania [98]. Kierowcy powinni mieć świadomość konsekwencji swoich decyzji.
2. Przepisy ruchu drogowego – informacje o tym, czy i w jakich okolicznościach można korzystać z systemów asystujących, konsekwencje ich nieprawidłowego użycia.
3. Kierowca – podkreślenie znaczenia zachowania szczególnej ostrożności, właściwej oceny sytuacji, czasu reakcji, konieczności zmiany w zachowaniu kierowcy w kontekście użytkowania i działania systemów wspomagania kierowcy oraz wskazanie, jak zmieniają się wymagania wobec kierowców, a także podkreślenie potrzeby częstej aktualizacji wiedzy.
4. Droga – czynniki ryzyka związane z określonymi warunkami drogowymi, świadomość wpływu warunków drogowych i pogodowych na działanie systemów wspomagania jazdy.
5. Inni uczestnicy ruchu – czynniki ryzyka związane z obecnością innych użytkowników drogi.
6. Ogólne zasady i przepisy – procedury postępowania w razie wypadku.
7. Aspekty mechaniczne związane z bezpieczeństwem ruchu drogowego – znajomość komunikatów ilustrujących działanie lub ograniczenia systemów wspomagania kierowcy, znajomość systemów wspomagania kierowcy, zmiany wymagań bezpieczeństwa, potrzeba dostosowania wiedzy i zachowań do nowej technologii, a także do jej możliwości i ograniczeń.

Szkolenie praktyczne powinno obejmować:

1. Aspekty mechaniczne – praktyczna umiejętność obsługi systemów wspomagania kierowcy, aktywacji i dezaktywacji systemu, rozumienie komunikatów,

świadomość ograniczeń systemów. Kierowcy muszą zapoznać się z głównymi składowymi systemów wewnątrzpojazdowych, wiedzieć, gdzie znajdują się czujniki odpowiedzialne za ich pracę i jakie są ich ograniczenia. Kierujący pojazdami powinni również mieć świadomość, jakie czynniki mogą zakłócić pracę systemów wparcia oraz wiedzieć, jak zachować się w takim przypadku.

W celu właściwego odzwierciedlenia realnych potrzeb szkoleniowych opracowano także mapę kompetencji, jakie kierowca powinien uzyskać. Następnie każdy z jej elementów przyporządkowano do właściwej części szkolenia [27]. Dla niniejszej pracy istotne są aspekty związane jedynie z umiejętnościami wymaganymi do właściwej obsługi systemów znajdujących się na wyposażeniu pojazdów osobowych. Dlatego też umieszczona w pracy mapa (Tabela 7.1) nieco różni się od opracowanej przez konsorcjum projektu.

Tabela 7.1. Mapa kompetencji

Opis	Wymagane kompetencje	Umiejętności, których należy szukać	Wiedza do przekazania	Rodzaj szkolenia
Kontekst autonomicznej mobilności	Kontekst autonomicznej mobilności (szanse i zagrożenia wynikające z automatyzacji)	Wpływ rozproszenia, zmęczenia i senności na nadmierne poleganie na systemach i reakcje na żądanie interwencji kierowcy	Podstawy prawne, klasyfikacje, przykładowe rozwiązania, skutki stosowania automatyzacji	Teoretyczne
Zrozumienie normalnego funkcjonowania	Włączanie, wyłączenie (lokalizacja włącznika), rodzaje systemów (aktywne, pasywne)	Zasada działania, świadomość kiedy wykonywanie dodatkowych czynności jest bezpieczne	Znajomość zalet i komponentów systemu	Teoretyczne i Praktyczne
Ograniczenia	Żądanie przejęcia kontroli (ang. Request to Intervene – RtI) – sposoby prawidłowej reakcji	Rozpoznanie osiągnięcia granicy poprawnego działania systemu	Podstawa prawna ograniczeń, sposoby sygnalizacji żądania przejęcia kontroli	Teoretyczne i Praktyczne
Potencjalne awarie	Prawidłowe rozumienie komunikatów informujących o działaniu systemu	Identyfikacja błędów systemu i podjęcie reakcji jak najszybciej to możliwe	Równoważenie zaufania i nieufności do systemów automatyzujących jazdę	Teoretyczne

Opis	Wymagane kompetencje	Umiejętności, których należy szukać	Wiedza do przekazania	Rodzaj szkolenia
Ustawienia	Miejsca i sposoby ustawień dla konkretnego systemu, Zrozumienie listy ustawień	Dostosowanie pracy systemu do indywidualnych potrzeb	Wpływ nieprawidłowych ustawień na bezpieczeństwo	Teoretyczne i Praktyczne
Utrzymanie i czyszczenie czujników (np. śnieg, deszcz)	Utrzymanie i czyszczenie czujników (np. śnieg, deszcz)	Poziom czystości wymagany przez czujniki optyczne	Informacje o lokalizacji czujnika i wymagania utrzymania czystości	Teoretyczne
Używanie interfejsów człowiek maszyna (ang. Human-Machine Interfaces – HMI)	Rozpoznanie i zrozumienie informacji dostarczanych przez HMI	Wykorzystanie informacji z interfejsów HMI (ruch, stan drogi, pogoda, awaria systemu)	Znajomość znaczenia treści informacji HMI	Teoretyczne i Praktyczne
Systemy monitorowania kierowcy (ang. Driver State Monitoring – DSM)	Korzystanie z systemu monitorowania stanu kierowcy	Rozumienie informacji przekazywanych przez systemy DSM	Znajomość znaczenia treści informacji DSM	Teoretyczne

Opis	Wymagane kompetencje	Umiejętności, których należy szukać	Wiedza do przekazania	Rodzaj szkolenia
Bariery prawne w korzystaniu z funkcji automatyzujących jazdę	Bariery prawne w korzystaniu z funkcji automatyzujących jazdę	Stosowanie ADAS wyłącznie w obrębie granic dozwolonych przez prawo	Konieczność znajomości przepisów dotyczących użytkowania systemu ADAS	Teoretyczne
Potrzeba wybrania w pełni manualnego trybu prowadzenia (znajomość wpływu warunków atmosferycznych i drogowych na sposób prowadzenia pojazdu)	Potrzeba oceny i wyboru w pełni ręcznego trybu jazdy	Konieczność dezaktywacji ADAS w przypadku stwarzania zagrożenia dla bezpieczeństwa	Wiedza, kiedy i jak wprowadzić ręczny tryb jazdy	Teoretyczne i Praktyczne
Ostrzeżenia przed kolizją (360 stopni)	Korzystanie z systemów ostrzegających przed kolizją	Reagowanie na informacje przekazane przez System ostrzegania przed kolizją	Znajomość znaczenia treści informacji o systemie ostrzegania o kolizji	Teoretyczne i Praktyczne

Opis	Wymagane kompetencje	Umiejętności, których należy szukać	Wiedza do przekazania	Rodzaj szkolenia
Asystent jazdy autostradowej (asystent utrzymania zmiany pasa, asystent utrzymania pasa)	Prawidłowe korzystanie z asystenta jazdy po autostradzie (utrzymanie pasa ruchu asystent oraz asystent zmiany pasa ruchu)	Świadomość, że kierowca odpowiada za to, kiedy korzystać z asystenta jazdy po autostradzie (pozostawanie na pasie lub zmiana pasa ruchu)	Umiejętność określenia, kiedy asystent działa w sposób prawidłowy i bezpieczny	Teoretyczne i Praktyczne
Asystent jazdy w korku	Prawidłowe korzystanie z asystenta jazdy w korku	Świadomość, że kierowca odpowiada za to, kiedy korzystać z asystenta jazdy w korku	Umiejętność określenia, kiedy asystent działa w sposób prawidłowy i bezpieczny	Teoretyczne i Praktyczne
Jazda zdalnie sterowana	Umiejętność prowadzenia pojazdu zdalnie sterowanego	Utrzymanie tak samo wysokiego poziomu bezpieczeństwa podczas prowadzenia zdalnego, jak i manualnego	Wiedza jak kontrolować i prowadzić zdalnie sterowany pojazd	Teoretyczne i Praktyczne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [26]

Przedstawione materiały posłużyły do opracowania w pełni funkcjonalnego systemu szkoleń kierowców pojazdów osobowych. W trakcie szkolenia zaadresowano wszystkie aspekty określone w mapie kompetencji. W celu uzyskania jak najlepszych wyników, zgodnie z założeniami, szkolenie podzielono na trzy etapy: szkolenie teoretyczne, praktyczne i ocena.

7.1. Grupa badawcza

W celach badawczych zrekrutowano łącznie 87 osób, jednak 6 z nich nie ukończyło szkolenia ze względu m.in. na symptomy choroby symulatorowej. W pracy przeanalizowano zatem wyniki dla grupy 81 uczestników. Badania prowadzono w dwóch iteracjach. W pierwszej z nich udział wzięło 61 kierowców, w drugiej 20. Struktura grupy badawczej odzwierciedlała strukturę wiekową kierowców w Polsce. Zapewniono również równowagę płci. W badaniu łącznie wzięło udział 41 kobiet i 40 mężczyzn. W pierwszej iteracji rozkład płci wyglądał następująco: 31 kobiet (48%) i 30 (52%) mężczyzn, w drugiej iteracji 10 kobiet i 10 mężczyzn. Kierowców podzielono na dwie grupy wiekowe: 27-39 lat oraz 40-65 lat. W niniejszym rozdziale przedstawiono wyniki analiz dla pierwszej (61 osobowej) grupy badanych.

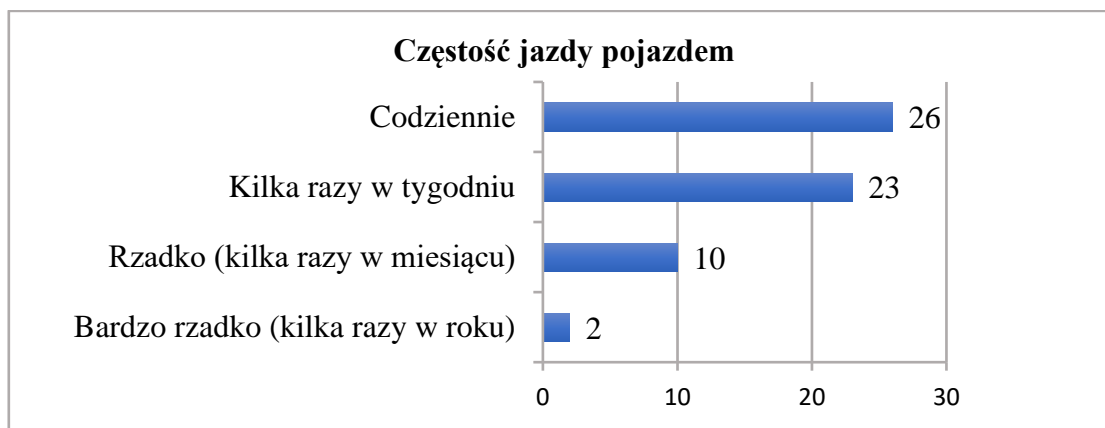
Wymagania dotyczące grupy docelowej:

- aktywni kierowcy (osobami badanymi były osoby, którym wydano prawo jazdy kategorii B, posiadające co najmniej rok doświadczenia w kierowaniu pojazdem samochodowym, regularnie prowadzące pojazdy samochodowe w ramach posiadanych uprawnień do kierowania takich pojazdów – około 2000 km rocznie),
- wiek 27-65 lat,
- brak lub niewielkie doświadczenie w prowadzeniu pojazdu z wykorzystaniem systemów wsparcia kierowcy, w szczególności z aktywnym tempomatem i systemem utrzymania pasa ruchu.

Określono następujące przeciwwskazania do udziału w badaniu:

1. Zaburzenia zdrowia istotne dla oceny zdolności kierowania pojazdem, w tym w szczególności: choroba lokomocyjna, choroby związane z błędnikiem, zaburzenia lub choroby psychiczne, choroby układu nerwowego (np. epilepsja), choroby oczu, cukrzyca, problemy z równowagą i słuchem, choroby układu krążenia, choroby układu mięśniowo-szkieletowego, niewydolność nerek, uzależnienie od alkoholu (nadużywanie alkoholu), uzależnienie od narkotyków.
2. Inne przeciwwskazania tj. noszenie okularów (dopuszczalne soczewki kontaktowe), makijaż oczu w dniu badania.

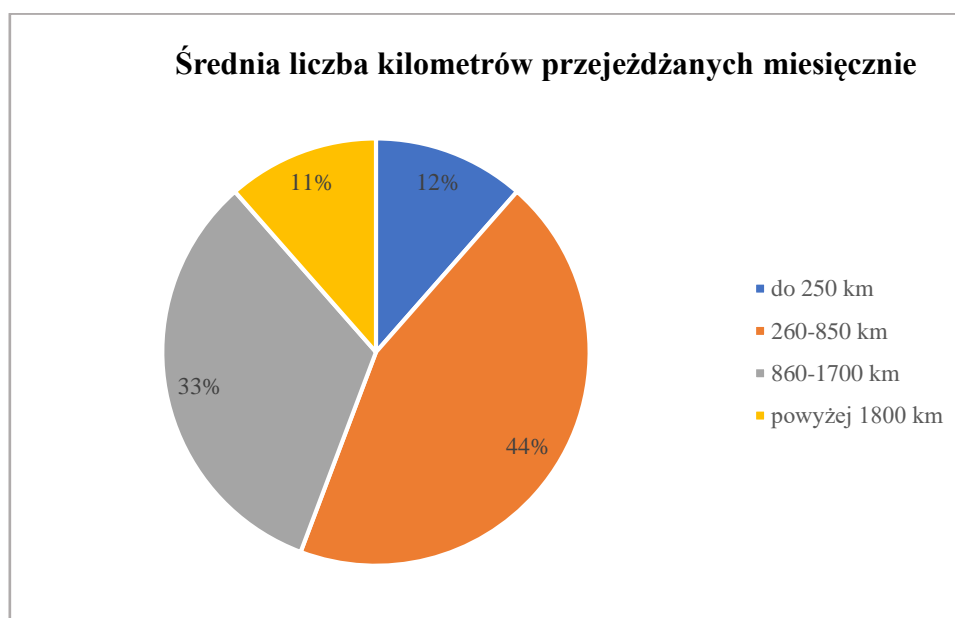
W kontekście częstotliwości prowadzenia pojazdu, wszyscy badani byli czynnymi kierowcami. Rysunek 7.1 przedstawia, że 26 uczestników (43%) wypowiedziało się, iż są codziennymi użytkownikami drogi w charakterze kierujących, natomiast 38% prowadzi pojazd kilka razy w tygodniu.



Rysunek 7.1. Częstość prowadzenia pojazdu w badanej grupie kierowców

Źródło: opracowanie własne na podstawie [27]

Zgodnie z informacjami przedstawionymi na Rysunek 7.2, aż 27 osób (44%) zadeklarowało, że przejeżdża w miesiącu między 260 a 850 km. Dwudziestu badanych (33%) zadeklarowało, że miesięcznie przejeżdża między 860 a 1700 km, niemal 12% do 250 km, powyżej 1800 km miesięcznie przejeżdża 7 spośród badanych osób.



Rysunek 7.2. Liczba kilometrów przejeżdżanych miesięcznie w badanej grupie kierowców

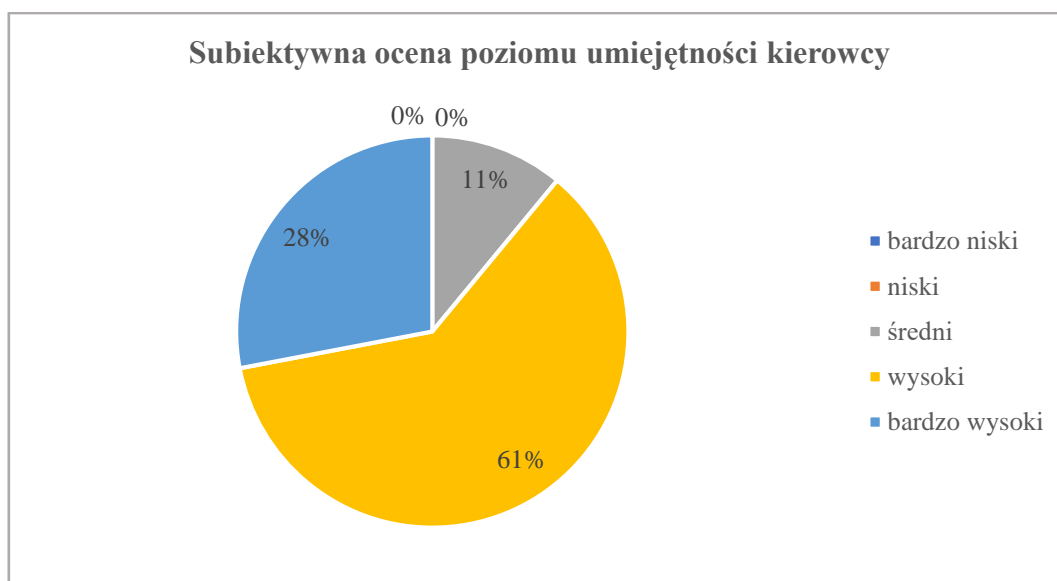
Źródło: opracowanie własne na podstawie [27]

Rysunek 7.3 przedstawia liczbę godzin spędzanych dziennie za kierownicą w badanej grupie kierowców. Aż 69% (N = 42) uczestników badań wskazało, iż za kierownicą spędza między 1 a 3 godziny dziennie, do 1 godziny prowadzi pojazd 18% (N = 11) badanych, a 13% respondentów prowadzi pojazd między 4 a 7 godzin dziennie. Żadna z osób badanych nie wskazała, iż w ciągu dnia uczestniczy czynnie w ruchu drogowym 8 godzin lub więcej.



Rysunek 7.3. Liczba godzin spędzanych dziennie za kierownicą w badanej grupie kierowców
Źródło: opracowanie własne na podstawie [27]

Rysunek 7.4 przedstawia odpowiedzi na pytanie o ocenę własnych umiejętności prowadzenia pojazdu. Większość uczestników badania wierzy w swoje umiejętności i określa się jako ponadprzeciętni kierowcy. Nikt nie ocenił swoich umiejętności jako niskie, 11% uczestników określiło je jako przeciętne.



Rysunek 7.4. Subiektywna ocena poziomu umiejętności kierowcy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [27]

Należy jednak zauważyć, że pomimo pozytywnej samooceny, blisko 20% uczestników badania spowodowało wcześniej wypadek lub kolizję, co odzwierciedla rzeczywiste możliwości kierowców. W wielu różnych domenach dotyczących wydajności i cech ludzie mają tendencję do przeceniania swoich umiejętności. Zjawisko zwane jest efektem „lepszego od przeciętnego” (ang. better-than-average effect) [2].

Kolejne pytanie zawarte w badaniu dotyczyło odczuwania zmęczenia w trakcie prowadzenia pojazdu. Zaledwie 15% respondentów odpowiedziało, że nigdy nie odczuwa zmęczenia podczas jazdy, podczas gdy 57% uczestników bywa zmęczonych, ale zdarza się to sporadycznie. Niestety jedna czwarta kierowców prowadzi pojazd w stanie zmęczenia. Jest to stan, w którym reakcje kierowcy są opóźnione, a co za tym idzie, wzrasta ryzyko wypadku.

Kierowcy zostali także zapytani o niebezpieczne zachowania, jakie najczęściej obserwują u innych kierowców. Uzyskane wyniki pokazują, że przekroczenie prędkości jest najczęściej obserwowanym niebezpiecznym zachowaniem. Prawie 90% uczestników badania twierdzi, że obserwuje je przynajmniej raz w tygodniu. Znajduje to odzwierciedlenie w statystykach wypadków prezentowanych przez Komendę Główną Policji. W raporcie z 2021 r. (dot. wypadków w 2020 r.) niedopasowanie prędkości do warunków (m.in. jej przekroczenie) jest drugą najczęstszą przyczyną wypadków [161].

Respondenci wskazywali także na inne niebezpieczne zachowania kierowców, jak: nieoczekiwane manewry, częste zmiany pasów ruchu, zajęchanie drogi, nieutrzymywanie odpowiedniej odległości pomiędzy pojazdami, nieużywanie kierunkowskazów, używanie

telefonu (rozmowy, pisanie wiadomości). Na szczęście prawie żaden z badanych nie obserwuje jazdy pod wpływem alkoholu codziennie lub co tydzień, jednak nadal 29 osób (48%) twierdzi, że widziało takie zachowanie.

7.2. Zastosowane systemy szkoleń

7.2.1. Szkolenie praktyczne

7.2.1.1. Symulator pojazdu osobowego AS1200-6

Zarówno do szkolenia praktycznego, jak i do przeprowadzenia badań określających efekty szkolenia, został wykorzystany wysokiej klasy symulator jazdy samochodem osobowym AS 1200-6, znajdujący się na wyposażeniu Instytutu Transportu Samochodowego (Rysunek 7.5). Symulator zbudowany jest z pełnowymiarowej, w pełni funkcjonalnej kabiny pojazdu marki Opel Astra IV, umieszczonej na ruchomej platformie o sześciu stopniach swobody. Takie rozwiązanie umożliwia symulację zarówno kątowych, jak i liniowych ruchów kabiny, co odzwierciedla wrażenia kinestetyczne podczas hamowania, przyspieszania lub skręcania.

Przed kabiną pojazdu znajduje się cylindryczny ekran (pokrywający 200° pola widzenia w poziomie oraz około 30° w pionie), na którym obraz wyświetlany jest za pomocą systemu 4 projektorów umiejscowionych nad kabiną. Lusterka zostały zastąpione 3 monitorami zamontowanymi w odpowiednich miejscach. Nadzór nad symulacją i rejestracja parametrów ruchu prowadzone są ze stanowiska operatora.



Rysunek 7.5. Symulator samochodu osobowego AS1200-6

Źródło: Zbiory własne Instytutu Transportu Samochodowego

Dedykowane oprogramowanie umożliwia budowę scenariuszy obejmujących zróżnicowane warunki atmosferyczne i drogowe. Zmianom może ulegać pora doby, stan nawierzchni (np. oblodzona, śliska), opady atmosferyczne (śnieg, deszcz). Możliwa jest także implementacja mgły lub wiatru. Oprogramowanie stwarza możliwość opracowania scenariusza w zależności od potrzeb danego eksperymentu. Mogą one zawierać odcinki dowolnych dróg, od pozamiejskich po trasy szybkiego ruchu. Modyfikacjom może podlegać także stopień natężenia ruchu drogowego i styl jazdy pozostałych pojazdów.

7.2.1.2. Asystent jazdy po autostradzie – Highway chauffeur (HC)

Na potrzeby badawcze, w ramach realizowanego projektu aDrive [117] został opracowany system automatyzujący jazdę oraz stanowisko multisensoryczne. Oryginalny model środowiska został wygenerowany w środowisku symulatora jazdy AS1200-6. Systemy sterowania wspomaganie jazdy zostały zaprojektowane z wykorzystaniem modeli czujników dostępnych w PreScan oraz oprogramowania MATLAB/Simulink współpracującego z PreScan. Oba powyższe elementy (modele czujników i modele układów sterowania) stanowią wybrane systemy wspomaganie jazdy. Działanie asystenta jazdy po autostradzie obejmuje podsystemy: adaptacyjny tempomat, asystent utrzymania pasa ruchu, automatyczny system wyprzedzania i system manewru minimalnego ryzyka. Po wybraniu trybu jazdy autonomicznej ACC automatycznie pozwala na dostosowanie prędkości w zależności od aktualnej sytuacji na drodze. Prędkość ustawiona przez kierowcę zostaje dostosowana do pojazdów jadących z przodu, zachowując bezpieczną odległość. System zmniejsza prędkość, jeśli poprzedzający pojazd zwalnia. W przypadku wykrycia wolnej przestrzeni przed pojazdem, system przyspieszy do ustawionej prędkości. LKA utrzymuje pojazd na wybranym pasie. Jeśli kierunkowskaz jest włączony, pojazd automatycznie zmieni pas ruchu (jeśli manewr jest bezpieczny). W przypadku gdy kierowca nie zareaguje na żądanie przejęcia kontroli, system może wykonać manewr minimalnego ryzyka.

W celu umożliwienia kierowcy kontroli nad asystentem jazdy po autostradzie zbudowano konsolę użytkownika. W jej skład wchodziła płytką z mikrokontrolerem, przyciskami i diodami sygnalizacyjnymi, a także interfejsem USB umożliwiającym podłączenie. Do jej obsługi i przekazywania komend zostało opracowane dedykowane oprogramowanie [68].



Rysunek 7.6. Konsola użytkownika do sterowania systemem zamontowana w symulatorze

Źródło: Zbiory własne Instytutu Transportu Samochodowego

W planowanych scenariuszach zaświecenie się konkretnej diody sygnalizuje włączenie przycisku.

Każda dioda LED ma przypisaną funkcję:

- zielony – aktywacja trybu autonomicznego (przycisk jest aktywowany, gdy pojazd osiągnie minimalną prędkość umożliwiającą pracę systemu).
- niebieski – zwiększenie ustawionej prędkości tempomatu o 2 km/h za jednym naciśnięciem (przycisk aktywuje się po zmianie trybu jazdy na autonomiczny).
- biały – redukcja zadanej prędkości tempomatu o 2 km/h na przy jednokrotnym kliknięciu (przycisk aktywuje się po zmianie trybu jazdy na autonomiczny).
- czerwony – wyłączenie trybu jazdy autonomicznej.
- pomarańczowy – miganie naprzemiennie z czerwoną diodą informujące o konieczności przejęcia kontroli nad pojazdem.

Poza tym na desce rozdzielczej wyświetlane są informacje o trybie jazdy i konieczności przejęcia kontroli. Po aktywacji trybu autonomicznego kierowca może przejąć kontrolę poprzez:

- wciśnięcie pedału hamulca,
- wciśnięcie pedału przyspieszenia,
- wciśnięcie czerwonej lampki na konsoli [68].

Szkolenie praktyczne odbywało się w kabinie symulatora pod opieką instruktora. Uczestnik miał możliwość prowadzić pojazd w środowisku symulacyjnym, odwzorowującym jazdę po drodze szybkiego ruchu. W trakcie jazdy uczestnik zdobywał wiedzę z zakresu

właściwego korzystania z systemu, w tym jego uruchomienia, zmiany ustawień i właściwego przejścia kontroli.

7.2.1.3. Adaptacja

W większości badań wykorzystujących symulatory jazdy w badaniach kierowców, obserwuje się, że kierowcy traktują symulator jak nowy pojazd, a ich umiejętności za kierownicą mogą ewoluować wraz z upływem czasu. Istnieje krótki okres adaptacji, który czasem określany jest jako faza uczenia się, treningu lub zapoznawania się, mający na celu przystosowanie się do nowego pojazdu. Ten początkowy okres adaptacji może trwać od kilku minut [7] do nawet dwóch pełnych dni [105]. Te same zasady mogą być zastosowane do przyzwyczajania się do nowego pojazdu, zarówno rzeczywistego, jak i symulowanego. Wege i in. [160] poszerzyli tę koncepcję, uwzględniając również aspekty wydajności jazdy, przetwarzania informacji i/lub obciążenia psychicznego.

Ten rodzaj adaptacji obejmuje równoczesne procesy:

- transferu umiejętności motorycznych i poznawczych, które są kluczowe dla skutecznego korzystania z symulatora,
- transferu zdolności poznawczych i umysłowych, które są niezbędne do prawidłowego manewrowania i reagowania na symulowane środowisko,
- transferu fizjologicznego, w którym osoba musi dostosować się do fizjologicznych bodźców generowanych przez symulowany system, mogących różnić się od doświadczeń podczas prowadzenia pojazdu w rzeczywistym świecie.

Podczas procesu adaptacji do pojazdu, osiągi kierowców mają tendencję do ewoluowania, osiągając stabilizację w różnych parametrach obejmujących umiejętności poznawcze, zdolności poznawcze i zdolności fizjologiczne [132]. Wcześniejsze badania sugerują, że czas potrzebny uczestnikom do adaptacji do symulatora jazdy wynosił od 5 sekund [16] do 15 minut [132]. Inne prace naukowe wskazywały natomiast na brak adaptacji nawet po 15 minutach jazdy [138]. Niemniej jednak brakuje badań skupiających się na dłuższych okresach adaptacji do symulatora jazdy oraz bezpośrednich porównań z wynikami kierowców w przypadku rzeczywistych pojazdów. Ocena behawioralnej adaptacji w tym kontekście wymaga zbadania czasowego wzorca przyswajania przez kierowcę nowego pojazdu. Dotyczy to zarówno rzeczywistego samochodu, jak i symulatora.

Biorąc pod uwagę powyższe, jeszcze przed rozpoczęciem szkolenia praktycznego konieczne było przeprowadzenie adaptacji.

7.2.2. Szkolenie teoretyczne

Na podstawie opracowanej mapy kompetencji zostały opracowane szczegółowe materiały szkoleniowe. W związku z tym, że e-learning zdobył najwyższe oceny, postanowiono, iż szkolenie teoretyczne zostanie wykonane właśnie za pomocą tej metody. W tym celu opracowano dedykowaną platformę e-learningową. Narzędzie zostało nazwane SimYouLearning. Dostęp do narzędzia uzyskiwano poprzez zalogowanie na stronie internetowej <https://trustonomy.its.waw.pl/> (Rysunek 7.7).



Rysunek 7.7. Platforma e-learningowa SimYouLearning – strona główna

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autor grafik: Ewa Smoczyńska, Implementacja na stronie Anna Niedzicka, Instytut Transportu Samochodowego



Rysunek 7.8. Platforma e-learningowa SimYouLearning

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Wkład merytoryczny: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak. Autor grafik: Ewa Smoczyńska, Implementacja na stronie Anna Niedzicka, Instytut Transportu Samochodowego

Szkolenie e-learningowe zostało podzielone na 4 części (Rysunek 7.8):

1. Wprowadzenie teoretyczne,
2. Moduł szkoleniowy, półpraktyczny,
3. Podsumowanie,
4. Quiz.

Dzięki takiemu podejściu osoba szkolona mogła w dowolnym momencie szkolenia powtórzyć czynności, które sprawiały jej największe problemów.

Wprowadzenie teoretyczne to prezentacja zawierająca kluczowe informacje na temat automatyzacji, najbardziej rozpowszechnionych systemów ze szczególnym uwzględnieniem sposobu działania i obsługi systemu, którego dotyczy szkolenie. Prezentacja wchodząca w skład szkolenia opisywanego w niniejszej pracy składała się z 27 slajdów. Omówiono w niej, m.in.: główne korzyści i wyzwania płynące z wdrożenia pojazdów zautomatyzowanych i autonomicznych, stopnie automatyzacji wg. SAE, wybrane ADAS, czujniki z jakich korzystają i ich umiejscowienie w pojeździe, zakres działania systemów czy komunikaty przez nie przekazywane.

Istotną częścią prezentacji było szczegółowe omówienie działania systemu zaimplementowanego w symulatorze, z którego badani mieli korzystać. Opis zawierał: cel stosowania systemu, podsystemy, z których się składał i ich funkcje, komunikaty przekazywane przez system i zasady właściwego z nich korzystania. W prezentacji wyszczególniono także przyciski i diody służące do właściwej obsługi systemu. W tej części szkolenia zwrócono również uwagę na ograniczenia w prawidłowym działaniu systemu.

Stopnie automatyzacji

	Człowiek					Pojazd
	Poziom 0	Poziom 1	Poziom 2	Poziom 3	Poziom 4	Poziom 5
Podział zadań	Kierownik ma pełną kontrolę nad pojazdem i kierunkiem jazdy, może w każdej chwili przejąć kontrolę nad pojazdem.	Kierownik ma kontrolę nad kierunkiem jazdy i hamowaniem. Pojazd kontroluje inne funkcjonalności.	Kierownik ma kontrolę nad kierunkiem jazdy i hamowaniem. Pojazd kontroluje inne funkcjonalności.	Kierownik ma kontrolę nad kierunkiem jazdy i hamowaniem. Pojazd kontroluje inne funkcjonalności.	Kierownik ma kontrolę nad kierunkiem jazdy i hamowaniem. Pojazd kontroluje inne funkcjonalności.	Pojazd wykonuje wszystkie zadania, kierownik jedynie nadziera.
Zakresowanie	Bez automatyzacji - Informacja kierowcy	Wspomaganie kierownicy	Adaptacyjne automatyzacje	W pełni automatyzacja	W pełni automatyzacja	W pełni automatyzacja
Przedstawienie obrazu	Wzrostki	Wzrostki	Autobudowa	Autobudowa	Autobudowa	Wzrostki

Przykłady systemów automatyzujących jazdę

Front Assist
System monitoruje odległość do poprzedzającego pojazdu i wskazuje, kiedy bezpieczna odległość została przekroczona. W sytuacjach granicznych pomaga uniknąć kolizji poprzez hamowane interwencje.

Tempomat
Tempomat samoczynnie utrzymuje wybraną, stałą prędkość jazdy, kierowca nie musi naciskać pedału gazu. Jest to możliwe tylko w zakresie, na jaki pozwala moc silnika lub moment hamujący silnika.

Adaptacyjny tempomat (ACC)
Adaptacyjny tempomat utrzymuje ustawioną prędkość. Jeśli pojazd zbliża się do pojazdu z przodu, system redukuje prędkość utrzymując ustaloną odległość od tego pojazdu. W przypadku wykrycia wolnej przestrzeni przed pojazdem ACC przyspieszy do zadanej prędkości.

Z czego korzysta Highway Chauffeur?

- System Automatycznego Wyprzedzania – funkcjonalność współdziała z LKA oraz ACC. Jeśli jadąc w trybie automatycznym kierowca zechce wyprzedzić pojazd przed sobą, po naciśnięciu kierunkowskazu, system sprawdzi dostępność sąsiadującego pasa i jeżeli nie wykryje zagrożenia, zmieni pas ruchu. Jeżeli na pasie obok zostanie wykryty inny pojazd, HC zaczeka do chwili, gdy wyprzedzenie będzie możliwe i bezpieczne.

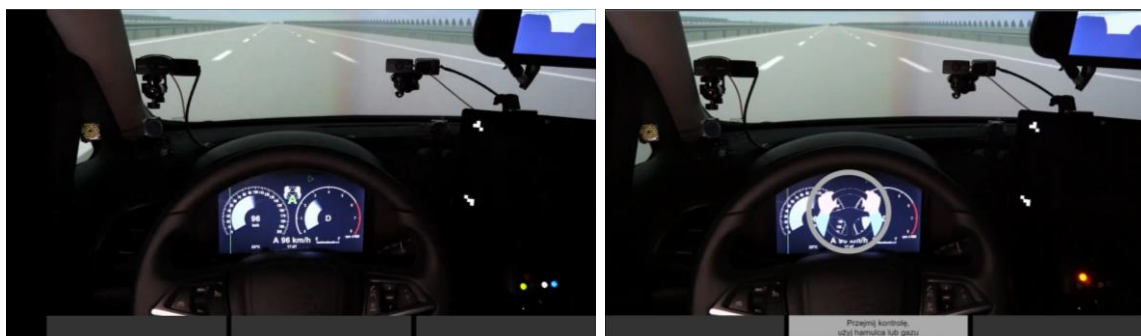
Highway Chauffeur – ograniczenia

- Stojący pojazd lub przeszkoda. Jeżeli rozpoznany przez HC samochód skręca albo zjeżdża z pasa, a przed tym samochodem znajduje się pojazd stojący, HC nie zareaguje na pojazd stojący.
- Samochody ze szczególnym ładunkiem lub specjalnym nadwoziem. Ładunek lub nadbudówka, które wystają poza pojazd, nie muszą być wykrywane przez HC.
- Niekorzystne warunki pogodowe. Zachowaj szczególną czujność podczas jazdy w niekorzystnych warunkach pogodowych takich jak np. ulewny deszcz, śnieżyca, mgła. HC może nie działać prawidłowo, a informacja o konieczności przejęcia kontroli nie musi być wyświetlona na czas.

Rysunek 7.9. Przykładowe slajdy wykorzystywane w szkoleniu teoretycznym

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy prezentacji: Aleksandra Rodak, Małgorzata Pełka, Michał Zmitrowicz. Implementacja na stronie Anna Niedzicka, Instytut Transportu Samochodowego, Skoda Auto Szkoła

Moduł szkoleniowy, półpraktyczny – film nagrany w kabinie pojazdu wykorzystanego do badań i szkoleń, w którym szkolony miał możliwość samodzielnego wykonywania poszczególnych czynności. Film odzwierciedlał sytuacje zaprogramowane w scenariuszu, co przygotowało kierowcę do korzystania z systemu. W tym module kursant zdobywał wiedzę na temat systemu: jego funkcjonalności, zasady działania, zasady bezpiecznego użytkowania, zmiany ustawień, włączenia trybu autonomicznego, rodzajów żądań przejęcia kontroli i sposobów bezpiecznego wznowienia kontroli. W przypadku gdy kierowca nie zdążył przejść kontroli, na filmie wykonany był manewr minimalnego ryzyka. Następnie sytuacja była powtarzana, aby dać kierowcy możliwość interwencji.



Rysunek 7.10. Widok fragmentu filmu instruktażowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy scenariusza filmu: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak. Opracowanie filmu i implementacja na stronie Anna Niedzicka, Instytut Transportu Samochodowego,

Podsumowanie szkolenia to prezentacja złożona zaledwie z dwóch slajdów merytorycznych. Podkreślała ona najistotniejsze informacje na temat ograniczeń systemu, sytuacji i wymagań do prawidłowego działania (odpowiednia droga, utrzymanie właściwej prędkości jazdy, dobrze widoczne oznakowanie poziome, czyste, niezakryte czujniki). Na ostatnim slajdzie znajdowało się podsumowanie i podkreślenie roli kierowcy: przypomnienie, że kierowca może korzystać z systemów tylko w sytuacjach prawnie dozwolonych i w warunkach, które umożliwiają ich właściwą pracę. Dodatkowo, kierowca zawsze powinien zachować czujność i być gotowy do interwencji, ponieważ to na nim spoczywa odpowiedzialność za zdarzenia spowodowane w trakcie jazdy z włączonym systemem automatyzującym jazdę.

Quiz to test zawierający pytania zamknięte jednokrotnego wyboru, składający się z 5 pytań, mający na celu podsumowanie i sprawdzenie wiedzy uczestników z zakresu wykorzystania systemu.

- Jak uruchomić Highway Chauffeur?

- Jak dezaktywować Highway Chauffeur?
- Co należy zrobić, żeby przyspieszyć lub zwolnić, gdy funkcja autonomizacji ruchu jest aktywowana i nie chcemy jej wyłączać?
- Co należy zrobić, gdy panują trudne warunki na drodze (np. ulewny deszcz, mgła, śnieg)?
- Co oznacza przedstawiona grafika? (ze wskazaniem elementu graficznego przedstawiającego deskę rozdzielczą z animacją rąk na kierownicy).

7.2.3. Skrócony instruktaż

Ostatnią grupą osób biorących udział w badaniach byli kierowcy, którzy nie odbyli żadnego szkolenia, a otrzymali jedynie do przeczytania krótką instrukcję. Grupa ta reprezentuje kierowców korzystających z ADAS bez żadnego przeszkolenia. Instruktaż został opracowany na wzór instrukcji pojazdu. Znaczną różnicę stanowiła jego objętość. Instruktaż przygotowany na potrzeby badań miał zaledwie 2 strony A4, podczas gdy opisy systemów w instrukcjach pojazdów zajmują od kilku do kilkudziesięciu stron. Opracowany dokument zawierał kluczowe aspekty korzystania z systemu, takie jak zasady korzystania z konsoli, ograniczenia systemu i wznawianie sterowania. Dla uproszczenia, w pracy metoda ta będzie określana jako „krótki instruktaż” lub „manual”. Rysunek 7.11 przedstawia przykładowe informacje zawarte w skróconym instruktażu.

Highway Chauffeur – obsługa

Aktywacja

- Rozpędzić pojazd do pożądanej prędkości.
- Nacisnąć zielony przycisk  na konsoli środkowej.

Dezaktywacja

- Nacisnąć pedał hamulca.
- lub:
- Nacisnąć pedał przyspieszenia.

Zwiększanie zadanej prędkości skokowo o 2 km/h

- Nacisnąć niebieski przycisk  na konsoli środkowej.

Zmniejszanie zadanej prędkości skokowo o 2 km/h

- Nacisnąć biały przycisk  na konsoli środkowej.



Wskaźnik statusu na desce rozdzielczej



świeci się – system jest włączony, tempomat, regulacja odległości od pojazdu z przodu oraz utrzymanie w pasie ruchu są aktywne

świeci się – system informuje o konieczności przejęcia kontroli nad pojazdem

Wskaźnik statusu na konsoli środkowej



zielona dioda

świeci się – system jest gotowy do aktywacji lub już został aktywowany



biała dioda

świeci się – system jest aktywowany i możliwe jest zmniejszenie prędkości w stosunku do zadanej



niebieska dioda

świeci się – system jest aktywowany i możliwe jest zwiększenie prędkości w stosunku do zadanej



pomarańczowa i czerwona dioda

migają na zmianę – konieczność przejęcia kontroli nad pojazdem

Rysunek 7.11. Przykładowe informacje zawarte w skróconym instruktażu

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy

7.3. Ocena szkolenia

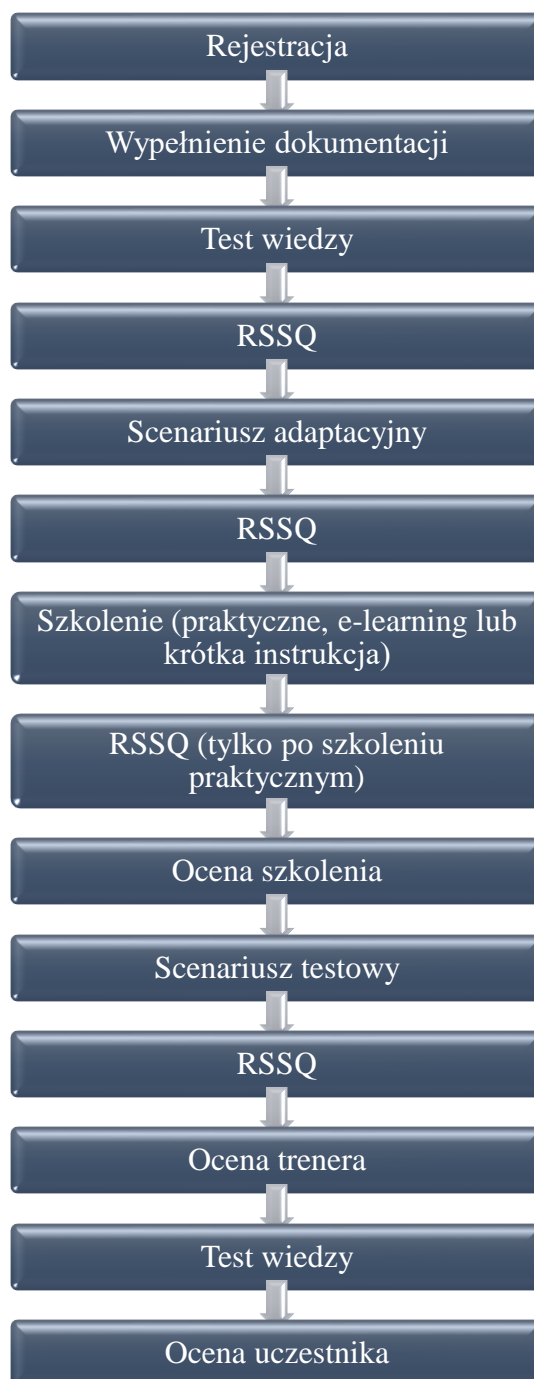
W celu rzetelnej ewaluacji szkolenia oraz postępów jego uczestnika, opracowano moduł oceny. Dobrano zarówno miary obiektywne, jak i subiektywne. Ze względu na tendencję kierowców do przeceniania swoich umiejętności, opracowano ankiety mające na celu ocenę zachowań kierowcy zarówno przez niego samego, jak i instruktora. Ankiety zawierały szczegółowe pytania, umożliwiające ocenę poszczególnych aspektów jazdy i umiejętności kierowcy. W celu porównania wyników, trener i kursant odpowiadali na te same pytania. Ocena trenera była prowadzona w trakcie jazdy, a uczestnik nie był informowany o otrzymanej ocenie. Po przejeździe badawczym, osoba badana wypełniała test sprawdzający wiedzę uzyskaną w trakcie szkolenia, a następnie dokonywała oceny swoich umiejętności. W celu ułatwienia agregacji i analizy danych do ankiet wykorzystano narzędzie internetowe Interankiety [26].

Dokonanie oceny obiektywnej możliwe było po zakończeniu przejazdu na podstawie parametrów zarejestrowanych przez symulator jazdy.

7.4. Metodyka badań

W celu zapewnienia najlepszego efektu szkolenia, w ramach badań w Instytucie Transportu Samochodowego zrealizowano szkolenie składające się z trzech części: szkolenia, jazdy testowej oraz oceny szkolenia.

Rysunek 7.12 przedstawia procedurę szkoleniową.



Rysunek 7.12. Metodyka szkoleń

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy metodyki: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak, Mikołaj Kruszewski, Instytut Transportu Samochodowego

Opracowana procedura składa się z sześciu następujących po sobie modułów.

7.4.1. Moduł 1 – Wprowadzenie

W pierwszym kroku, w odpowiednio przygotowanej sali, następowała rejestracja uczestników i ze względu na sytuację epidemiologiczną, wypełnienie dokumentów dotyczących COVID-19:

- Kwestionariusz oceny ryzyka COVID-19 – kwestionariusz miał na celu wykluczenie osób, które miały bliski kontakt z osobą, u której zdiagnozowano lub podejrzewa się COVID-19 lub nie czuje się wystarczająco dobrze, aby wykluczyć uczestnictwo w szkoleniu osób, które potencjalnie mogłyby zarazić innych uczestników,
- Formularz świadomości ryzyka COVID-19 – na podstawie formularza uczestnicy wzięli odpowiedzialność za potencjalne ryzyko zakażenia COVID-19 podczas treningu.

W przypadku braku przeciwwskazań, uczestnik był zapraszany do laboratorium, gdzie zapoznano go z regulaminem badań i konsekwencjami uczestnictwa.

W kolejnym kroku każdy uczestnik musiał przeczytać ze zrozumieniem i podpisać następujące zgody i oświadczenia:

- zgodę na udział w badaniu,
- klauzulę RODO,
- ankietę dotyczącą cech uczestnika, obejmujących, m.in.: wiek, płeć, wykształcenie, średnią miesięczną liczbę przejeżdżanych kilometrów, subiektywną ocenę umiejętności, częstotliwość jazdy,
- oświadczenie o zapoznaniu się i zaakceptowaniu regulaminu.

Wszystkie te dokumenty zostały dostarczone kursantowi w formie papierowej. Następnie przechowywane były w odpowiednio przygotowanym i zabezpieczonym miejscu.

W ostatnim punkcie wprowadzenia, praktykant wypełniał test sprawdzający wiedzę wstępną na temat automatyzacji i zaawansowanych systemów wsparcia kierowcy.

7.4.2. Moduł 2 – Adaptacja

Przed rozpoczęciem pierwszej jazdy na symulatorze konieczne było przeprowadzenie zrewidowanego kwestionariusza choroby symulatorowej (RSSQ) i wykluczenie osób, których stan psychofizyczny nie pozwalał na badanie.

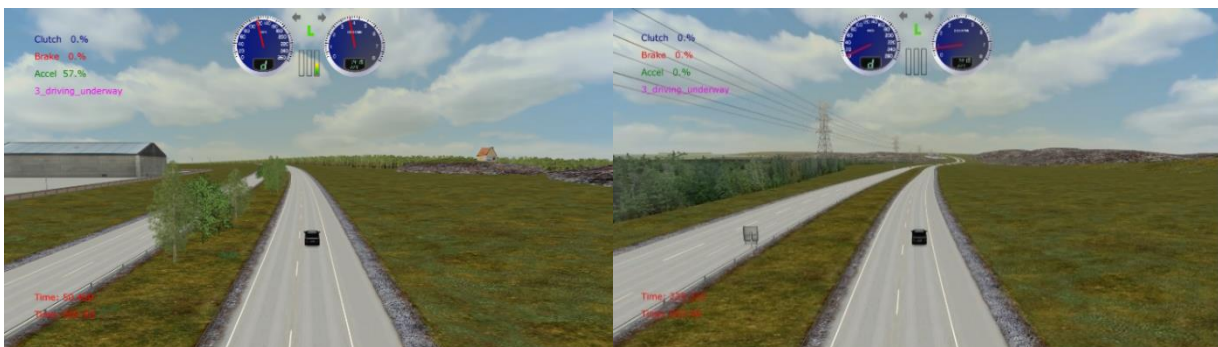
Choroba symulatorowa jest podobna do choroby lokomocyjnej, ponieważ często prowadzi do objawów, takich jak nudności, zawroty głowy i pocenie się. Termin „choroba

symulatorowa” po raz pierwszy został użyty przez Barretta i Thornton [9], w celu zwrócenia uwagi na fakt, że złe samopoczucie w symulatorach wojskowych nie może być spowodowane chorobą lokomocyjną, gdyż została ona całkowicie wykluczona u osób biorących udział w eksperymentach. Podstawową przyczyną choroby symulatorowej jest zwykle różnica między postrzeganym ruchem wzrokowym w symulacji a poczuciem ruchu wykrytym przez układ przedsionkowy. Na przykład w niektórych symulatorach układ wzrokowy może sprawiać wrażenie ruchu scenerii, podczas gdy układ przedsionkowy dostrzega brak ruchu lub niedopasowanie między nimi. Choroba symulacyjna jest czasami nazywana chorobą lokomocyjną wywołaną wizualnie. Pomimo licznych podobieństw do choroby lokomocyjnej choroba symulatorowa jest zwykle mniej dotkliwa i mniej powszechna [8]. Nie zmienia to faktu, że silne występowanie jej objawów może uniemożliwić udział w badaniach czy szkoleniach z wykorzystaniem symulatorów. Szacuje się, że może na nią cierpieć od 30 do nawet 80% społeczeństwa [127]. W celu wykluczenia osób cierpiących na chorobę opracowano kwestionariusze służące ocenie poszczególnych objawów. We wcześniejszych badaniach najczęściej wykorzystywano kwestionariusz choroby lokomocyjnej Pensacola (ang. Pensacola Motion Sickness Questionnaire – MSQ). Należy jednak zauważyć, że ta metoda posiada ograniczenia, jeśli chodzi o ocenę choroby symulatorowej, w tym obejmuje nieistotne i wprowadzające w błąd objawy oraz podejście konfiguracyjne, którego nie można łatwo dostosować do punktacji komputerowej [72], [71]. W 1992 roku Kennedy i inni opublikowali artykuł opisujący nowy Kwestionariusz Choroby Symulacyjnej (ang. Simulator Sickness Questionnaire – SSQ) [71]. Za pomocą kwestionariusza osoba badana samodzielnie ocenia intensywność występowania danych objawów. W kwestionariuszu wymieniono 16 objawów charakterystycznych dla choroby symulacyjnej. Każdy z objawów musiał zostać oceniony w 4-stopniowej skali, która określa jego wagę. W opisywanych w pracy badaniach wykorzystano metodę z wykorzystaniem kwestionariusza RSSQ (ang. Revised Simulator Sickness Questionnaire), który obejmuje 28 objawów należących do następujących kategorii: nudności (N), zaburzenia okulomotoryczne (O) i dezorientacja (D). Do symptomów można zaliczyć np. ogólny dyskomfort, senność czy zmęczenie.

Uczestnicy w 4-stopniowej skali określali wagę danego objawu, w której 0 oznaczało brak symptomów, a 3 odczuwanie ich w sposób dotkliwy [71]. Ankieta była prowadzona przed adaptacją oraz po każdym przejeździe symulatorem. Wzór kwestionariusza został dodany do pracy jako załącznik nr 1.

Jeśli kursant czuł się dobrze, rozpoczynano jazdę adaptacyjną w symulatorze jazdy. Dzięki temu uczestnik mógł zapoznać się z działaniem symulatora. Scenariusz adaptacyjny

obejmował jazdę po drodze szybkiego ruchu o trzech pasach ruchu w każdym kierunku. Po wstępnym zapoznaniu się z symulatorem i podstawowymi kwestiami związanymi z prowadzeniem pojazdu, osoba badana była proszona o rozpędzenie pojazdu do prędkości około 100 km/h, zajęcie środkowego pasa ruchu i włączenie systemu Highway Chauffeur. Następnie uczestnik był proszony o zmianę ustawień systemu: zwiększenie, a następnie zmniejszenie prędkości i zmianę pasa ruchu. Po około 2 minutach wyzwalano żądanie przejęcia kontroli. Zadaniem kierowcy było jak najszybsze pełne przejęcie sterowania nad pojazdem. Czynność powtarzano jeszcze 2-3 krotnie w zależności od potrzeb osoby badanej. Przejazd adaptacyjny trwał około 7 minut. Rysunek 7.13. Scenariusz adaptacyjny przedstawia widok scenariusza adaptacyjnego ze stanowiska operatora.



Rysunek 7.13. Scenariusz adaptacyjny

Źródło: Zbiory własne Instytutu Transportu Samochodowego

7.4.3. Moduł 3 – Rozpoczęcie szkolenia

Po zakończonym przejeździe adaptacyjnym i wypełnieniu ankiety dotyczącej samopoczucia (RSSQ2) odbywało się szkolenie. Uczestnicy podzieleni zostali na trzy grupy, które różniły się sposobami przekazania wiedzy o systemie. Grupy kolejno korzystały z:

- A. Szkolenia praktycznego: szkolenie prowadzone przez instruktora z wykorzystaniem symulatora jazdy. Szczegółowy opis szkolenia znajduje się w podrozdziale 7.2.1.
- B. Szkolenia teoretycznego: szkolenie teoretyczne z wykorzystaniem opracowanego narzędzia e-learningowego. Szkolenie zostało opisane w podrozdziale 7.2.2
- C. Skróconego instruktażu/manuala: kursant otrzymał tylko krótką instrukcję, podobną do instrukcji pojazdu. Zawierała ona kluczowe aspekty korzystania z systemu, takie jak: zasady korzystania z konsoli, ograniczenia systemu i wznawianie sterowania. Grupa ta reprezentowana była przez kierowców korzystających z ADAS bez żadnego przeszkolenia. Procedura została opisana w podrozdziale 7.2.3.

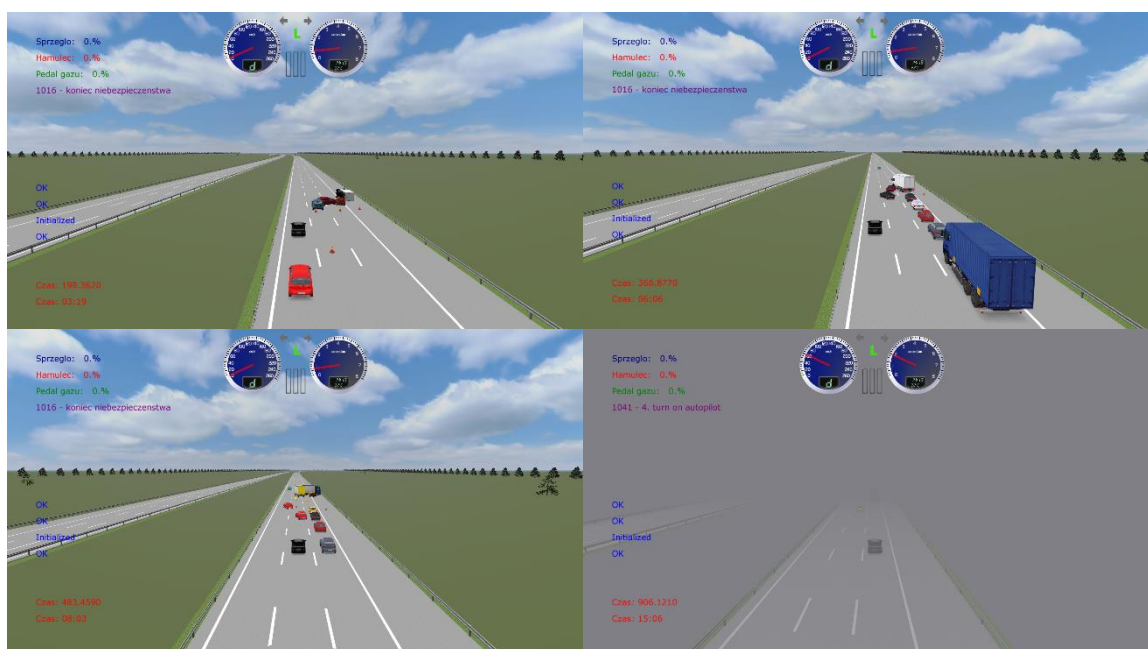
7.4.4. Moduł 4 – Subiektywna ocena szkolenia

W tym module uczestnicy oceniali poszczególne aspekty szkolenia. Ankieta składała się z pytań dotyczących następujących zagadnień:

- Stopień spełnienia oczekiwań uczestnika.
- Ocena poszczególnych elementów szkolenia (forma, materiał szkoleniowy, zakres tematyczny, materiał instruktażowy, sposób przekazywania treści, zrozumiałość, długość szkolenia, przydatność, wpływ na bezpieczeństwo).
- Czy szkolenie było warte polecenia innym osobom?
- Czy takie szkolenie powinno być obowiązkowe?
- Dodatkowe informacje (potrzeba uzupełnienia o inne, nieporuszone na szkoleniu treści).

7.4.5. Moduł 5 – Przejazd testowy

Podobnie jak w przypadku szkolenia praktycznego, scenariusz testowy obejmował przejazd trasą szybkiego ruchu w środowisku symulacyjnym. W trakcie przejazdu zbierano dane umożliwiające ocenę wyników szkolenia, identyfikację zachowań kierowców, które wymagają poprawy oraz określenie elementów wymagających powtórzenia i utrwalenia. W scenariuszu przewidziano ruch innych pojazdów, zmieniające się warunki atmosferyczne oraz trzy nagłe sytuacje wymagające przejęcia kontroli przez kierowcę. Po rozpoczęciu jazdy uczestnik był proszony o rozpędzenie pojazdu do prędkości 100 km/h i włączenie trybu autonomicznego. Jego zadaniem było poruszanie się środkowym pasem i monitorowanie sytuacji drogowej. Po pewnym czasie następowało żądanie przejęcia kontroli ze względu na zablokowany pas drogowy. Po ominięciu zdarzenia kierowca ponownie wracał do trybu autonomicznego z prędkością 100 km/h. Następnie znów pojawiała się zagrożenie wymuszające interwencję kierowcy. Taka kolejność zdarzeń łącznie w scenariuszu pojawiała się trzykrotnie. Za każdym razem jednak charakteryzowała się inną sytuacją drogową, która wymuszała interwencję kierowcy. Ostatnim etapem sprawdzającym wiedzę kierowców była zmiana warunków atmosferycznych i pojawienie się mgły bez komunikatu informującego o konieczności przejęcia kontroli. Kierowcy w trakcie szkolenia otrzymali informację, że w takich warunkach system nie będzie działał prawidłowo i zadaniem kierowcy było natychmiastowe przejęcie czynności sterowniczych, nawet w przypadku braku informacji ze strony systemu. Scenariusz badawczy miał łączną długość 9350 m. Przeszkody rozmieszczone były co około 2000 m, co umożliwiało wyminięcie zagrożenia, ustabilizowanie toru jazdy oraz bezpieczne włączenie systemu. Rysunek 7.14 przedstawia sytuacje awaryjne w scenariuszu badawczym.



Rysunek 7.14. Sytuacje awaryjne w scenariuszu badawczym

Źródło: Zbiory własne Instytutu Transportu Samochodowego, Wkład merytoryczny: Małgorzata Pelka, Aleksandra Rodak, Anna Niedzicka. Budowa scenariusza: Anna Niedzicka, Instytut Transportu Samochodowego

Tabela 7.2. Rozmieszczenie sytuacji awaryjnych w scenariuszu badawczym

Sytuacja badawcza	Odległość od punktu startowego [m]
Sytuacja 1	2850
Sytuacja 2	5140
Sytuacja 3	7250
Sytuacja 4 (mgła, bez RtI)	7350
Zakończenie scenariusza	9350

Źródło: Zbiory własne Instytutu Transportu Samochodowego

Moduł 6 – Ocena umiejętności osoby badanej

Po jeździe próbnej trener oceniał umiejętności kierującego. Następnie kursant wypełniał test wiedzy podsumowujący wiedzę po szkoleniu. Dzięki wykorzystaniu narzędzi elektronicznych, kończąc test, kursant mógł sprawdzić swój wynik i poprawne odpowiedzi.

Ostatnim krokiem była ocena swoich umiejętności przez kursanta. Podobnie jak w przypadku ankiety dla trenera, kwestionariusz został przesłany w formie elektronicznej, co pozwoliło na szybką analizę wyników, a także na porównanie ocen trenera i kursanta.

Ankieta pozwalająca na ewaluację umiejętności kierowcy składała się z następujących zagadnień:

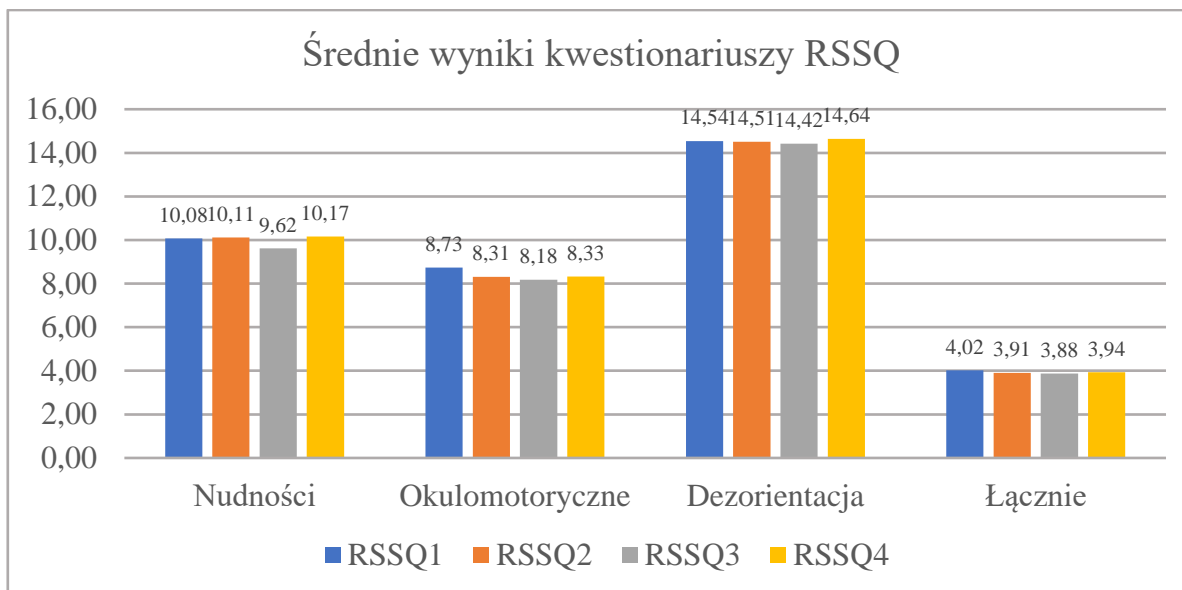
- Czy wprowadzenie teoretyczne było pomocne w zrozumieniu sposobu działania systemów i celu ich stosowania?
- Czy systemy okazały się przydatne?
- Czy systemy okazały się łatwe w użyciu?
- Które czynności okazały się trudne?
- Ocena stopnia trudności poszczególnych czynności.
- Czy kierowca był w stanie monitorować działanie systemu?
- Czy kierowca czuł się bezpieczniej, korzystając z systemów podczas jazdy?
- Ile czasu kierowca potrzebował na przystosowanie się do prowadzenia pojazdu?
- Poziom umiejętności jazdy.

7.5. Wyniki badań

7.5.1. Wyniki kwestionariuszy RSSQ

W procesie analizy wyników kwestionariuszy RSSQ przypisywane są wartości numeryczne dla poszczególnych symptomów. W tym celu wykorzystywane są odpowiednie przeliczniki, w których wartość 0 odpowiada brakowi symptomów, wartość 1 odpowiada symptomom odczuwanym nieznacznie, wartość 2 odpowiada symptomom odczuwanym umiarkowanie, a wartość 3 symptomom odczuwanym dotkliwie. Następnie, wyniki uzyskane dla każdej skali są sumowane zgodnie z ich przyporządkowaniem. Aby obliczyć wynik łączny, dodaje się sumy uzyskane w każdej skali. Ważne jest, aby zauważyć, że dane, dla których nie określono przyporządkowania do kategorii symptomów, nie są uwzględniane w analizie numerycznej.

Dokonanie analizy porównawczej otrzymanych wyników możliwe jest dzięki przemnożeniu przez odpowiednie współczynniki przeliczeniowe. Wynoszą one odpowiednio 9,54 dla nudności, 7,58 w przypadku symptomów okulomotorycznych, 13,92 dla dezorientacji oraz 3,74 dla wyniku łącznego. Przeprowadzona w ten sposób analiza numeryczna współczynników dla poszczególnych kategorii symptomów umożliwia analizę wpływu różnych czynników ekspozycji na uczestnika badania podczas symulacji jazdy [72], [77], [123].



Rysunek 7.15. Średnie wyniki kwestionariuszy RSSQ

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy

Tabela 7.3. Zmiana wyniku RSSQ

	Nudności	Okulomotoryczne	Dezorientacja	Łącznie
RSSQ2/RSSQ1	0,35%	-4,88%	-0,22%	-2,73%
RSSQ3/RSSQ1	-4,53%	-6,39%	-0,84%	-3,38%
RSSQ4/RSSQ1	0,89%	-4,67%	0,67%	-1,96%

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy

Rysunek 7.15 przedstawia wyniki uzyskane dla każdego z kwestionariuszy. Rysunek wskazuje, że dla każdej z kategorii różnice w samopoczuciu wśród kierowców po kolejnych przejazdach były marginalne. Z tego względu nie przeprowadzono szczegółowej analizy statystycznej. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami, w porównaniu do wyników kwestionariusza przed jazdą, po adaptacji nieco wzrosła jedynie średnia dla kategorii nudności (wzrost o 0,35%). W porównaniu do wyników RSSQ1, dla RSSQ4 (czyli ankiety przeprowadzonej po jeździe testowej) średnia dla nudności wzrosła o 0,89%, a dla dezorientacji o 0,67%. Dane przeanalizowano także w podziale na płeć oraz wiek osób badanych. Podobnie jak poprzednio, nie wystąpiły żadne istotne różnice w ocenie kierowców. Analizując wyniki, można zauważyć, że osoby z grupy 40-65 lat nieco silniej odczuwały objawy od osób z grupy młodszej. W dalszym ciągu jednak ta grupa wiekowa osiągnęła bardzo dobre wyniki umożliwiające prowadzenie badań.

Tabela 7.4. Wyniki RSSQ w zależności od płci

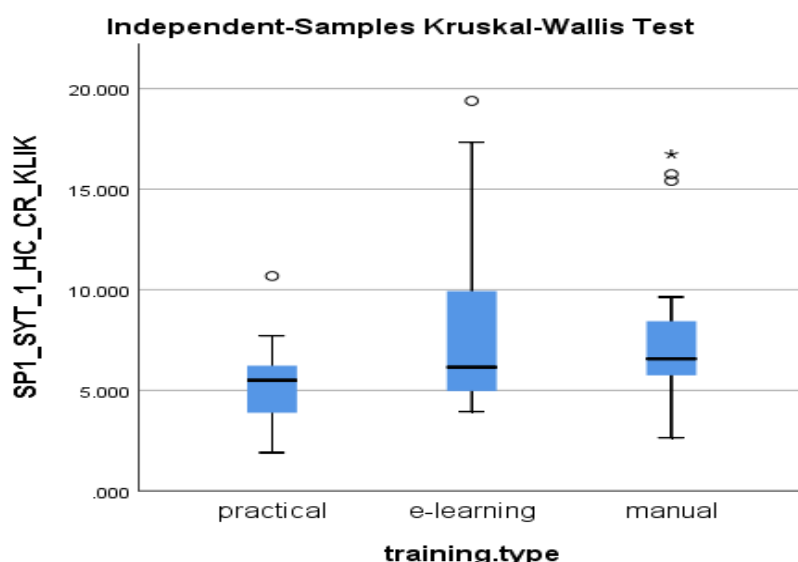
	Nudności	Okulomotoryczne	Dezorientacja	Łącznie
Grupa 27-39 lat				
RSSQ1	10,56	8,62	14,42	3,96
RSSQ4	9,98	8,08	14,28	3,86
Grupa 40-65 lat				
RSSQ1	10,62	8,83	14,64	4,06
RSSQ4	10,32	8,53	14,94	4,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy

Wyniki świadczą o znikomym wręcz wpływie symulacji na samopoczucie osób badanych. Dowodzi to, że symulator pojazdu osobowego może być szeroko wykorzystywany także do szkoleń kierowców.

7.5.2. Wyniki badań symulatorowych

Analiza danych pozyskanych w trakcie badań symulatorowych była istotnym czynnikiem, pozwalającym na ocenę efektów poszczególnych form szkolenia. W tym celu przeprowadzono szczegółową analizę statystyczną z wykorzystaniem narzędzia SPSS Statistics.

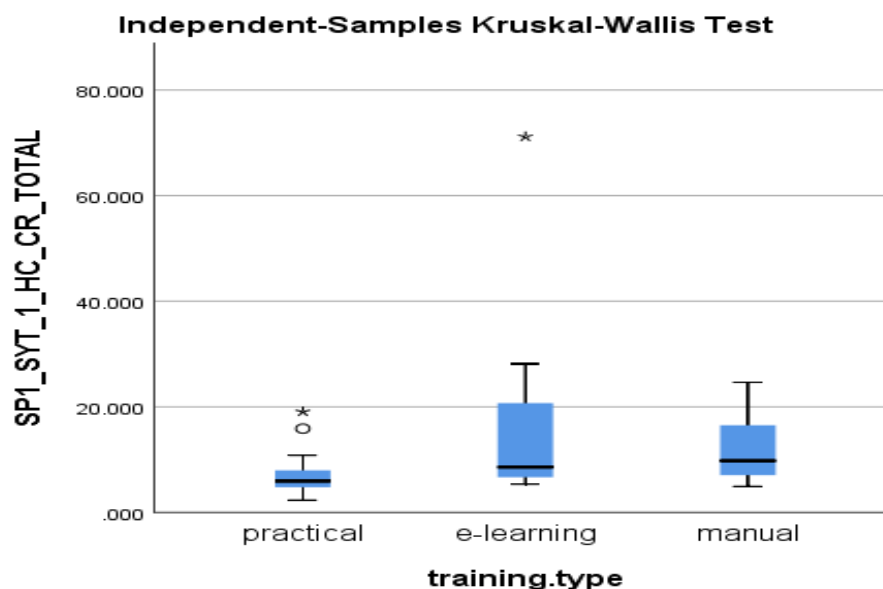


Rysunek 7.16. Czas reakcji (kliknięcia zielonego przycisku) na komunikat informujący o konieczności uruchomienia systemu Highway Chauffeur w pierwszej sytuacji

Źródło: [27]

Rysunek 7.16 pokazuje wyniki testu Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładu dla czasów reakcji. Z rysunku wynika, że występowały istotne różnice w czasie reakcji od momentu wydania komunikatu do naciśnięcia zielonego przycisku w grupach zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 6,42$, $p = 0,040$. Testy porównań parami dowiodły, że uczestnicy, którzy przeszli szkolenie praktyczne, wykazali się krótszym czasem reakcji w porównaniu z grupą, która otrzymała jedynie skróconą instrukcję ($p = 0,016$).

Zgodnie z wynikami (test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładów dla czasów reakcji), nie było znaczących różnic w czasie od kliknięcia zielonego przycisku do zdjęcia stóp z pedałów i rąk z kierownicy (całkowite przekazanie kontroli) wśród grup zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 4,84$, $p = 0,089$.



Rysunek 7.17. Całkowity czas reakcji na komunikat informujący o konieczności uruchomienia systemu Highway Chauffeur w pierwszej sytuacji

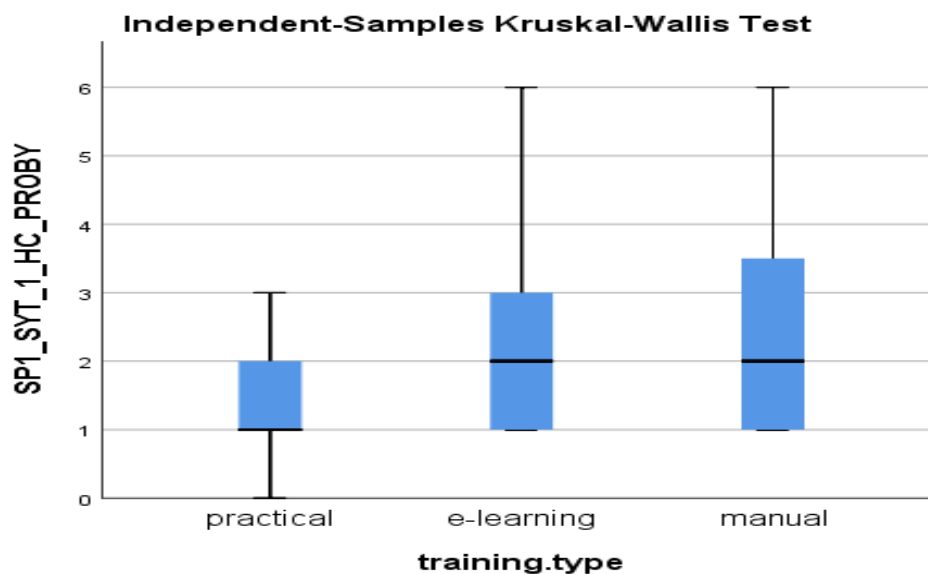
Źródło: [27]

Rysunek 7.17 obrazuje wyniki testu Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładu czasu reakcji. Wyniki wskazują, że wystąpiły istotne różnice w całkowitym czasie reakcji od komunikatu do zabrania stóp z pedałów i rąk z kierownicy (pełne przekazanie kontroli) w grupach zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 10,58$, $p = 0,005$. Testy

porównania parami dowiodły, że uczestnicy szkolenia praktycznego wykazali się krótszym czasem reakcji w porównaniu do grupy, która otrzymała tylko krótki instruktaż ($p = 0,006$) lub korzystała z e-learningu ($p = 0,004$).

W przypadku czwartej sytuacji wystąpiły marginalne (przy tendencji statystycznej) różnice w całkowitym czasie reakcji – pełnym przekazaniu kontroli w grupach zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 6,01$, $p = 0,050$.

Grupa, która odbyła szkolenie praktyczne, wykazała krótsze czasy reakcji w porównaniu z grupą po krótkim instruktażu, $p = 0,015$.



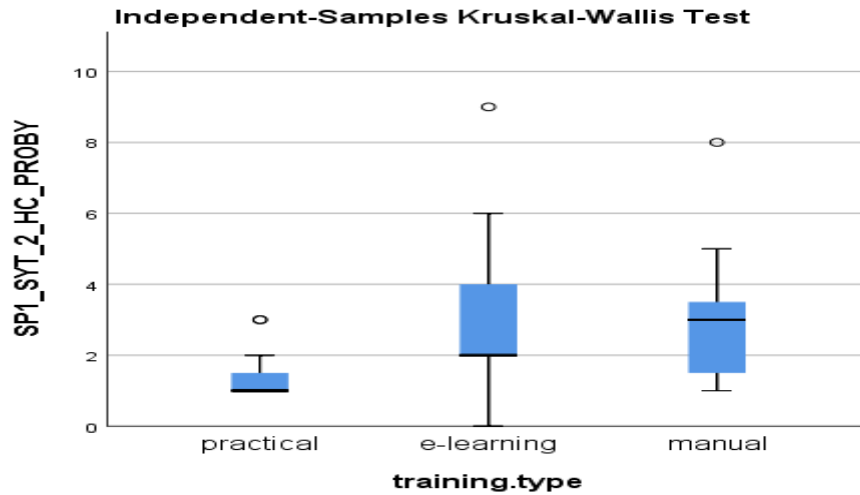
Rysunek 7.18. Liczba prób uruchomienia systemu Highway Chauffeur w pierwszej sytuacji

Źródło: [27]

Zgodnie z wynikami (test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładu dla liczby prób) wystąpiły istotne różnice w liczbie prób uruchomienia HC w grupach zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 8,27$, $p = 0,016$. Niższa liczba prób była charakterystyczna dla grupy, która odbyła szkolenie praktyczne w porównaniu z grupą po krótkim instruktażu ($p = 0,016$) i grupą e-learningową ($p = 0,010$) (Rysunek 7.18).

Zgodnie z wynikami (test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładów dla czasów reakcji) nie było istotnych różnic w czasie reakcji od komunikatu do naciśnięcia zielonego przycisku w grupach zróżnicowanych w zależności od rodzaju szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual) dla pozostałych wyników.

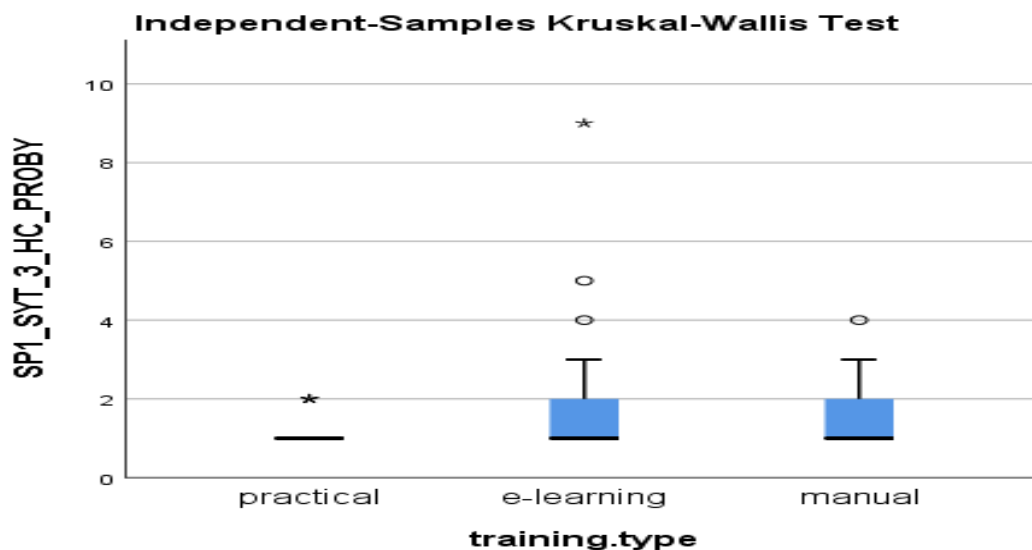
W kolejnym etapie testu przeanalizowano zależność między wiekiem a czasem reakcji. Zgodnie z korelacją rho Spearmana tylko wyższy wiek zbiegł się z wyższym czasem reakcji w sytuacji czwartej dla pełnego przekazania kontroli.



Rysunek 7.19. Liczba prób uruchomienia systemu Highway Chauffeur w drugiej sytuacji

Źródło: [27]

Zgodnie z wynikami (test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładu dla liczby prób) w drugiej sytuacji wystąpiły istotne różnice w liczbie prób uruchomienia systemu HC w grupach zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 13,12$, $p = 0,001$. Mniejsza liczba prób charakteryzowała grupę „praktyczną” w porównaniu z osobami po krótkim instruktażu ($p = 0,001$) i grupą, która odbyła e-learning ($p = 0,002$) (Rysunek 7.19).

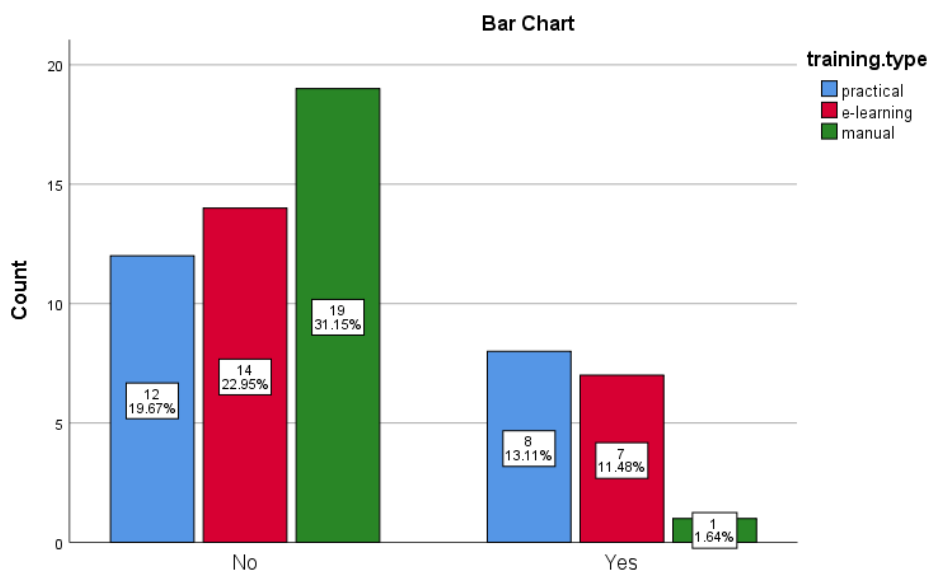


Rysunek 7.20. Liczba prób uruchomienia systemu Highway Chauffeur w trzeciej sytuacji

Źródło: [27]

Zgodnie z wynikami (test Kruskala-Wallisa dla prób niezależnych z porównaniami parami ze względu na skośność rozkładu dla liczby prób) występowały różnice w tendencji statystycznej liczby prób uruchomienia HC w grupach zróżnicowanych ze względu na typ szkolenia (praktyczne, e-learningowe, manual), $H(2) = 5,99$, $p = 0,050$. Mniejsza liczba prób charakteryzowała grupę „praktyczną” w porównaniu z grupą po skróconym instruktażu ($p = 0,036$) i e-learningu ($p = 0,032$) (Rysunek 7.20).

Na podstawie testu Friedmana stwierdzono istotne różnice w czasach reakcji dla trzech badanych sytuacji, $Statistics(2) = 32,28$, $p < 0,001$. Czasy reakcji były dłuższe w sytuacji 1 w porównaniu z sytuacją 2 ($p < 0,001$) i sytuacją 3 ($p < 0,001$).



Rysunek 7.21. Porównanie reakcji kierowców (przejęcia kontroli) w przypadku pojawienia się mgły

Źródło: [27]

Na podstawie regresji logistycznej, w tym typu treningu, płci oraz wieku – wiek nie był statystycznie istotnym predyktorem właściwych reakcji (przejęcia kontroli nad pojazdem, nawet jeśli nie wystąpiło żądanie, w warunkach mgły) $B = 0,03$, $p = 0,309$; płeć również nie była istotnym statystycznie predyktorem $B = -0,07$, $p = 0,911$. Jedynym statystycznie istotnym predyktorem był rodzaj treningu $B = -2,25$, $p = 0,047$: uczestnicy, którzy jedynie przeczytali krótki manual, wykazali mniejszą liczbę prawidłowych reakcji w porównaniu do grupy odbywającej szkolenie praktyczne i e-learningowe. Model był dobrze dopasowany do danych, $\chi^2(4) = 9,78$, $p = 0,047$ i wyjaśniał 22% wariancji w oparciu o R-kwadrat Nagelkerke. 16 uczestników zareagowało i przejęło kontrolę nad pojazdem, podczas gdy tylko jeden kierowca, który został poproszony o przeczytanie instrukcji przed jazdą (szkolenie z użyciem „manuala”), przejął kontrolę we mgle.

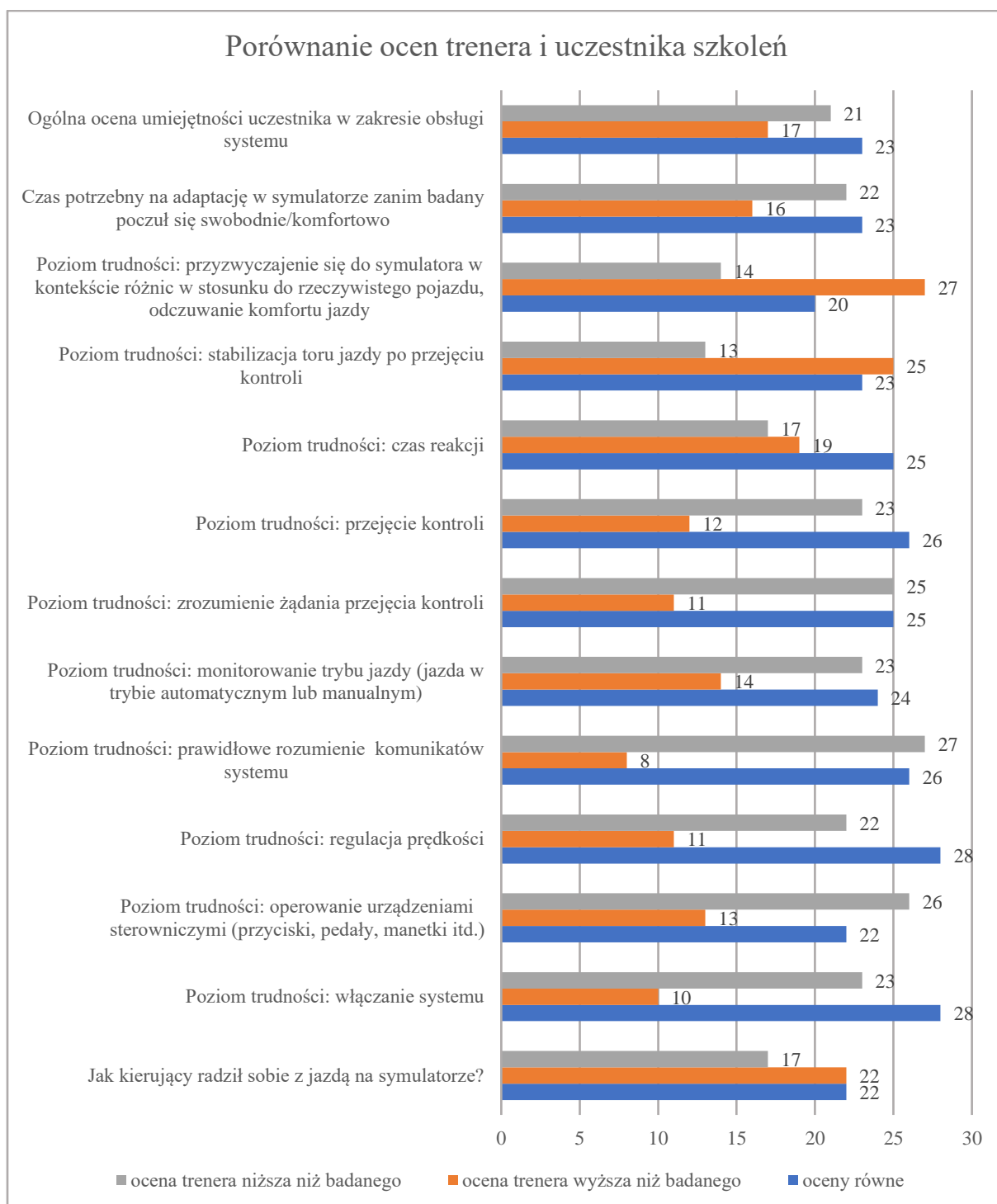
Szkolenie praktyczne i e-learningowe uzyskały podobne wyniki: odpowiednio 8 i 7 osób przejęło kontrolę nad pojazdem i zmniejszyło prędkość (Rysunek 7.21).

Spośród 61 uczestników badania, 45 z nich nie przejęło kontroli nad pojazdem i nie zwolniło. Na podstawie regresji logistycznej, w tym rodzaju treningu, wieku i przejęcia kontroli nad pojazdem żaden z predyktorów nie był istotny statystycznie ($p < 0,05$) [27].

7.5.3. Wyniki kwestionariuszy – ocena umiejętności kierowców

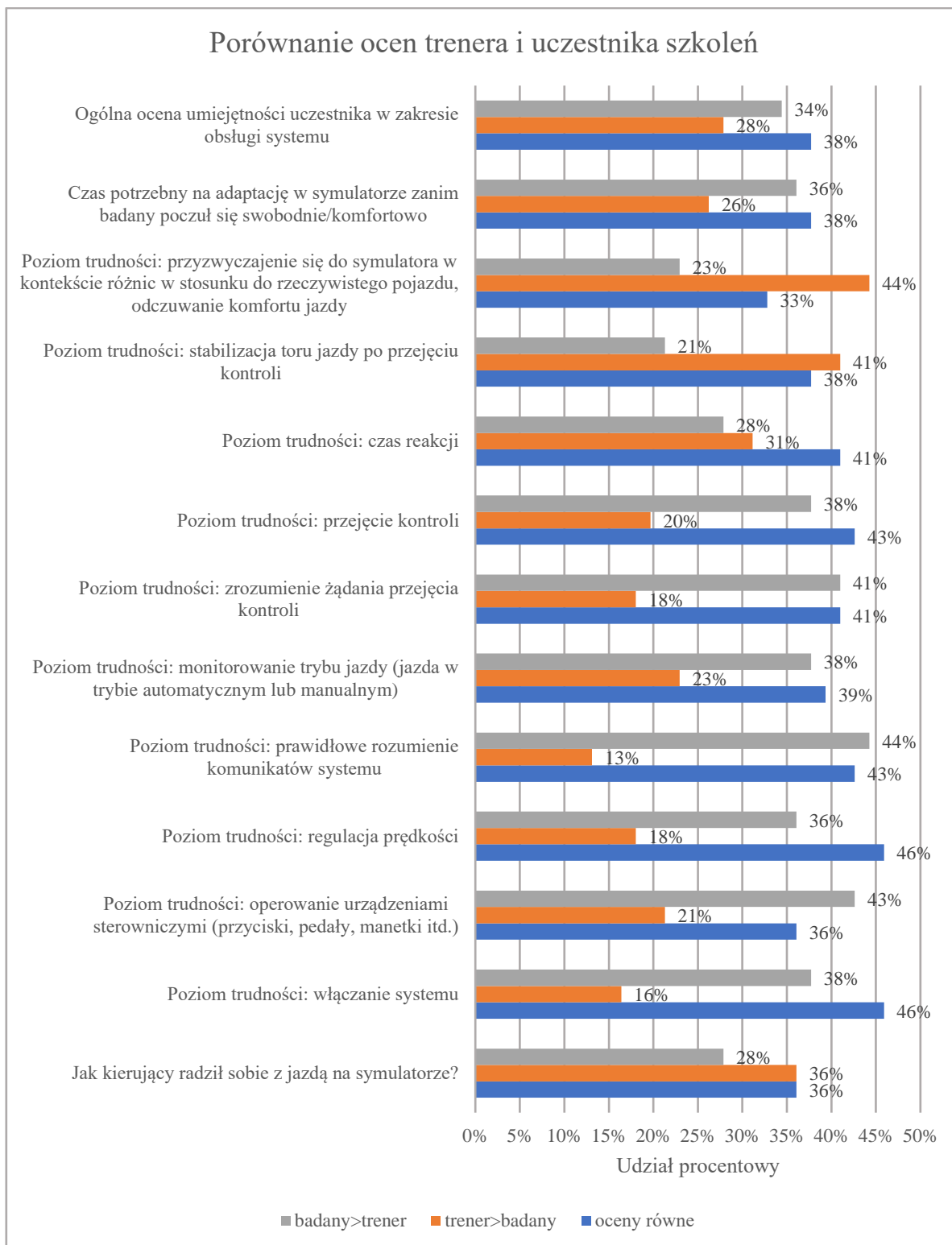
Istotnym aspektem przeprowadzenia modułu oceny było porównanie ocen przydzielonych przez instruktorów z ocenami uczestników badań. Zgodnie z analizą przedstawioną w podrozdziale 5.2, kierowcy mają tendencję do przeceniania swoich umiejętności, zwłaszcza w porównaniu do przeciętnego kierowcy lub rówieśników. Dlatego też, aby uniknąć tego efektu, w pracy zaproponowano kierowcom ocenę swoich umiejętności w skali od 1 do 5. Czynnikiem przemawiającym za zastosowaniem tej skali są przytoczone w podrozdziale 5.2 wyniki przeprowadzonych badań, które wskazują, że prowadzenie oceny w skali 1-5 powoduje lepsze dopasowanie ocen do rzeczywistych umiejętności niż w przypadku ocen wystawianych na podstawie pytań ogólnych. Dodatkową zaletą tej skali jest powszechność jej stosowania do oceny różnych czynników w życiu codziennym (postępy w nauce, jakość towaru, jakość usługi), co zdaniem autorki umożliwiło bardziej rzetelną ocenę umiejętności.

Dane zostały przedstawione na Rysunek 7.22, Rysunek 7.23 oraz w Tabeli 7.5.



Rysunek 7.22. Porównanie ocen trenera i uczestnika szkoleń

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak, Mikołaj Kruszewski, Ewa Odachowska-Rogalska, Monika Ucińska, Instytut Transportu Samochodowego



Rysunek 7.23. Porównanie ocen trenera i uczestnika szkoleń (procentowo)

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak, Mikołaj Kruszewski, Ewa Odachowska-Rogalska, Monika Ucińska, Instytut Transportu Samochodowego

Wyniki przedstawione na wykresach oraz w tabeli przedstawiają różnice w ocenie uczestnika badań z ocenami trenera. Wyniki różniły się w zależności od pytania. Większość badanych oceniała swoje umiejętności tak samo lub lepiej niż trener. Jedyne w pytaniu dotyczącym trudności w stabilizacji toru jazdy oraz poziomu komfortu większa liczba badanych oceniła się niżej niż trener. Na każde pytanie od 30% do 46% kierowców odpowiada w taki sam sposób jak trener. Dla około 14 uczestników trener dał lepszą ocenę w prawie każdym pytaniu.

Nie zmienia to faktu, że w zależności od pytania od 30% do nawet 44 % kierowców przeceniało swoje umiejętności.

Tabela 7.5. Różnica ocen trenera i uczestnika

Oceniany czynnik	Różnica ocen trener-uczestnik											Liczba osób z różnicą maksymalną 1 punktu	Procent badanych z różnicą maksymalną 1 punktu
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5		
Jak kierujący radził sobie z jazdą na symulatorze?	0	0	0	2	15	22	21	1	0	0	0	58	95%
Poziom trudności: włączanie systemu	0	1	2	6	14	28	9	0	1	0	0	51	84%
Poziom trudności: operowanie urządzeniami sterowniczymi (przyciski, pedały, manetki itd.)	0	0	6	7	13	22	10	2	1	0	0	45	74%
Poziom trudności: regulacja prędkości	0	0	1	5	16	28	9	1	0	1	0	53	87%
Poziom trudności: prawidłowe rozumienie komunikatów systemu	0	3	4	8	12	26	6	1	1	0	0	44	72%
Poziom trudności: zrozumienie żądania przejęcia kontroli	0	2	3	3	17	25	9	1	1	0	0	51	84%
Poziom trudności: monitorowanie trybu jazdy (jazda w trybie automatycznym lub manualnym)	0	1	2	4	16	24	10	3	1	0	0	50	82%
Poziom trudności: przejęcie kontroli	0	2	1	6	14	26	10	1	1	0	0	50	82%
Poziom trudności: czas reakcji	0	1	1	4	11	25	16	2	1	0	0	52	85%
Poziom trudności: stabilizacja toru jazdy po przejęciu kontroli	0	1	1	2	9	23	18	4	2	1	0	50	82%
Poziom trudności: przyzwyczajenie się do symulatora w kontekście różnic w stosunku do rzeczywistego pojazdu, odczuwanie komfortu jazdy	0	0	1	2	11	20	17	8	2	0	0	48	79%
Ogólna ocena umiejętności uczestnika w zakresie obsługi systemu	0	1	2	7	11	23	13	4	0	0	0	47	77%
Czas potrzebny na adaptację w symulatorze zanim badany poczuł się swobodnie/komfortowo	0	1	1	3	17	23	13	3	0	0	0	53	87%

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych konsorcjum projektu Trustonomy. Autorzy ankiet: Małgorzata Pełka, Aleksandra Rodak, Mikołaj Kruszewski, Ewa Odachowska-Rogalska, Monika Ucińska, Instytut Transportu Samochodowego

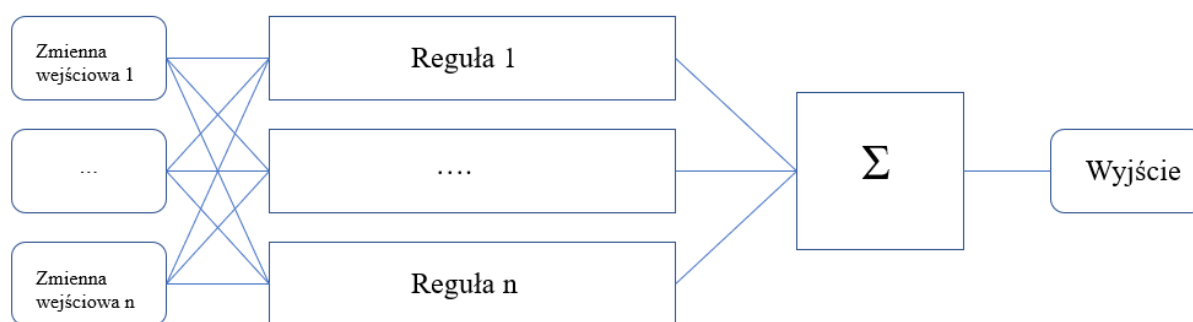
Wyniki przedstawione w tabeli pokazują, że w większości przypadków uzyskane wyniki były zbieżne lub odbiegały o maksymalnie 1 punkt. Na 13 ocenianych aspektów, zaledwie w dwóch (operowanie urządzeniami sterowniczymi, prawidłowe rozumienie komunikatów systemu) zgodność ocen wynosiła mniej niż 75%. W 9 na 13 pytań zgodność ocen była na poziomie 80%. Wyniki te potwierdzają rzetelność zastosowanej metody oceny.

Należy jednak zauważyć, że w przypadku niektórych kierowców różnica w ocenie trenera i uczestnika wynosiła nawet 3 i 4 punkty w 5-stopniowej skali. Dla aż 8 kierowców takie wyniki pojawiały się niemal w każdym pytaniu. Sytuacja znacznego przeceniania swoich możliwości jest bardzo niebezpieczna i może prowadzić do wielu wypadków drogowych. Wyniki te były zbliżone do wyników otrzymanych w badaniu [99], w którym także użyto 5-stopniowej skali. W przytoczonym badaniu od 30% do 40% kierowców przeceniało swoje umiejętności, podczas gdy inni autorzy wskazywali różnice nawet o 65%, gdy ocena była przyznawana w porównaniu do przeciętnego kierowcy [35].

8. METODA OCENY EFEKTYWNOŚCI SZKOLEŃ KIEROWCÓW

W pracy przeprowadzono ocenę efektywności metod szkoleniowych na podstawie wybranych parametrów zebranych w trakcie badań symulatorowych. Ze względu na dużą liczbę danych wejściowych, a także ich nieliniowy charakter, zaproponowano ocenę, wykorzystując metody heurystyczne [54], [124], [133], [136], [163]. Model rozmyty został zbudowany w środowisku MATLAB za pośrednictwem narzędzia Fuzzy Logic Designer. Wskazane oprogramowanie umożliwia wykorzystanie dwóch rodzajów systemów wnioskowania: Mamdaniego lub Sugeno. W dysertacji wykorzystano system Mamdaniego ze względu na łatwość aplikacji systemów, w których reguły są tworzone na podstawie wiedzy eksperckiej. Dodatkowo, system ten charakteryzują bardziej intuicyjne podstawy reguł. W tym modelu system sterowania jest tworzony poprzez syntezę zestawu reguł uzyskanych od doświadczonych operatorów ludzkich. Wyjściem każdej reguły jest zbiór rozmyty [37]. Wnioskowanie rozmyte w modelu następuje w 5 krokach:

- Fuzyfikacja zmiennych wejściowych,
- Zastosowanie operatora rozmytego – określenie reguł,
- Implikacja logiczna,
- Agregacja następników według reguł,
- Defuzyfikacja. [36]



Rysunek 8.1. Proces wnioskowania rozmytego w modelu Mamdaniego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [36]

8.1. Model oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego

Analiza statystyczna danych przedstawiona w rozdziale 7.5.2 wykazała istotne różnice w trzech badanych parametrach w zależności od rodzaju odbytego szkolenia. Należą do nich:

- całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania stóp z pedałów i rąk z kierownicy,
- liczba prób uruchomienia systemu,
- czas reakcji kierowcy na pojawiające się żądanie przejęcia kontroli.

Ze względu na fakt, że w scenariuszu badawczym nastąpiły 3 sytuacje krytyczne, poprzedzone żądaniem przejęcia kontroli oraz czwarta sytuacja wymagająca interwencji kierowcy bez wcześniejszego uprzedzenia, dla poszczególnych parametrów zostały obliczone odpowiednio średnie arytmetyczne bądź sumy dla wszystkich sytuacji badawczych.

Parametry wraz z ich oznaczeniami przedstawia Tabela 8.1.

Tabela 8.1. Parametry jazdy brane pod uwagę przy opracowaniu modelu dla wszystkich sytuacji badawczych

Parametry zarejestrowane przez symulator	Opis parametru zarejestrowanego	Parametr obliczony na podstawie danych	Opis parametru wykorzystywanego w modelu
SP1_SYT_1_HC_PROBY, SP1_SYT_2_HC_PROBY, SP1_SYT_3_HC_PROBY,	Ile razy (od momentu żądania włączenia systemu do żądania przejęcia kontroli) kierowca włączył system w danej sytuacji badawczej	SP1_SYT_1 +2+3_HC_P ROBY_SU MA	Suma prób dla sytuacji 1,2 i 3
SP1_SYT_1_RtI_CR, SP1_SYT_2_RtI_CR, SP1_SYT_3_RtI_CR,	Czas reakcji od momentu pojawienia się żądania przejęcia kontroli do przejęcia kontroli (w sekundach)	SP1_SYT_1 +2+3_RtI_C R_ŚREDNI A	Średnia otrzymana z 1,2 i 3 sytuacji badawczej
SP1_SYT_1_HC_CR_TOT AL, SP1_SYT_2_HC_CR_TOT AL, SP1_SYT_3_HC_CR_TOT AL,	Uruchomienie Highway Chauffeur, całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk	SP1_SYT_1 +2+3+4_ HC_CR_TO TAL_ŚRED NIA	Średnia otrzymana z 1,2,3 i 4 sytuacji badawczej

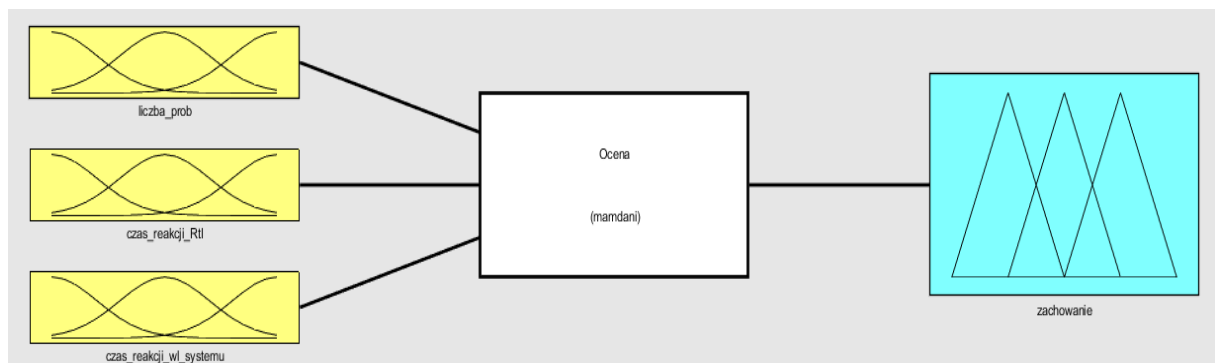
Parametry zarejestrowane przez symulator	Opis parametru zarejestrowanego	Parametr obliczony na podstawie danych	Opis parametru wykorzystywanego w modelu
SPI_SYT_4_HC_CR_TOT AL,	z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach)		

Źródło: opracowanie własne

Opracowany model ma zatem 3 wejścia:

- *liczba_prob* – całkowita liczba prób włączenia systemu w scenariuszu badawczym,
- *czas_reakcji_RtI* – czas reakcji na żądanie przejęcia kontroli (w sekundach),
- *czas_reakcji_wl_systemu* – całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach).

oraz jedno wyjście: *zachowanie*, które określa ocenę zachowania kierowcy w scenariuszu. Rysunek 8.2 przedstawia widok opracowanego modelu.

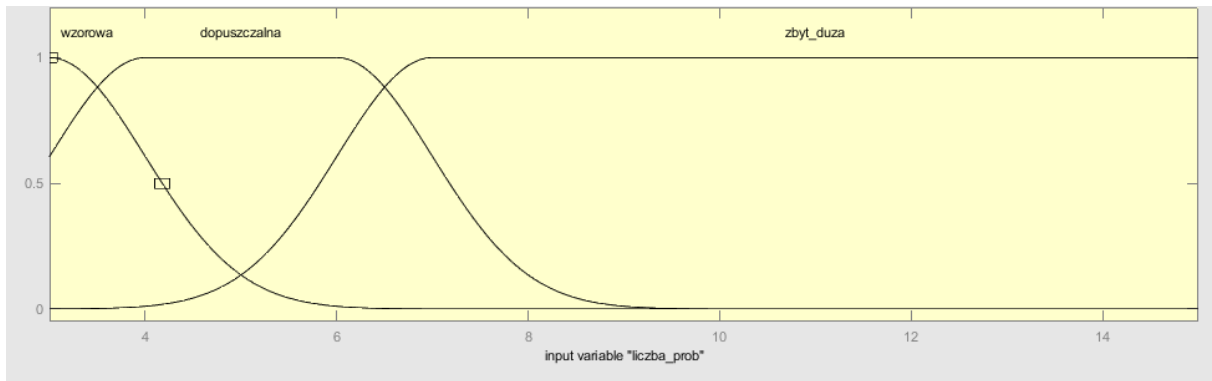


Rysunek 8.2. Model kontrolera rozmytego

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

W kolejnym kroku określono funkcje przynależności zarówno dla wszystkich wejść, jak i wyjścia kontrolera. Parametry krzywej normalnej dla każdego z parametrów określono na podstawie wyników badań eksperymentalnych, prowadzonych z wykorzystaniem wysokiej klasy symulatorów jazdy. Funkcje przynależności wyznaczono dla kolejnych wejść.

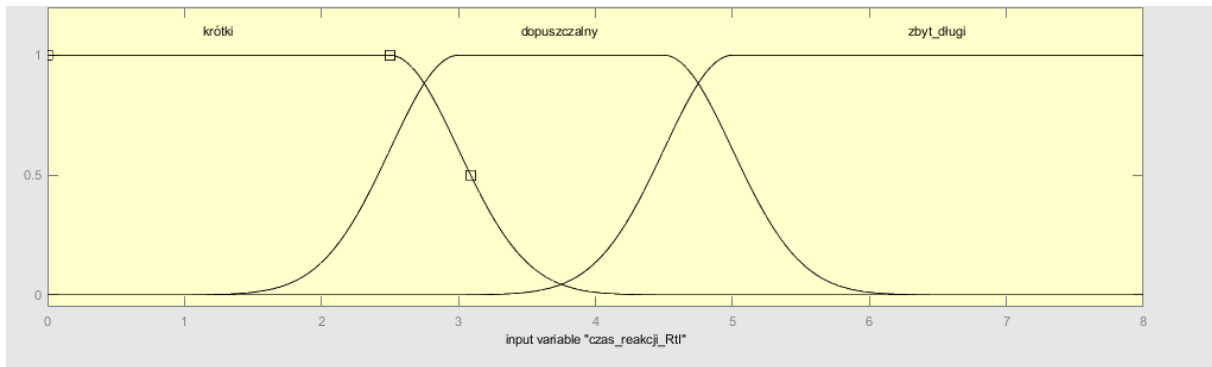
Wyznaczone funkcje przynależności zostały przedstawione na Rysunek 8.3, Rysunek 8.4, Rysunek 8.5 oraz Rysunek 8.6.



Rysunek 8.3. Funkcje przynależności wejścia *liczba_prob*

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Dla wejścia *liczba_prob* określono trzy funkcje przynależności: *wzorowa*, *dopuszczalna* i *zbyt duża*. *Wzorowa* liczba prób oznaczała, że badany skutecznie włączył system w pierwszym podejściu, co oznacza, że doskonale radził sobie z zadaniem. Liczba *dopuszczalna* oznacza, że badany potrzebował większej liczby prób, jednak radził sobie z zadaniem. *Zbyt duża* liczba prób oznaczała, że badany po włączeniu systemu nie wiedział, jak się zachować i nieświadomie wyłączał system, przez co musiał go uruchamiać wielokrotnie.

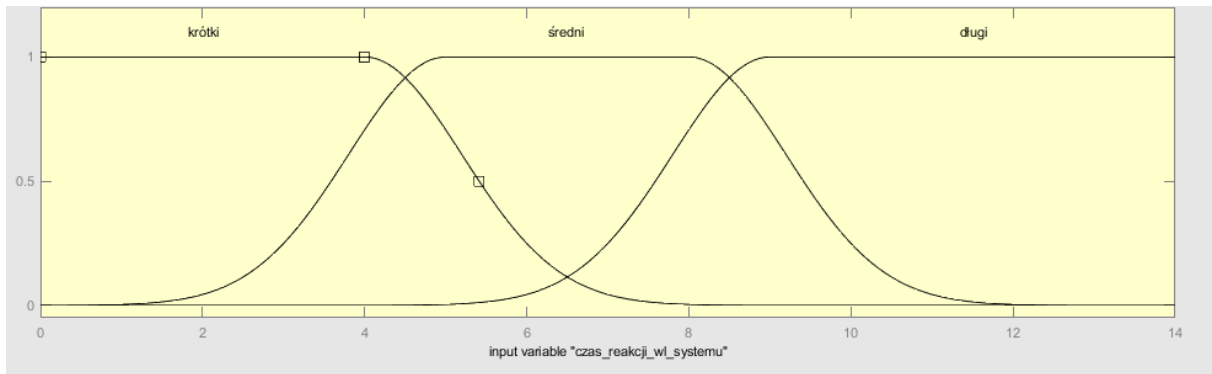


Rysunek 8.4. Funkcje przynależności wejścia *czas_reakcji_RtI*

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Dla wejścia opisującego całkowity czas reakcji kierowcy na żądanie przejęcia kontroli określono trzy funkcje przynależności: *krótki*, *dopuszczalny* i *zbyt długi*. Czas *krótki* oznaczał szybką reakcję kierowcy. Czas *dopuszczalny* oznaczał, że kierowca nie odpowiedział na sygnał od razu, jednak czas, w jakim przejął kontrolę, umożliwił wykonanie bezpiecznego manewru w symulatorze. *Zbyt długi* czas reakcji oznaczał, że kierowca przejął kontrolę nad pojazdem zbyt późno, przez co wykonanie manewru w sposób bezpieczny było już niemożliwe. Zakresy

zostały dobrane na podstawie dotychczasowych wyników badań eksperymentalnych, prowadzonych z wykorzystaniem wysokiej klasy symulatorów jazdy.

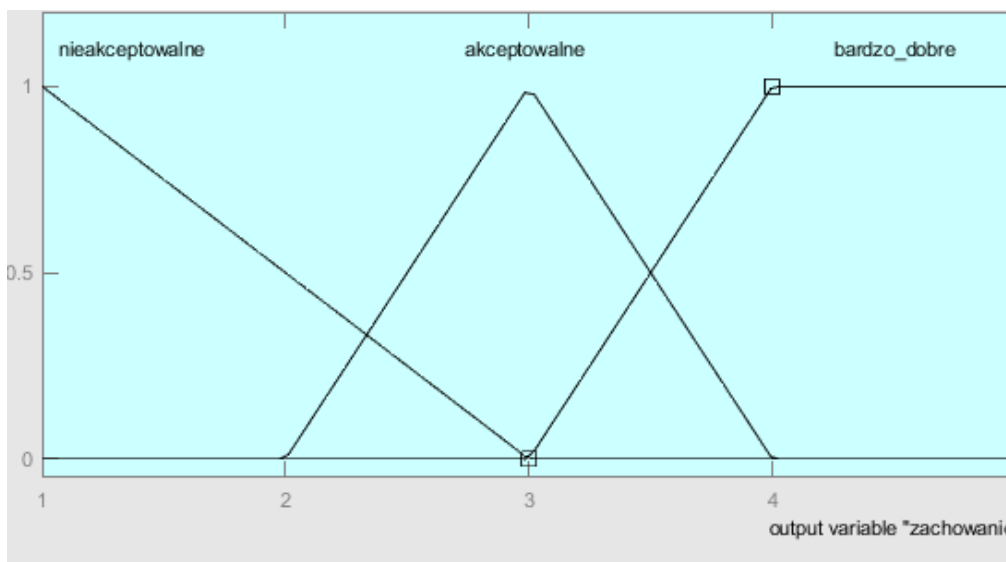


Rysunek 8.5. Funkcje przynależności wejścia czas_reakcji_wl_systemu

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Dla wejścia opisującego całkowity czas reakcji kierowcy na żądanie uruchomienia systemu określono trzy funkcje przynależności: krótki, średni i długi. Czas krótki oznaczał szybką reakcję kierowcy, średni, że kierowca nie odpowiedział na sygnał od razu, jednak czas reakcji był akceptowalny. Zbyt długi czas reakcji oznaczał, że kierowca zbyt późno włączył system. Zakresy zostały dobrane na podstawie wyników badań eksperymentalnych, prowadzonych z wykorzystaniem wysokiej klasy symulatorów jazdy.

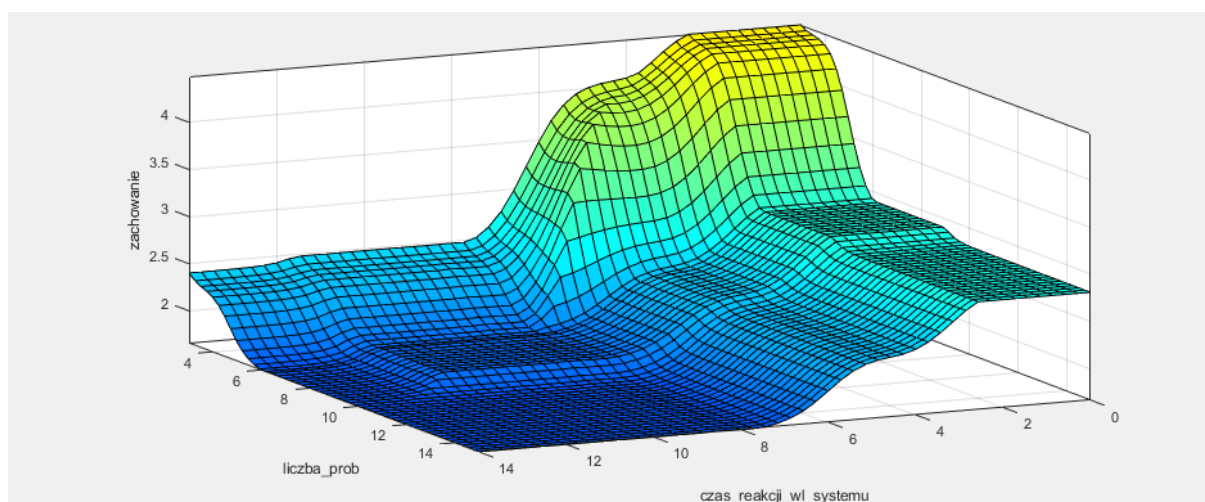
Należy zauważyć, że komunikat dźwiękowy był przekazywany w symulatorze niespodziewanie, zatem czas reakcji kierowcy na taką sytuację znacznie różni się od czasu potrzebnego na rozpoczęcie np. hamowania awaryjnego w sytuacji krytycznej w ruchu rzeczywistym. Dodatkowym czynnikiem wydłużającym czas reakcji jest fakt użycia symulatora jazdy samochodem, w którym odczucia i reakcje kierowców mogą się różnić od tych w rzeczywistym ruchu drogowym.



Rysunek 8.6. Funkcja przynależności wyjścia zachowanie

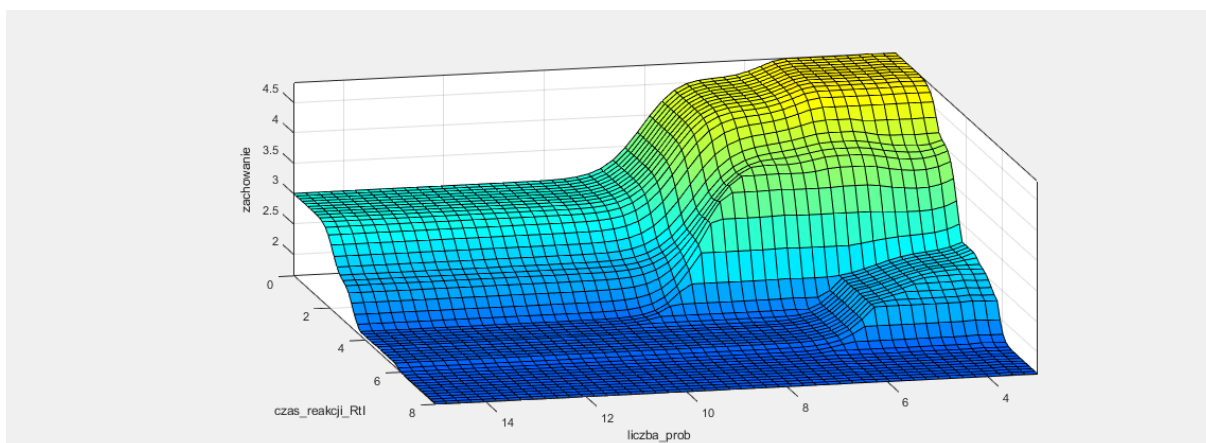
Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Dla wyjścia *zachowanie* określono 3 funkcje przynależności: nieakceptowalne, akceptowalne oraz bardzo dobre. Zachowanie nieakceptowalne oznaczało, że kierowca nie posiadał wiedzy i umiejętności umożliwiających sprawne i bezpieczne korzystanie z systemu. Poziom akceptowany oznaczał, że kierowca nie stwarzał zagrożenia dla innych uczestników ruchu, jednak wymagał dodatkowego czasu na doszkolenie i doszlifowanie umiejętności. Poziom bardzo dobry oznaczał, że kierowca poradził sobie bardzo dobrze z zadaniami i jest w stanie korzystać z systemu w sposób bezpieczny dla siebie oraz innych uczestników ruchu drogowego. Funkcje zależności wyjścia od poszczególnych wejść sterownika zostały przedstawione na Rysunek 8.7, Rysunek 8.8 i Rysunek 8.9.



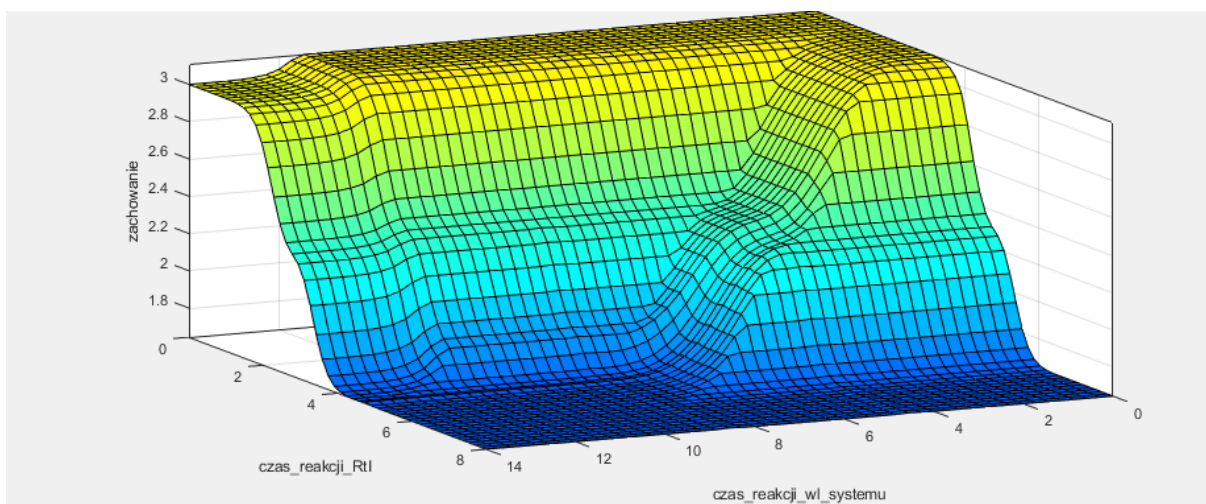
Rysunek 8.7. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść *liczba_prob* i *czas_reakcji_wl_systemu*

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer



Rysunek 8.8. Funkcja zależności wartości wyjścia *zachowanie* sterownika od wartości wejść *czas_reakcji_RtI* i *liczba_prob*

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer



Rysunek 8.9. Funkcja zależności wartości wyjścia *zachowanie* sterownika od wartości wejść *czas_reakcji_RtI* i *czas_reakcji_wl_systemu*

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Tabela 8.2 Wartości przyjmowane przez wyjście *zachowanie*

Opis słowny	Zakres
bardzo dobre	$Z > 3,7$
akceptowalne	$2,7 \leq Z < 3,7$
nieakceptowalne	$Z \leq 2,7$

Źródło: opracowanie własne

Model w rzeczywistości przyjmuje wyniki od 1,64 do 5, dzięki czemu możliwe było porównanie oceny obiektywnej z ocenami subiektywnymi. Wynik modelu otrzymywany był na podstawie opracowanych reguł. Każda z nich składa się z poprzednika IF, operatora logiki rozmytej AND oraz następnika THEN. Opracowane reguły można opisać w następujący sposób:

IF (L jest A_1) AND (C_{Rtl} jest B_1) AND (C_{wl} jest C_1) THEN (Z jest D_1) (8.1)

gdzie:

L , C_{Rtl} , C_{wl} – zmienne wejściowe

A_1 , B_1 , C_1 , D_1 - zbiory rozmyte

Z - zmienna wyjściowa

Rysunek 8.10 przedstawia 27 reguł opracowanych dla niniejszego modelu rozmytego.

1. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is bardzo_dobre) (1)
2. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is bardzo_dobre) (1)
3. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
4. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is bardzo_dobre) (1)
5. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
6. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
7. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
8. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
9. If (liczba_prob is wzorowa) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
10. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is bardzo_dobre) (1)
11. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
12. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
13. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
14. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
15. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
16. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
17. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
18. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
19. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
20. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is dopuszczalny) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
21. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is krótki) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
22. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
23. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is zbyt_długi) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is nieakceptowalne) (1)
24. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is bardzo_dobre) (1)
25. If (liczba_prob is dopuszczalna) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
26. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is średni) then (zachowanie is akceptowalne) (1)
27. If (liczba_prob is zbyt_duza) and (czas_reakcji_Rtl is krótki) and (czas_reakcji_wl_systemu is długi) then (zachowanie is akceptowalne) (1)

Rysunek 8.10. Zestaw reguł modelu rozmytego

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

8.2. Struktura danych i implementacja modelu

Do modelu wzięto pod uwagę wyniki dla 49 osób: po 16 osób z grupy manual i szkolenie praktyczne oraz 17 osób z grupy, która odbyła szkolenie e-learningowe. Wyniki dla pozostałych 12 osób zostały wykluczone ze względu na fakt, iż, według opinii trenera, uczestnicy nie nabyli wystarczających umiejętności obsługi symulatora. Większość z nich nie opanowała techniki jazdy w symulatorze i zdaniem trenera, osoby te wymagały pomocy w trakcie wykonywania podstawowych czynności, jechały ze zbyt niską prędkością, wyłączały system przez przypadek, nie mając tego świadomości lub ich stan ogólny sugerował, że są przytłoczone sytuacją. W tych przypadkach ocena trenera różniła się od oceny modelu w sposób znaczny, niekiedy ocena

subiektywna nie została uzasadniona, zatem nie ma możliwości określenia, co było tego przyczyną. Należy zauważyć, że trener brał pod uwagę wszystkie czynniki wpływające na sposób jazdy, a nie jedynie samą obsługę systemu. Większość z tych czynników było rzeczami możliwymi do zaobserwowania tylko przez człowieka. Wyniki dla tych 12 osób byłyby zatem wątpliwe i mogłyby spowodować niemiarodajność jakości działania modelu.

8.3. Wyniki modelu rozmytego

Tabela 8.3 przedstawia wyniki działania modelu dla wszystkich uczestników badań. Dane zostały uszeregowane zgodnie z kolejnością numerów osób badanych.

Tabela 8.3. Zbiorcze wyniki modelu dla wszystkich osób badanych

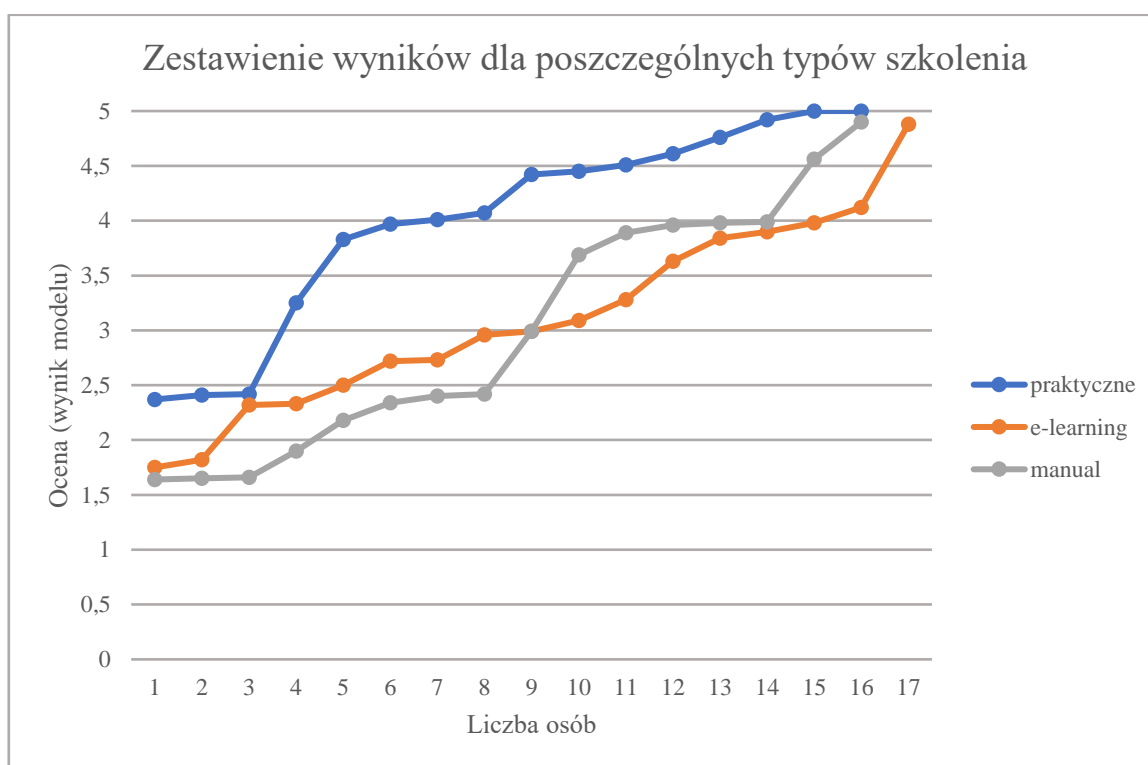
Numer badanego	Rodzaj treningu	Wiek	liczba_pr ob	czas_reakcji_wl_syste mu [s]	czas_reakcji_Rt I [s]	Wynik modelu
P2	e-learning	43	14	4,05	6,84	1,75
P3	praktyczne	30	5	3,76	6,95	2,37
P4	praktyczne	56	4	2,22	5,75	4,45
P5	Manual	34	4	3,94	3,98	3,89
P6	e-learning	37	8	3,5	5,5	2,99
P7	Manual	33	6	2,87	4	3,96
P9	praktyczne	44	5	2,27	6,94	4,42
P11	Manual	39	6	2,73	5,46	3,98
P12	e-learning	39	6	3,39	9,53	3,28
P13	e-learning	35	10	2,12	3,73	2,72
P14	praktyczne	41	3	2,09	10,77	3,25
P17	praktyczne	65	3	2,48	15,14	2,42
P18	praktyczne	64	3	3,06	5,08	3,97
P19	Manual	43	5	3,87	6,02	2,99
P23	e-learning	39	3	4,66	26,17	2,33
P24	praktyczne	51	3	4,13	12,83	2,41
P28	e-learning	34	3	3,59	5,02	3,98
P29	Manual	31	13	3,1	9,35	2,18

Numer badanego	Rodzaj treningu	Wiek	liczba prób	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_Rt I [s]	Wynik modelu
P30	praktyczne	36	4	1,71	8,65	4,51
P31	e-learning	65	8	3,87	4,12	2,5
P33	Manual	47	9	3,95	4,08	2,42
P34	praktyczne	45	3	1,97	4,4	4,76
P35	e-learning	27	9	3,14	5,15	2,32
P36	praktyczne	34	5	3,25	2,95	4,01
P37	Manual	44	9	8,29	7,33	1,64
P38	e-learning	44	5	2,47	4,38	4,12
P39	praktyczne	27	3	1,18	4,76	5
P40	praktyczne	33	3	2,86	4,04	4,07
P42	praktyczne	27	4	3,19	4,89	3,83
P44	e-learning	35	7	3,02	5,47	3,84
P45	Manual	43	6	4,57	6,81	1,9
P46	praktyczne	59	3	1,71	5,96	4,92
P47	Manual	57	13	2,63	8,93	2,34
P48	e-learning	41	3	1,66	13,86	2,96
P50	Manual	37	5	2,89	9,52	3,69
P51	e-learning	45	6	3,22	6,06	3,63
P52	e-learning	40	8	2,55	9,34	3,09
P53	Manual	31	5	1,46	8,21	4,56
P54	e-learning	31	7	4,5	6,55	1,82
P55	Manual	39	7	6,15	5,9	1,66
P56	e-learning	39	4	1,8	5,41	4,88
P57	praktyczne	65	6	1,26	2,76	4,61
P58	e-learning	39	15	2,1	11,97	2,73
P61	Manual	32	5	2,64	4,48	3,99
P63	Manual	46	9	4,45	12,26	1,65

Numer badanego	Rodzaj treningu	Wiek	liczba prób	czas_reakcji_wl_syste mu [s]	czas_reakcji_Rt I [s]	Wynik modelu
P64	Manual	41	9	2,68	5,64	2,4
P65	Manual	27	4	1,76	4,09	4,9
P66	e-learning	44	6	2,9	8,72	3,9
P67	praktyczne	27	3	1,2	4,7	5

Źródło: opracowanie własne

Wyniki zamieszczone w tabeli pokazują ocenę uzyskaną przez osoby badane. Wyniki modelu wskazują, że zaledwie 6 z 49 (12%) osób otrzymało ocenę poniżej 2. Cztery z nich to uczestnicy, którzy przeczytali instrukcje, a dwoje odbyło e-learning. Aż 28 osób otrzymało ocenę wyższą lub równą 3, a 14 osób ocenę wyższą lub równą 4. Wyniki dowodzą skuteczności przeprowadzonych szkoleń.



Rysunek 8.11. Wyniki modelu w zależności od rodzaju przeprowadzonego szkolenia

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 8.11 przedstawia wyniki modelu otrzymane w zależności od rodzaju otrzymanego szkolenia. W celu ułatwienia zobrazowania wyników, dane uszeregowano w kolejności rosnącej. Z rysunku można odczytać, że trening praktyczny umożliwił uzyskanie

najlepszych parametrów jazdy, a co za tym idzie, najlepszych wyników oceny umiejętności kierowców. Średnia dla tej grupy wynosiła 4, a mediana 4,25. Dla porównania e-learning charakteryzował się średnią na poziomie 3,11, a manual 3,01. Wyniki dowodzą wysokiej skuteczności szkolenia praktycznego.

W tabelach Tabela 8.4 – Tabela 8.9 zestawiono wyniki modelu z podziałem na typ szkolenia oraz wiek osób badanych.

Tabela 8.4. Wyniki modelu dla szkolenia praktycznego – grupa wiekowa 25-39 lat

Numer badanego	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P3	30	5	3,76	6,95	2,37
P30	36	4	1,71	8,65	4,51
P36	34	5	3,25	2,95	4,01
P39	27	3	1,18	4,76	5
P40	33	3	2,86	4,04	4,07
P42	27	4	3,19	4,89	3,83
P67	27	3	1,2	4,7	5

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8.5. Wyniki modelu dla szkolenia praktycznego – grupa wiekowa 40-65 lat

Numer badanego	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P4	56	4	2,22	5,75	4,45
P9	44	5	2,27	6,94	4,42
P14	41	3	2,09	10,77	3,25
P17	65	3	2,48	15,14	2,42
P18	64	3	3,06	5,08	3,97
P24	51	3	4,13	12,83	2,41
P34	45	3	1,97	4,4	4,76
P46	59	3	1,71	5,96	4,92
P57	65	6	1,26	2,76	4,61

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8.4 i Tabela 8.5 obrazują oceny badanych, którzy odbyli szkolenie praktyczne. Wyniki wskazują, że niezależnie od wieku, ta forma szkolenia charakteryzowała się wysoką

skutecznością. Ocenę poniżej 3 uzyskała zaledwie jedna osoba z grupy wiekowej 25-39 lat oraz dwie osoby w wieku 40-65 lat.

Tabela 8.6. Wyniki modelu dla e-learningu – grupa wiekowa 25-39 lat

Numer badanego	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P6	37	8	3,5	5,5	2,99
P12	39	6	3,39	9,53	3,28
P13	35	10	2,12	3,73	2,72
P23	39	3	4,66	26,17	2,33
P28	34	3	3,59	5,02	3,98
P35	27	9	3,14	5,15	2,32
P44	35	7	3,02	5,47	3,84
P54	31	7	4,5	6,55	1,82
P56	39	4	1,8	5,41	4,88
P58	39	15	2,1	11,97	2,73

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8.7. Wyniki modelu dla e-learningu – grupa wiekowa 40-65 lat

Numer badanego	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P2	43	14	4,05	6,84	1,75
P31	65	8	3,87	4,12	2,5
P38	44	5	2,47	4,38	4,12
P48	41	3	1,66	13,86	2,96
P51	45	6	3,22	6,06	3,63
P52	40	8	2,55	9,34	3,09
P66	44	6	2,9	8,72	3,9

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8.6 oraz Tabela 8.7 obrazują oceny uzyskane po odbyciu e-learningu. Wyniki znacznie różnią się od ocen uzyskanych po szkoleniu praktycznym. Wyniki pokazują, że zarówno w jednej, jak i w drugiej grupie wiekowej około połowa badanych nie uzyskała oceny powyżej 3.

Tabela 8.8. Wyniki modelu dla krótkiego instruktazu (manual) – grupa wiekowa 25-39 lat

Numer badanego	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P5	34	4	3,94	3,98	3,89
P7	33	6	2,87	4	3,96
P11	39	6	2,73	5,46	3,98
P29	31	13	3,1	9,35	2,18
P50	37	5	2,89	9,52	3,69
P53	31	5	1,46	8,21	4,56
P55	39	7	6,15	5,9	1,66
P61	32	5	2,64	4,48	3,99
P65	27	4	1,76	4,09	4,9

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8.9. Wyniki modelu dla krótkiego instruktazu (manual) – grupa wiekowa 40-65 lat

Numer badanego	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P19	43	5	3,87	6,02	2,99
P33	47	9	3,95	4,08	2,42
P37	44	9	8,29	7,33	1,64
P45	43	6	4,57	6,81	1,9
P47	57	13	2,63	8,93	2,34
P63	46	9	4,45	12,26	1,65
P64	41	9	2,68	5,64	2,4

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8.8 i Tabela 8.9 obrazują wyniki badań dla kierowców, którzy odbyli jedynie krótki instruktaż. Interesujący jest fakt, że grupa młodych kierowców uzyskała lepsze wyniki niż w przypadku e-learningu. Zaledwie 2 osoby w tej grupy uzyskały wynik poniżej 3. Dla osób starszych (powyżej 39 roku życia) ta forma przekazania wiedzy okazała się zupełnie nieskuteczna. Żadna z osób badanych w tej grupie nie uzyskała oceny powyżej 3.

Tabela 8.10. Podsumowanie wyników dla poszczególnych grup wiekowych w zależności od otrzymanego szkolenia

grupa wiekowa	rodzaj szkolenia	średnia w grupie	odchylenie standardowe
grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	4,11	0,83
	e-learning	3,09	0,87
	manual	3,65	0,99
grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	3,91	0,92
	e-learning	3,14	0,38
	manual	2,19	0,53

Źródło: opracowanie własne

Porównanie wyników dla obu grup wiekowych obrazuje, że niezależnie od wieku najkorzystniejszą formą było szkolenie praktyczne przeprowadzone przez instruktora. Umożliwiało ono szczegółowe zapoznanie się z materiałem oraz przećwiczenie poszczególnych czynności z pomocą wykwalifikowanej osoby. Po szkoleniu praktycznym zaledwie 2 osoby z grupy młodszych kierowców otrzymały ocenę poniżej 4,0. Dla grupy osób od 40 do 65 lat, 5 z 9 osób uzyskało ocenę powyżej 4,4. Zaledwie jedna osoba otrzymała ocenę poniżej 3.

Istotnym spostrzeżeniem jest fakt, że osoby młode wykazywały lepsze wyniki po krótkim instruktażu niż po szkoleniu z użyciem narzędzia e-learningowego. Aż 6 osób z tej grupy wiekowej po e-learningu otrzymało ocenę poniżej 3, co oznacza, że ich wiedza i umiejętności były niewystarczające, podczas gdy po krótkim instruktażu były to zaledwie 2 osoby. U osób starszych występowały bardzo duże różnice pomiędzy wynikami otrzymanymi dla poszczególnego rodzaju szkolenia. Najmniej korzystną formą szkolenia dla tych osób był krótki instruktaż. Dla tej formy wyniki żadnej z badanych osób w tej grupie nie były wystarczające. Po e-learningu 3 osoby otrzymały wynik poniżej 3, z czego dla jednej z nich wynik ten wyniósł 2,96.

Dodatkowo, dokonano analizy porównawczej wyników modelu, oceny trenera oraz oceny osób badanych.

Tabela 8.11. Porównanie ocen zachowania kierowców – model, badany, trener

Numer badanego	Grupa wiekowa	Rodzaj szkolenia	Wiek	Wynik modelu	Ocena umiejętności – badany	Ocena trenera
P3	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	30	2,37	5	4
P30	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	36	4,51	5	5
P36	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	34	4,01	3	4
P39	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	27	5	5	5
P40	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	33	4,07	4	5
P42	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	27	3,83	4	5
P67	grupa wiekowa 27-39 lat	praktyczne	27	5	5	5
P4	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	56	4,45	5	4
P9	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	44	4,42	4	4
P14	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	41	3,25	4	4
P17	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	65	2,42	3	4
P18	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	64	3,97	3	5
P24	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	51	2,41	2	4
P34	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	45	4,76	5	5
P46	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	59	4,92	5	5
P57	grupa wiekowa 40-65 lat	praktyczne	65	4,61	3	3
P6	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	37	2,99	4	3
P12	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	39	3,28	5	5
P13	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	35	2,72	4	4
P23	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	39	2,33	4	2
P28	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	34	3,98	4	5
P35	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	27	2,32	1	3
P44	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	35	3,84	3	3
P54	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	31	1,82	4	3

Numer badanego	Grupa wiekowa	Rodzaj szkolenia	Wiek	Wynik modelu	Ocena umiejętności – badany	Ocena trenera
P56	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	39	4,88	4	4
P58	grupa wiekowa 27-39 lat	e-learning	39	2,73	5	1
P2	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	43	1,75	3	2
P31	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	65	2,5	4	2
P38	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	44	4,12	5	5
P48	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	41	2,96	5	4
P51	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	45	3,63	4	4
P52	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	40	3,09	3	2
P66	grupa wiekowa 40-65 lat	e-learning	44	3,9	4	4
P5	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	34	3,89	4	5
P7	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	33	3,96	4	4
P11	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	39	3,98	4	5
P29	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	31	2,18	3	3
P50	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	37	3,69	4	5
P53	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	31	4,56	4	4
P55	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	39	1,66	3	1
P61	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	32	3,99	3	4
P65	grupa wiekowa 27-39 lat	manual	27	4,9	5	5
P19	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	43	2,99	3	4
P33	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	47	2,42	3	3
P37	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	44	1,64	4	2
P45	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	43	1,9	3	2
P47	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	57	2,34	4	2
P63	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	46	1,65	2	2
P64	grupa wiekowa 40-65 lat	manual	41	2,4	2	3

Źródło: opracowanie własne

W 14 przypadkach trener przydzielił osobie badanej ocenę o więcej niż 1 wyższą niż model. Zgodnie z analizą literatury [99], wynik ten można uznać za prawidłowy. Zaledwie 3 osoby zostały ocenione przez trenera niżej niż model. W tych przypadkach trenerzy uzasadniali swoje oceny. Do najczęstszych przyczyn rozbieżności w ocenach należały:

- podwyższenie oceny ze względu na przejście kontroli we mgle lub zmniejszenie prędkości (model nie uwzględniał tego parametru),
- badany jedynie za pierwszym razem potrzebował więcej czasu na wykonanie poszczególnych czynności, a później radził sobie bardzo dobrze. Wyniki pierwszej sytuacji badawczej zawyżyły na tyle mierzone parametry, że ocena zachowania obliczona za pomocą modelu była dosyć niska,
- widoczny był duży postęp, zatem trener stwierdzał, że dzięki przećwiczeniu czynności kierowca na koniec radził sobie dobrze i nie wymagał ponownego szkolenia. Model uwzględniał wartości średnie i sumy dla wszystkich sytuacji badawczych, nie porównywał wyniku uzyskanego w ostatniej sytuacji do wyników z początku przejazdu.

Na podstawie przytoczonych wniosków można zauważyć, że ocena trenera często uwzględniała postępy dokonywane przez kierowców, a niekiedy ogólne umiejętności kierowcy.

Analizując wyniki ocen, zauważono także, że niektóre oceny wystawiane były „na wyrost” biorąc pod uwagę opis sytuacji – trener traktował uczestników dosyć łagodnie. Oceny także niejednokrotnie różniły się w zależności od osoby oceniającej. Jedni trenerzy traktowali osoby bardziej pobłażliwie od innych. Całokształt działań i zachowań kierowcy często wpływał na ocenę kierującego i chociaż ocena miała dotyczyć jedynie obsługi systemu, często odnosiła się do ogółu. Niektóre z tych ocen nie odzwierciedlały ocen cząstkowych uzyskanych przez badanego. Obrazuje to przewagę ocen obiektywnych względem subiektywnej oceny trenera. Pomimo że ocenie podlegały poszczególne aspekty jazdy, nie zawsze wydawane przez trenerów oceny wydawały się odzwierciedlać rzeczywiste umiejętności osób badanych.

Porównując oceny wystawiane przez osobę badaną do oceny modelu i oceny trenera, zauważono, że większość badanych wystawiała sobie oceny wyższe.

Aż 34 na 49 osób oceniło swoje umiejętności wyżej niż model. W 12 z tych przypadków ocena badanego była niezgodna także z oceną trenera.

9. WERYFIKACJA METODY OCENY EFEKTYWNOŚCI SZKOLEŃ KIEROWCÓW

9.1. Walidacja modelu uwzględniająca ocenę zachowania w pojedynczej sytuacji badawczej

W związku z przedstawionymi wynikami i obserwacjami, postanowiono określić wyniki modelu dla pojedynczej sytuacji badawczej i porównanie ich z oceną wystawianą przez trenera. Zgodnie z obserwacjami, trenerzy wydawali opinie na podstawie obserwowanego przez siebie postępu. Dlatego też w drugiej wersji modelu ocenie poddano parametry uzyskane w 1 i 3 sytuacji. W celu dokonania prawidłowej oceny konieczne było wprowadzenie zmian w modelu. Zmienna wejściowa *liczba_prob* w opracowanym modelu uwzględniała sumę z wszystkich sytuacji badawczych. W nowej wersji modelu konieczna była zmiana tego parametru.

Tabela 9.1. Parametry jazdy brane pod uwagę przy opracowaniu modelu dla pojedynczych sytuacji badawczych

Parametry zarejestrowane przez symulator	Opis parametru zarejestrowanego	Opis parametru wykorzystywanego w modelu
SP1_SYT_1_HC_PROBY	Ile razy (od momentu żądania włączenia systemu do żądania przejścia kontroli) kierowca włącza system w danej sytuacji badawczej	Wartość uzyskana dla pierwszej sytuacji badawczej
SP1_SYT_3_HC_PROBY	Ile razy (od momentu żądania włączenia systemu do żądania przejścia kontroli) kierowca włącza system w danej sytuacji badawczej	Wartość uzyskana dla trzeciej sytuacji badawczej
SP1_SYT_1_RtI_CR	Czas reakcji od momentu pojawienia	Wartość uzyskana dla pierwszej sytuacji badawczej

Parametry zarejestrowane przez symulator	Opis parametru zarejestrowanego	Opis parametru wykorzystywanego w modelu
SP1_SYT_3_RtI_CR	<p>się żądania przejęcia kontroli do przejęcia kontroli (w sekundach)</p> <p>Czas reakcji od momentu pojawienia się żądania przejęcia kontroli do przejęcia kontroli (w sekundach)</p>	Wartość uzyskana dla trzeciej sytuacji badawczej
SP1_SYT_1_HC_CR_TOT AL	<p>Uruchomienie Highway Chauffeur, całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach)</p> <p>uruchomienie Highway Chauffeur, całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach)</p>	Wartość uzyskana dla pierwszej sytuacji badawczej
SP1_SYT_3_HC_CR_TOT AL	<p>uruchomienie Highway Chauffeur, całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach)</p> <p>uruchomienie Highway Chauffeur, całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach)</p>	Wartość uzyskana dla trzeciej sytuacji badawczej

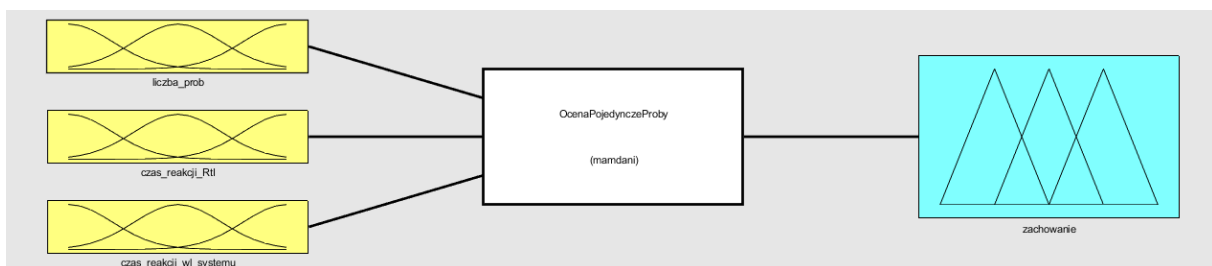
Źródło: opracowanie własne

Opracowany model ma zatem 3 wejścia, tak samo jak w przypadku modelu oceniającego wszystkie sytuacje badawcze:

- *liczba_prob* - liczba prób włączenia systemu w danej sytuacji badawczej,
- *czas_reakcji_RtI* - czas reakcji na żądanie przejęcia kontroli w danej sytuacji badawczej,
- *czas_reakcji_wl_systemu* - całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania nóg z pedałów i rąk z kierownicy (pełne oddanie kontroli) (w sekundach) w danej sytuacji badawczej.

oraz jedno wyjście: *zachowanie*, które określa ocenę zachowania kierowcy w scenariuszu.

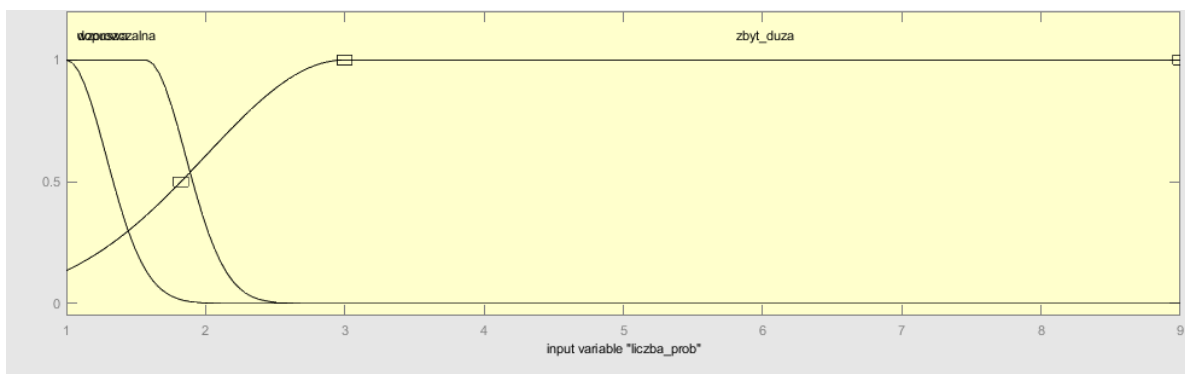
Rysunek 9.1 przedstawia widok opracowanego modelu.



Rysunek 9.1. Model kontrolera rozmytego dla pojedynczej sytuacji badawczej

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Zmian dokonano jedynie dla wejścia *liczba_prob*. Rysunek 9.2 przedstawia funkcje przynależności wejścia *liczba_prob* dla oceny pojedynczej sytuacji badawczej.



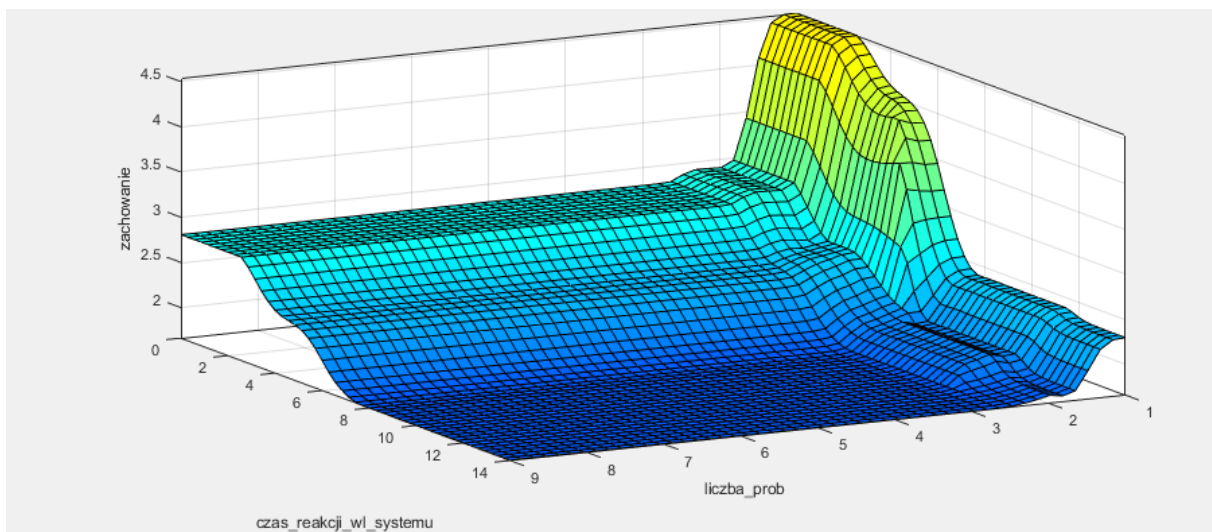
Rysunek 9.2. Funkcje przynależności wejścia *liczba_prob* dla oceny pojedynczej sytuacji badawczej

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

Podobnie jak w modelu służącym do oceny ogólnego zachowania kierowcy, w przypadku oceny pojedynczych sytuacji dla wejścia *liczba_prob* określono trzy funkcje przynależności: wzorowa, dopuszczalna i zbyt duża. Wzorowa liczba prób oznaczała, że

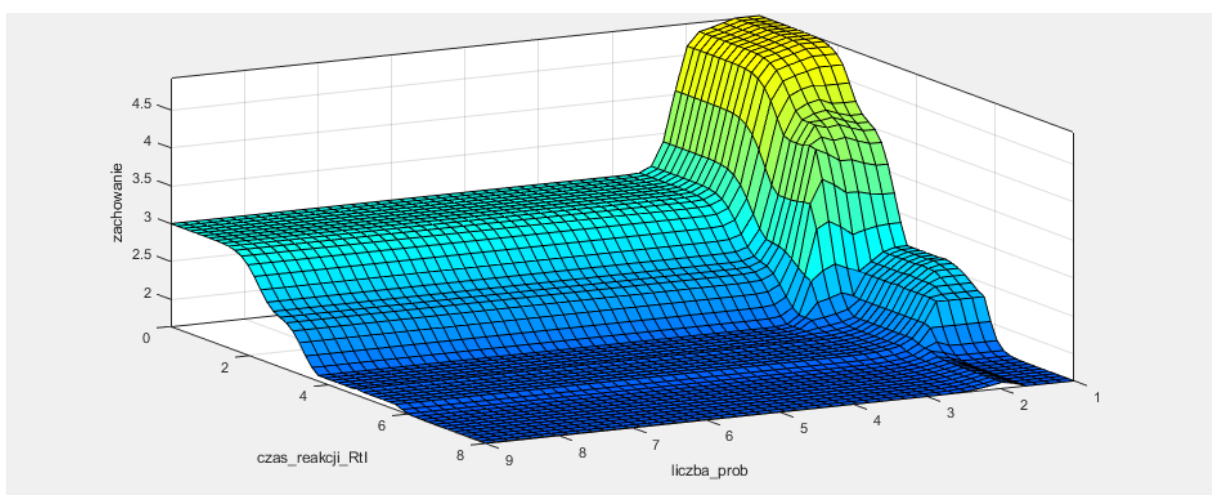
badany skutecznie włączał system w pierwszym podejściu, co świadczy o tym, że doskonale radził sobie z zadaniem. Liczba dopuszczalna oznaczała, że badany potrzebował większej liczby prób, jednak radził sobie z zadaniem. Zbyt duża liczba prób oznaczała, że badany po włączeniu systemu nie wiedział, jak się zachować i nieświadomie wyłączał system, zatem musiał go uruchamiać wielokrotnie, co stwarzało zagrożenie na drodze.

Funkcje przynależności dla pozostałych wejść nie uległy zmianom, podobnie jak wyjście. Funkcje zależności wyjścia od poszczególnych wejść sterownika przedstawia Rysunek 9.3 i Rysunek 9.4.



Rysunek 9.3. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść *czas_reakcji_wl_systemu* i *liczba_prob* (ocena dla pojedynczej sytuacji badawczej)

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer



Rysunek 9.4. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść *czas_reakcji_RtI* i *liczba_prob* (ocena dla pojedynczej sytuacji badawczej)

Źródło: opracowanie własne w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Designer

9.1.1. Struktura danych i implementacja modelu do oceny pojedynczej sytuacji badawczej

W modelu wykorzystano dane tych samych uczestników co w rozdziale 0. Zatem grupa badawcza składała się z 49 osób: po 16 osób z grupy manual i szkolenie praktyczne oraz 17 osób z grupy, która odbyła szkolenie e-learningowe. Analiza danych wykazała, że dla 35 osób ocena zachowania uzyskana w sytuacji trzeciej była wyższa lub równa ocenie uzyskanej w pierwszej sytuacji badawczej. Wśród tych osób znalazło się 21 kierowców z grupy wiekowej 25-39 lat oraz 14 osób powyżej 39 roku życia. Analizując rodzaj otrzymanego szkolenia, najmniej liczną grupę stanowiły osoby po szkoleniu praktycznym – 9 osób. Grupa osób, która podniosła swoje oceny lub ich nie zmieniła zarówno dla e-learningu, jak i krótkiego instruktażu, wynosiła po 13 osób. Dodatkowo, analizie poddano dane 14 uczestników, których ocena trenera różniła się o co najmniej 1 od oceny modelu.

9.1.2. Wyniki modelu rozmytego dla pojedynczej sytuacji badawczej

Tabela 9.2 prezentuje wyniki działania modelu dla wszystkich uczestników badań. Dane zostały uszeregowane zgodnie z kolejnością numerów osób badanych.

Tabela 9.3, Tabela 9.4 oraz Tabela 9.5 prezentują wyniki z podziałem na rodzaj otrzymanego szkolenia.

Tabela 9.2. Wyniki zbiorcze modelu dla oceny pojedynczych sytuacji badawczych

Nr osoby badanej	Rodzaj treningu	Wiek	Wynik modelu	Wynik modelu w 1 sytuacji badawczej	Wynik modelu w 3 sytuacji badawczej	Ocena trenera	Wzrost oceny modelu (różnica oceny z 1 i 3 sytuacji badawczej)	Przyrost (iloraz wyniku z 3 sytuacji badawczej do 1 sytuacji)
P2	e-learning	43	1,75	1,69	2,5	2	0,81	1,48
P5	manual	34	3,89	1,87	4,58	5	2,71	2,45
P6	e-learning	37	2,99	1,89	4,07	3	2,18	2,15
P7	manual	33	3,96	2,19	5	4	2,81	2,28
P9	praktyczne	44	4,42	2,89	4,76	4	1,87	1,65
P11	manual	39	3,98	2,54	4,76	5	2,22	1,87
P12	e-learning	39	3,28	1,64	4,31	5	2,67	2,63
P13	e-learning	35	2,72	2,64	4,72	4	2,08	1,79
P18	praktyczne	64	3,97	2,35	4,44	5	2,09	1,89
P23	e-learning	39	2,33	1,87	3,98	2	2,11	2,13
P28	e-learning	34	3,98	2,35	4,32	5	1,97	1,84
P29	manual	31	2,18	1,64	4,65	3	3,01	2,84
P30	praktyczne	36	4,51	2,81	4,92	5	2,11	1,75
P33	manual	47	2,42	1,69	4,68	3	2,99	2,77
P36	praktyczne	34	4,01	1,82	4,98	4	3,16	2,74
P37	manual	44	1,64	3,00	3,12	2	0,12	1,04
P38	e-learning	44	4,12	3,79	4,74	5	0,95	1,25

Nr osoby badanej	Rodzaj treningu	Wiek	Wynik modelu	Wynik modelu w 1 sytuacji badawczej	Wynik modelu w 3 sytuacji badawczej	Ocena trenera	Wzrost oceny modelu (różnica oceny z 1 i 3 sytuacji badawczej)	Przyrost (iloraz wyniku z 3 sytuacji badawczej do 1 sytuacji)
P39	praktyczne	27	5	4,99	5	5	0,01	1,00
P40	praktyczne	33	4,07	3,85	4,84	5	0,99	1,26
P44	e-learning	35	3,84	1,68	4,87	3	3,19	2,90
P45	manual	43	1,9	1,64	4,58	2	2,94	2,79
P46	praktyczne	59	4,92	4,92	4,96	5	0,04	1,01
P47	manual	57	2,34	2,31	2,99	2	0,68	1,29
P48	e-learning	41	2,96	2,74	3,39	4	0,65	1,24
P50	manual	37	3,69	1,76	4,13	5	2,37	2,35
P51	e-learning	45	3,63	3,86	4,28	4	0,42	1,11
P53	manual	31	4,56	4,43	4,9	4	0,47	1,11
P55	manual	39	1,66	1,65	1,65	1	0,00	1,00
P56	e-learning	39	4,88	4,28	4,98	4	0,70	1,16
P57	praktyczne	65	4,61	3,98	5	3	1,02	1,26
P58	e-learning	39	2,73	2,30	3	1	0,70	1,30
P63	manual	46	1,65	1,64	2,14	2	0,50	1,30
P65	manual	27	4,9	4,58	4,95	5	0,37	1,08
P66	e-learning	44	3,9	2,30	4,86	4	2,56	2,11
P67	praktyczne	27	5	5,00	5	5	0,00	1,00

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9.3. Wyniki dla pojedynczych sytuacji badawczych w zależności od otrzymanego szkolenia – szkolenie praktyczne

Nr osoby badanej	Rodzaj treningu	Wiek	Wynik modelu dla wszystkich sytuacji badawczych	Wynik modelu dla pierwszej sytuacji badawczej	Wynik modelu dla trzeciej sytuacji badawczej	Ocena trenera	Wzrost oceny modelu (różnica oceny dla 1 i 3 sytuacji badawczej)	Przyrost oceny (iloraz wyniku z 3 sytuacji badawczej do 1 sytuacji badawczej)	Różnica trener-ocena dla wszystkich sytuacji	Różnica trener-ocena w trzeciej sytuacji
P9	praktyczne	44	4,42	2,89	4,76	4	1,87	1,65	-0,42	-0,76
P18	praktyczne	64	3,97	2,35	4,44	5	2,09	1,89	1,03	0,56
P30	praktyczne	36	4,51	2,81	4,92	5	2,11	1,75	0,49	0,08
P36	praktyczne	34	4,01	1,82	4,98	4	3,16	2,74	-0,01	-0,98
P39	praktyczne	27	5	4,99	5	5	0,01	1,00	0	0
P40	praktyczne	33	4,07	3,85	4,84	5	0,99	1,26	0,93	0,16
P46	praktyczne	59	4,92	4,92	4,96	5	0,04	1,01	0,08	0,04
P57	praktyczne	65	4,61	3,98	5	3	1,02	1,26	-1,61	-2
P67	praktyczne	27	5	5,00	5	5	0,00	1,00	0	0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9.4. Wyniki dla pojedynczych sytuacji badawczych w zależności od otrzymanego szkolenia – e-learning

Nr osoby badanej	Rodzaj treningu	Wiek	Wynik modelu	Wynik modelu w 1 sytuacji badawczej	Wynik modelu w 3 sytuacji badawczej	Ocena trenera	Wzrost oceny modelu (różnica oceny z 1 i 3 sytuacji badawczej)	Przyrost oceny (iloraz wyniku z 3 sytuacji badawczej do 1 sytuacji badawczej)	Różnica trener- ocena dla wszystkich sytuacji badawczych	Różnica trener-ocena w trzeciej sytuacji badawczej
P2	e-learning	43	1,75	1,69	2,5	2	0,81	1,48	0,25	-0,5
P6	e-learning	37	2,99	1,89	4,07	3	2,18	2,15	0,01	-1,07
P12	e-learning	39	3,28	1,64	4,31	5	2,67	2,63	1,72	0,69
P13	e-learning	35	2,72	2,64	4,72	4	2,08	1,79	1,28	-0,72
P23	e-learning	39	2,33	1,87	3,98	2	2,11	2,13	-0,33	-1,98
P28	e-learning	34	3,98	2,35	4,32	5	1,97	1,84	1,02	0,68
P38	e-learning	44	4,12	3,79	4,74	5	0,95	1,25	0,88	0,26
P44	e-learning	35	3,84	1,68	4,87	3	3,19	2,90	-0,84	-1,87
P48	e-learning	41	2,96	2,74	3,39	4	0,65	1,24	1,04	0,61
P51	e-learning	45	3,63	3,86	4,28	4	0,42	1,11	0,37	-0,28
P56	e-learning	39	4,88	4,28	4,98	4	0,70	1,16	-0,88	-0,98
P58	e-learning	39	2,73	2,30	3	1	0,70	1,30	-1,73	-2
P66	e-learning	44	3,9	2,30	4,86	4	2,56	2,11	0,1	-0,86

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9.5. Wyniki dla pojedynczych sytuacji badawczych w zależności od otrzymanego szkolenia – manual

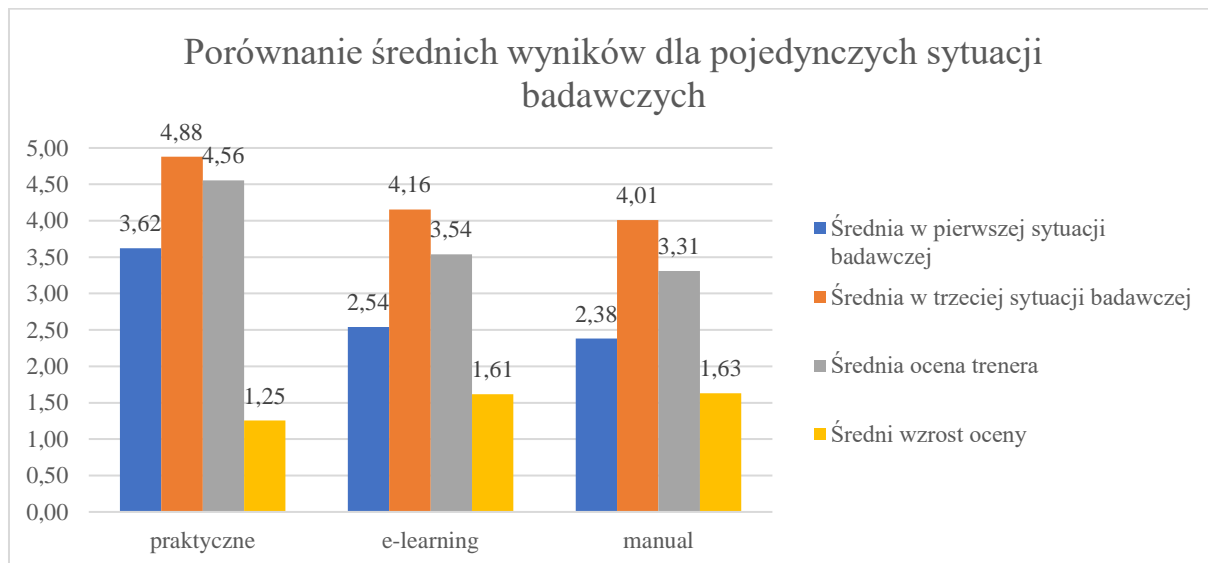
Nr osoby badanej	Rodzaj treningu	Wiek	Wynik modelu	Wynik modelu w 1 sytuacji badawczej	Wynik modelu w 3 sytuacji badawczej	Ocena trenera	Wzrost oceny modelu (różnica oceny z 1 i 3 sytuacji badawczej)	Przyrost oceny (iloraz wyniku 3 z sytuacji badawczej do sytuacji badawczej 1)	Różnica trener-ocena dla wszystkich sytuacji badawczych	Różnica trener-ocena w trzeciej sytuacji badawczej
P5	manual	34	3,89	1,87	4,58	5	2,71	2,45	1,11	0,42
P7	manual	33	3,96	2,19	5	4	2,81	2,28	0,04	-1
P11	manual	39	3,98	2,54	4,76	5	2,22	1,87	1,02	0,24
P29	manual	31	2,18	1,64	4,65	3	3,01	2,84	0,82	-1,65
P33	manual	47	2,42	1,69	4,68	3	2,99	2,77	0,58	-1,68
P37	manual	44	1,64	3,00	3,12	2	0,12	1,04	0,36	-1,12
P45	manual	43	1,9	1,64	4,58	2	2,94	2,79	0,1	-2,58
P47	manual	57	2,34	2,31	2,99	2	0,68	1,29	-0,34	-0,99
P50	manual	37	3,69	1,76	4,13	5	2,37	2,35	1,31	0,87
P53	manual	31	4,56	4,43	4,9	4	0,47	1,11	-0,56	-0,9
P55	manual	39	1,66	1,65	1,65	1	0,00	1,00	-0,66	-0,65
P63	manual	46	1,65	1,64	2,14	2	0,50	1,30	0,35	-0,14
P65	manual	27	4,9	4,58	4,95	5	0,37	1,08	0,1	0,05

Źródło: opracowanie własne

Z wyników przedstawionych w tabelach można wywnioskować, że różnice pomiędzy oceną trenera, a oceną modelu w przypadku szkolenia praktycznego w 6 na 9 przypadkach była mniejsza niż różnica dla wyniku dla wszystkich sytuacji badawczych. Dodatkowo dla dwóch osób różnica pomiędzy oceną trenera w 3 sytuacji, a modelem była mniejsza od 1, zatem należy ją uznać za prawidłową. Jedynie w przypadku badanego z nr 57 występowały znaczne różnice w ocenie modelu i trenera. Uzasadnieniem niższej oceny był następujący komentarz ze strony trenera „Za pierwszym razem Pan zapomniał zdjąć rąk z kierownicy i nóg z pedałów.” Czynniki ten miał wpływ na obniżenie oceny wystawionej przez trenera.

Dla grupy, która odbyła e-learning, dla 6 z 13 osób ocena trenera była bliższa ocenie modelu dla trzeciej sytuacji badawczej. Należy także zauważyć, że w zaledwie 3 na 13 przypadków różnica w ocenie trenera względem wyniku modelu dla trzeciej sytuacji była znacząca (wynosiła więcej niż 1). Niestety dla żadnej z tych badanych osób nie uzupełniono pola dotyczącego uwag, zatem nie ma możliwości określenia przyczyny wskazanych różnic.

Dla grupy, która przeczytała krótki instruktaż, podobnie jak w przypadku e-learningu ocena trenera była bardziej zbliżona do wyniku modelu pozyskanego dla sytuacji nr 3. Dla 4 z 13 osób ocena trenera znacznie różniła się od oceny modelu w sytuacji trzeciej. Dla wszystkich z tych osób ocena trenera była zbliżona do oceny modelu uwzględniającej wszystkie sytuacje.



Rysunek 9.5. Porównanie średnich wyników dla pojedynczych sytuacji badawczych

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 9.5 pokazuje wzrost średnich wartości uzyskanych dla poszczególnych typów szkolenia. Z rysunku wynika, że szkolenie praktyczne otrzymało najlepsze wyniki średnie zarówno dla obu badanych sytuacji badawczych, jak i oceny trenera. Najniższe oceny

zanotowano w przypadku krótkiego instruktazu. Z rysunku widać także wzrost średnich wartości oceny zachowania dla wszystkich typów szkoleń.

Przeprowadzona analiza wyników modelu dla pojedynczych sytuacji badawczych wykazała wzrost ocen dla większości osób badanych w kolejnych sytuacjach. Oceny 83% uczestników były wyższe lub takie same dla trzeciej sytuacji niż w przypadku sytuacji 1, co oznacza, że badani wraz z upływem czasu nabierali wprawy i zwiększali swoje umiejętności w obsłudze systemu. Wśród osób, u których wynik dla trzeciej sytuacji był niższy niż dla pierwszej, jedynie w 4 przypadkach różnica była większa niż 0,5. Oceniono także przyrost oceny, obliczając iloraz ocen uzyskanych w pierwszej i trzeciej sytuacji. Średni przyrost dla całej grupy wyniósł 1,74, a maksymalny aż 2,9, co świadczy o wysokiej efektywności uzyskanego szkolenia.

Tabela 9.6. Porównanie postępu dla osób, u których różnica w ocenie trenera i modelu wynosiła więcej niż jeden

Numer badanego	Wynik modelu	Wynik modelu w 3 sytuacji badawczej	Ocena trenera	Ocena trenera na podstawie postępu
P3	2,37	1,75	4	nie
P5	3,89	4,58	5	tak
P11	3,98	4,76	5	tak
P12	3,28	4,31	5	tak
P13	2,72	4,72	4	tak
P17	2,42	4,24	4	tak
P18	3,97	4,44	5	tak
P19	2,99	2,65	4	nie
P24	2,41	2,29	4	nie
P28	3,98	4,32	5	tak
P42	3,83	3,1	5	nie
P48	2,96	3,39	4	tak
P50	3,69	4,13	5	tak
P54	1,82	2,65	3	tak

Źródło: opracowanie własne

Zgodnie z wynikami przedstawionymi w Tabeli 9.6, na 14 osób, które zostały ocenione wyżej przez trenera niż przez model, aż w 10 przypadkach (71%) uzyskany przez uczestnika postęp potwierdza wystawioną przez trenera ocenę. W przypadku badanych, u których nie stwierdzono tej zależności, sprawdzono komentarze pozostawione przez trenera w arkuszu

oceny. Niestety w 3 na 4 przypadkach stwierdzono, że ocena wystawiona przez trenera jest nieadekwatna i zawyżona w stosunku do umiejętności i zachowania kierującego.

Przeprowadzona analiza dla wszystkich osób badanych nie wykazała, że oceny trenerów były bardziej zbliżone do wyniku modelu uzyskanego dla trzeciej sytuacji badawczej. Różnice w ocenie trenera były bliższe ocenie modelu dla pojedynczej sytuacji jedynie w połowie przypadków. Zatem nie można jednoznacznie stwierdzić, że ocena trenera zależała bardziej od obserwowanego postępu i zachowania uczestnika w ostatniej sytuacji badawczej niż od całokształtu zachowania. Dlatego też weryfikacja została przeprowadzona dla modelu opracowanego dla wszystkich sytuacji badawczych.

9.2. Dobór próby badawczej

W kolejnym kroku badania dokonano weryfikacji modelu dla 16osobowej grupy uczestników. Wyniki zebrano wśród osób, które wzięły udział w szkoleniach i w badaniach przeprowadzonych w Instytucie Transportu Samochodowego w kolejnej turze. Zarówno materiały szkoleniowe, jak i cała procedura badawcza, były dokładnie takie same jak w przypadku pierwszej grupy. Wśród badanych 4 osoby przeszły szkolenie praktyczne, 5 e-learning, a 6 otrzymało krótki instruktaż. Wyniki tych analiz przedstawiają Tabela 9.7, Tabela 9.8 oraz Tabela 9.9.

Tabela 9.7. Wyniki zbiorcze dla drugiej grupy badanych

Numer badanego	Rodzaj treningu	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P68	e-learning	29	5	2,2	12,01	2,68
P69	praktyczne	38	3	1,71	8,49	4,52
P70	manual	55	4	0,1	48,46	3
P71	praktyczne	32	7	4,14	8	1,72
P72	manual	30	10	6,51	6,82	1,64
P73	manual	31	5	3,47	7,75	3,06
P74	e-learning	41	7	7,33	8,62	1,65
P75	manual	30	4	6,07	11,75	1,66
P77	praktyczne	55	4	1,55	27,91	2,98
P78	e-learning	34	4	2,9	2,72	4,37
P79	praktyczne	59	3	1,28	5,1	4,99
P80	manual	45	6	4,36	3,99	2,44
P81	e-learning	54	7	2,35	7,21	4,07
P82	praktyczne	36	5	2,22	5,61	4,45
P86	e-learning	34	3	3,03	4,46	4,05
P87	manual	43	12	3,91	13,86	1,68

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9.8. Wyniki modelu dla grupy wiekowej 25-39 lat

Numer badanego	Rodzaj treningu	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P73	manual	31	5	3,47	7,75	3,06
P74	e-learning	41	7	7,33	8,62	1,65
P75	manual	30	4	6,07	11,75	1,66
P77	praktyczne	55	4	1,55	27,91	2,98
P79	praktyczne	59	3	1,28	5,1	4,99
P80	manual	45	6	4,36	3,99	2,44
P81	e-learning	54	7	2,35	7,21	4,07
P82	praktyczne	36	5	2,22	5,61	4,45
P86	e-learning	34	3	3,03	4,46	4,05
P87	manual	43	12	3,91	13,86	1,68

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9.9. Wyniki modelu dla grupy wiekowej 40-65 lat

Numer badanego	Rodzaj treningu	Wiek	liczba_prob	czas_reakcji_wl_systemu [s]	czas_reakcji_RtI [s]	Wynik modelu
P68	e-learning	29	5	2,2	12,01	2,68
P69	praktyczne	38	3	1,71	8,49	4,52
P70	manual	55	4	0,1	48,46	3
P71	praktyczne	32	7	4,14	8	1,72
P72	manual	30	10	6,51	6,82	1,64
P78	e-learning	34	4	2,9	2,72	4,37

Źródło: opracowanie własne

Dane zestawione w tabelach, podobnie jak w rozdziale 8, obrazują różnice w wynikach ze względu na rodzaj otrzymanego szkolenia. Wszystkie osoby spośród badanych, które uzyskały ocenę powyżej 4, odbyły szkolenie praktyczne lub e-learning. Maksymalną oceną uzyskaną przez osoby po krótkim instruktażu było 3. Podobnie jak w przypadku danych pozyskanych dla 49 osób, niezależnie od grupy wiekowej najskuteczniejszą formą było szkolenie praktyczne. Znaczna część osób, które przeczytały krótki instruktaż, nie była w stanie samodzielnie obsługiwać systemu. Jazda wymagała niemal ciągłego nadzoru i pomocy ze strony trenera. Poniżej przedstawiono przykładowe komentarze pozostawione przez trenerów:

- „Osoba badana nie wiedziała, że ma nie dotykać kierownicy i pedałów w trybie jazdy autonomicznej, konieczne było przypomnienie, jak się zmienia pasy i przyspiesza/zwalnia.”
- „Osoba badana nie mogła znaleźć zielonego przycisku do włączenia trybu jazdy autonomicznej. Konieczne było także przypomnienie sposobu zmiany pasa ruchu. Osoba badana nie rozumiała komunikatu o przejęciu kontroli i nie wiedziała, co ma zrobić. We mgle jechała 100 km/h i środkowym pasem.”
- „Osoba badana zapomniała o konieczności ściągania rąk z kierownicy po uruchomieniu systemu, przez co często dochodziło do niezamierzonego przejęcia kontroli. Przez większość scenariusza jechała z mniejszą prędkością niż 100 km/h. Brak przejęcia kontroli we mgle.”

Przedstawione komentarze obrazują poziom niewiedzy uczestników, którzy przeczytali jedynie krótką instrukcję. W przypadku gdyby przejazd testowy traktowany był jako egzamin, osoby te bardzo szybko zakończyłyby test z wynikiem negatywnym. Trenerom zależało jednak na zbadaniu możliwie jak największej grupy osób oraz na weryfikacji postępów.

9.3. Wnioski z weryfikacji metody

Weryfikacja metody wykazała wysoką skuteczność opracowanego modelu. Narzędzie opisane w pracy może stanowić ważny element w ocenie dokonań uczestników szkoleń z wykorzystaniem ADAS. Podobnie jak w przypadku pierwszej grupy, najlepsze efekty uzyskano dla szkolenia praktycznego. Najwięcej błędów popełniały osoby po krótkim instruktażu.

Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały, że sama ocena subiektywna może okazać się niewystarczająca. Zaletą tej formy jest natomiast możliwość obserwacji zachowania uczestnika przez trenera. Odpowiednio wykwalifikowana osoba mogłaby nakłonić uczestnika

o bardzo niskich predyspozycjach do powtórzenia szkolenia w tej samej lub innej formie, a w przypadkach skrajnych wykluczyć z udziału w eksperymencie czy w szkoleniu.

W badaniu wykazano także słabe strony oceny subiektywnej, do których należą: różnice w postrzeganiu niektórych zachowań przez różnych trenerów, tendencje do zawyżania ocen czy wpływ innych czynników na ocenę kierującego. Co więcej, każdy z trenerów może zwracać większą uwagę na inne elementy i inaczej odbierać poszczególne zachowania kierowcy, przez co porównanie wyników ocen subiektywnych jest niemiarodajne. W przypadku powszechnego wykorzystania oceny subiektywnej konieczne jest zatem jasne określenie kryteriów oceny, traktowanie wszystkich kursantów jednakowo, a także skrupulatne przeszkolenie trenerów.

Należy także zaznaczyć, iż pomimo tego, że analizowany przejazd był jazdą testową, niekiedy trenerzy pomagali, zwłaszcza osobom, które przeczytały krótką instrukcję i słabo radziły sobie z obsługą systemu. Zachowanie to wpłynęło na szybsze reakcje kierowców, co mogło poprawić ich wyniki otrzymane w modelu i spowodować rozbieżności pomiędzy oceną trenera, a oceną przyznaną przez model.

Zaprezentowana w pracy metoda obiektywna stanowi dużą wartość dodaną i mogłaby służyć jako uzupełnienie oceny subiektywnej przeprowadzonej przez wykwalifikowanego trenera.

10. PODSUMOWANIE PRACY

Celem naukowym pracy było opracowanie metody oceny efektywności szkoleń kierowców w aspekcie zwiększenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego.

W rozdziale drugim podkreślono rolę właściwego wykorzystania ADAS w zwiększaniu poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Omówiono formy szkoleń i wymaganych umiejętności, a także sposoby określania efektywności szkoleń przedstawione w literaturze. Analiza źródeł pozwoliła na wskazanie przykładów przeprowadzania obiektywnej oceny szkolenia za pomocą przetworzenia danych zebranych w trakcie ruchu. Omówiono sposoby wyznaczania liczbowych wskaźników przyrostu wiedzy czy umiejętności. Dodatkowo, przedstawiono wyniki analiz badań ankietowych, których zadaniem było określenie efektywności szkolenia i wykorzystania wiedzy zdobytej w jego trakcie. W tym przypadku przyrost wiedzy był weryfikowany za pomocą testu wypełnianego przed i po szkoleniu.

W rozdziale drugim pod uwagę wzięto nie tylko kwestie szkoleń kierowców, ale także maszynistów i pilotów samolotów. Wyszczególniono szkolenia z wykorzystaniem wysokiej klasy symulatorów jazdy i symulatorów lotu, a także omówiono ich zalety.

W rozdziale trzecim omówiono cel, tezę i zakres pracy. Wyszczególniono także sposób realizacji celu pracy.

W rozdziale czwartym opisano zagadnienia związane z automatyzacją pojazdów. Przedstawiono dwie najbardziej rozpowszechnione metody klasyfikacji pojazdów. Pierwszą z nich jest klasyfikacja opracowana przez SAE International [137]. Zgodnie z tym podziałem, można wyróżnić pojazdy o poziomach od 0 (brak automatyzacji) aż do poziomu 5, który charakteryzuje pełną automatyzację, czyli pojazd autonomiczny. Według podziału opracowanego przez NHTSA, pojazdy mogą funkcjonować od poziomu 0, który - tak samo jak w przypadku klasyfikacji SAE – oznacza brak wsparcia, do poziomu 4, który oznacza, że pojazd jest autonomiczny. W odróżnieniu do klasyfikacji SAE, NHTSA nie wyszczególnia wysokiej automatyzacji [103].

W kolejnej części rozdziału dokonano charakterystyki najbardziej powszechnych systemów wsparcia kierowcy, znajdujących się na poziomie 1 i 2 wg SAE. W sposób szczegółowy omówiono ich funkcje, stosowane czujniki, zasady działania i ograniczenia, a następnie podano ich potencjalny wpływ na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wśród tych systemów wymieniono adaptacyjny tempomat, którego zadaniem jest utrzymanie odpowiedniej prędkości i odległości od poprzedzającego pojazdu. Kolejnym z omawianych systemów było rozpoznawanie znaków drogowych, dzięki któremu na desce

rozdzielczej pojazdu wyświetlana może być np. informacja na temat aktualnego ograniczenia prędkości, co ułatwia utrzymanie odpowiedniej prędkości pojazdu. Połączeniem działania tych dwóch rozwiązań jest funkcja aktywnej regulacji prędkości. Wśród aktywnych systemów wyszczególniono także system automatycznego hamowania awaryjnego oraz asystenta utrzymania pasa ruchu. Z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego istotnym rozwiązaniem jest także monitorowanie stanu kierowcy i ostrzeganie przed prowadzeniem pojazdu w stanie zmęczenia.

W rozdziale piątym omówiono wymagania dla kandydatów na kierowców i procedury uzyskania prawa jazdy w wybranych krajach Unii Europejskiej. Dyrektywa 2006/126/WE Parlamentu Europejskiego i Rady wyznacza wspólne zasady wydawania praw jazdy i wzory dokumentów, ale także definiuje umiejętności, jakie powinni posiadać kandydaci na kierowców dla pojazdów poszczególnych kategorii. Dokument zawiera również wymagania minimalne dla fizycznej i psychicznej zdolności do kierowania pojazdami, pozostawiając tym samym pewną dowolność krajom członkowskim w zakresie szkolenia i egzaminowania. W rozdziale podkreślono także brak wymagań dotyczących umiejętności obsługi poszczególnych systemów montowanych w pojazdach. Dotyczy to zarówno systemów montowanych obligatoryjnie, jak i tych dodatkowych. Dyrektywa nie precyzuje kwestii dopuszczenia do użytkowania tego typu rozwiązań na egzaminie ani kursie na prawo jazdy. Dlatego też Państwa członkowskie mają dużą dowolność w tym zakresie. Rozdział zawiera także przykłady praktyk stosowanych w zakresie wykorzystania ADAS w trakcie kursu na prawo jazdy i procesu egzaminowania kierowców. Podano przykłady z Niderlandów oraz krajów spoza Unii Europejskiej. W rozdziale poruszono również temat kluczowy z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego – przecenianie swoich umiejętności przez kierowców. Przyniesiono szereg badań, których wyniki jasno wskazują, że większość kierowców postrzega swoje umiejętności wyżej od przeciętnego kierowcy w ich wieku. Problem ten dotyczy głównie młodych osób. Warto wspomnieć, że jest to grupa szczególnie narażona na udział w zdarzeniach drogowych. Poziom umiejętności wskazywany przez kierowców bardzo często nie odpowiadał obserwacjom ich zachowania czy ocenom wystawianym przez trenerów. Zauważono, że wyniki samooceny mogą być zależne od czynników, takich jak doświadczenie w prowadzeniu pojazdu, wiek i osobowość. Dostrzeżono także różnice w zależności od wykorzystanej skali.

W rozdziale szóstym zawarto zestawienie wyników badań poświęconych poziomowi wiedzy społeczeństwa i sposobów ich pozyskiwania, a także nastawieniu do ADAS. W pierwszej kolejności przeanalizowano raport opublikowany przez Komisję Europejską [75].

Sprawdzono m.in. jak potencjalni użytkownicy wyobrażają sobie pojazdy zautomatyzowane oraz czy w ciągu ostatnich 12 miesięcy otrzymali jakiegokolwiek informacje w tym zakresie. Pytania dotyczyły także wcześniejszych doświadczeń i poczucia komfortu przy korzystaniu z ADAS. Co ciekawe, pomimo tego że zaledwie 47% badanych miało wcześniejsze doświadczenie przynajmniej z jednym systemem wsparcia, aż 67% badanych stwierdziło, że czułoby się komfortowo, jadąc pojazdem zautomatyzowanym pod warunkiem, że w każdej chwili mogłoby przejąć kontrolę.

Wśród najważniejszych oczekiwań wobec pojazdów autonomicznych należy wymienić:

- Zmniejszenie zapotrzebowania na kierowców zawodowych (29%),
- Zmniejszenie liczby wypadków (28%),
- Zwiększenie komfortu podróży (26%),
- Zmniejszenie poziomu stresu związanego z jazdą (25%),
- Zmniejszenie przyjemności odczuwanej z jazdy (25%),
- Zmniejszenie kongestii ruchu (25%).

W kolejnej części rozdziału omówiono wyniki badań przeprowadzonych przez pracowników Instytutu Transportu Samochodowego (ITS) i Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej (WT PW) w ramach projektu AV-PL-ROAD. Składały się z one dwóch iteracji: badań ankietowych przedstawicieli branży TSL i osób prywatnych (przeprowadzonych przez WT PW) oraz badań w ruchu rzeczywistym przeprowadzonym przez ITS.

Badania wykonane przez ITS pokazały, że pomimo iż większość kierowców deklarowała, że ma wiedzę na temat działania systemów, ich obsługa sprawiała im trudność i wymagała pomocy ze strony osoby prowadzącej badanie. Wyniki ankiet nie zawsze były zgodne z rzeczywistym zachowaniem kierowców. Po przejechaniu odcinka testowego znaczna część osób badanych bardzo wysoko oceniała poziom odczuwanego komfortu i bezpieczeństwa.

W badaniach ankietowych przeprowadzonych przez WT PW osoby prywatne wykazały niewielkie doświadczenie w korzystaniu z ADAS, jednak aż 70% z nich słyszało wcześniej o pojazdach autonomicznych. Wyniki ankiety wskazują także, że pozyskanie wiedzy na temat technologii pojazdów autonomicznych oraz nabycie osobistych doświadczeń z tego typu pojazdami są kluczowe dla uzyskania rzeczywistej akceptacji społecznej. Niemal 70% uczestników badania zadeklarowało, że spełnienie tych warunków jest warunkiem koniecznym. Przedstawiciele branży TSL wskazali koszt wdrożenia technologii automatyzacji transportu jako istotną przeszkodę dla rozwoju tego obszaru.

Z kolei w badaniach przeprowadzonych przez pracowników ITS w ramach projektu Trustonomy aż 95,6% kierowników flot i 79,5% kierowców uznało, że ADAS mogą mieć pozytywny wpływ na zwiększenia poziomu BRD. Mimo to 94% ankietowanych kierowców nigdy nie odbyła szkolenia z zakresu korzystania z ADAS. Jako powód takiego stanu rzeczy uczestnicy badania wskazują głównie brak konieczności (67%) oraz brak ośrodków realizujących takie szkolenia (34%). Te same osoby swoje umiejętności obsługi systemów oceniają dosyć nisko (średnia 3,4 na 5). Osoby, które nie wzięły udziału w żadnym szkoleniu, najczęściej wskazywały metodę prób i błędów jako źródło swojej wiedzy na temat korzystania z systemów.

Mimo wyposażenia większości pojazdów flotowych w ADAS zaledwie 19,8% kierowników flot samochodowych poinformowało, że kierowcy przechodzą szkolenia z ich wykorzystania. Spośród ankietowanych aż 73%, pomimo braku szkoleń uważa, że ich wprowadzenie byłoby dobrym pomysłem, a zaledwie 7 z 91 respondentów osób nie dostrzegало takiej potrzeby.

Wyniki innych badań pokazują, że zarówno konsumenci, jak i sprzedawcy samochodów są niedostatecznie informowani o ADAS. Większość sprzedawców samochodów samodzielnie uczyła się obsługi metodą prób i błędów lub poprzez szkolenie u producenta samochodu lub pośrednika (42,9%) [14]. Użytkownicy kupujący pojazdy dostają jedynie szczątkowe informacje i zazwyczaj nie mają możliwości przetestowania sposobu działania systemów przed zakupem. W większości przeanalizowanych badań zaobserwowano ten sam niepokojący trend: użytkownicy pozbawieni możliwości odbycia instruktażu najczęściej nabywają umiejętności metodą prób i błędów w trakcie jazdy. Nie czytają instrukcji pojazdu i nie są świadomi ograniczeń systemów ani zagrożeń wynikających z niewłaściwego wykorzystania technologii. Przeprowadzona analiza pozwoliła na wskazanie braków w systemie szkoleń kierowców oraz określenie poziomu niewiedzy, a niekiedy wręcz ignorancji ze strony potencjalnych użytkowników.

W rozdziale siódmym opisano nowatorskie metody szkolenia kierowców z wykorzystaniem zaawansowanych systemów wspomagających kierowcę. Szczególną uwagę zwrócono na umiejętności, jakie kierowca powinien posiadać, aby móc bezpiecznie korzystać z tej technologii. Opisano szkolenia przeprowadzone w ramach projektu Trustonomy z wykorzystaniem dedykowanej platformy e-learningowej oraz wysokiej klasy symulatora jazdy. Efekty szkoleń były możliwe do określenia za pomocą zmiennych rejestrowanych przez symulator oraz w sposób subiektywny za pomocą ankiet. W rozdziale opisano grupę i procedurę badawczą, wykorzystane formy szkolenia oraz wyniki przeprowadzonych badań. Opracowana

metodyka składała się z sześciu modułów, a badani zostali podzieleni na 3 grupy: szkolenie praktyczne, e-learning oraz krótki instruktaż. Takie podejście umożliwiło późniejszą ocenę efektów poszczególnych typów otrzymanego szkolenia. W rozdziale opisano nie tylko wyniki analizy danych obiektywnych, ale również porównano oceny umiejętności osób badanych przyznawane przez trenera oraz samooceny uczestników badań. Zgodnie z analizą literatury przeprowadzoną w rozdziale piątym, wskazano na przecenianie swoich umiejętności przez kierowców pomimo zastosowania powszechnie stosowanej skali od 1 do 5 zamiast porównania do przeciętnego kierowcy.

W rozdziale ósmym zawarto szczegółowy opis opracowanego przez autorkę modelu rozmytego, służącego do oceny zachowania kierowcy w trakcie jazdy z systemem automatyzującym. Efektywność szkolenia rozpatrzono w kontekście oceny otrzymanej przez kierowcę w trakcie całego przejazdu testowego oraz w zakresie przyrostu umiejętności kierowcy w trakcie testu. Autorski model rozmyty został zbudowany w środowisku MATLAB za pośrednictwem narzędzia Fuzzy Logic Designer. Do jego budowy wybrano parametry zarejestrowane przez symulator wykorzystany do badań, dla których w rozdziale 7 wykazano istotne różnice statystyczne w zależności od otrzymanej formy szkolenia. Wśród wziętych pod uwagę parametrów znalazły się:

- liczba prób uruchomienia systemu,
- czas reakcji kierowcy na pojawiające się żądanie przejęcia kontroli,
- całkowity czas reakcji od komunikatu do zabrania stóp z pedałów i rąk z kierownicy.

Model posiadał zatem trzy wejścia i jedno wyjście. W rozdziale opisano funkcje przynależności i przedziały zmienności poszczególnych parametrów oraz reguły modelu rozmytego.

Rozdział ten zawiera także zestawienie wyników dla grupy badawczej. Dane przeanalizowano pod kątem rodzaju otrzymanego szkolenia, a także wieku uczestników. Maksymalną możliwą do uzyskania oceną było 5. Wyniki wykazały najwyższą skuteczność szkolenia praktycznego. Średnia dla tej grupy wynosiła 4, a mediana 4,25. Dla porównania e-learning charakteryzował się średnią na poziomie 3,11, a manual 3,01.

Wyniki zestawiono także z oceną przyznawaną przez trenera po zakończonym przejeździe.

W rozdziale dziewiątym przeprowadzono weryfikację modelu. W tym celu dokonano analizy danych dla kolejnych 15 uczestników, którzy wzięli udział w późniejszej iteracji badań. Dodatkowo, zbudowano model oceniający zachowanie kierowcy, biorąc pod uwagę osobno

wyniki z poszczególnych sytuacji. Dla większości uczestników wykazano wzrost ocen w kolejnych sytuacjach, co świadczy o postępach i nabywaniu umiejętności.

Ocena obiektywna przeprowadzona za pomocą modelu wykazała także słabe strony oceny subiektywnej. Pomimo iż w większości oceny trenerów były zgodne z ocenami przyznawanymi przez model, w wielu przypadkach ocena trenera wydawała się nieadekwatna w stosunku do komentarza, jaki widniał przy ocenie i w stosunku do rzeczywistego przebiegu szkolenia.

Chcąc znaleźć przyczyny znacznych różnic, sprawdzono uwagi pozostawiane przez trenerów w kwestionariuszach. Dzięki temu stwierdzono, że niejednokrotnie trenerzy pod uwagę brali nie tylko umiejętności w obsłudze stosowanego systemu, ale także inne kwestie. Różnice w ocenach były widoczne również w zależności od trenera. Niektórzy z nich byli bardziej wymagający, inni zbyt łagodni. Dodatkowo w przypadku kilku osób ocena wydana przez trenera była znacznie niższa od przyznanej przez model. Rozbieżności te wynikały z obserwacji, które były możliwe jedynie przez ludzkiego obserwatora.

Przedstawiona analiza wykazała wysoką skuteczność opracowanego autorskiego modelu. Oparcie oceny efektywności o dane obiektywne skutkuje wysokim dopasowaniem oceny do rzeczywistego poziomu umiejętności kierowcy. Zaletą metody jest eliminacja czynnika ludzkiego i możliwość wystawienia bardziej adekwatnych ocen opartych na rzeczywistych danych. Nawet w przypadku wprowadzenia jasnych kryteriów oceny, subiektywne odczucia zawsze będą się nieco różnić w zależności od osoby oceniającej i jej predyspozycji.

Wyniki przedstawione w pracy pokazują, jak wiele czynników ma wpływ na ocenę subiektywną. Oceny przyznawane przez trenerów często nie zależały jedynie od umiejętności obsługi systemu czy czasu reakcji na dany sygnał. Dodatkowym utrudnieniem był brak możliwości określenia dokładnej wartości czasu reakcji przez trenera niewyposażonego choćby w stoper.

Wyniki obrazują, jak ważne jest wykorzystanie odpowiednio dobranych modeli, wykorzystujących dane obiektywne. Może to wpłynąć na bardziej rzetelną ocenę uczestników szkoleń.

Wyniki i komentarze pozostawione przez trenerów pokazują jednak sytuacje, w których ocena subiektywna wydaje się być niezbędna. Mowa tu o przypadkach i sytuacjach, które może wychwycić jedynie ludzki obserwator.

Zdaniem autorki, najbardziej korzystną metodą oceny byłoby wykorzystanie połączenia metody obiektywnej, przedstawionej w pracy z weryfikacją subiektywną, przeprowadzaną

przez trenera. W ten sposób można zminimalizować ryzyko zbyt dobrej oceny uczestnika, którego np. krótki czas reakcji wynikał ze zbiegu okoliczności oraz eliminacji osób, które czują się niepewnie. Model może być stosowany zatem jako dodatkowy element usprawniający proces oceny. Należy jednak pamiętać, że w przypadku wykorzystania oceny subiektywnej, nawet przy zastosowaniu powszechnie używanej skali 1-5 należy określić dokładne kryteria oceny i zadbać o to, aby każda z ocenianych osób podlegała takim samym wymaganiom. Zastosowanie skali zawierającej szczegółowy opis zwiększy rzetelność wystawianej oceny.

Opracowana metoda oceny może mieć szerokie zastosowanie. W przypadku dobrania odpowiednich zmiennych model może posłużyć także do oceny maszynistów czy pilotów szkolonych na symulatorach lotu. Kolejnym sposobem wykorzystania metody może być ocena efektywności szkoleń w pojazdach rzeczywistych, wyposażonych w odpowiedni system akwizycji danych pomiarowych. Pozwalają one na określenie m.in. prędkości jazdy, dystansu do obiektu jadącego z przodu, czasu do kolizji, stopnia naciśnięcia pedału gazu czy hamulca. W połączeniu z danymi rejestrowanymi przez systemy śledzenia, takimi jak okulografy czy kamery monitorujące zachowanie kierowcy, możliwa byłaby kompletna i rzetelna ocena zachowania uczestnika.

W pracy postawiono i udowodniono następującą tezę: Możliwe jest opracowanie metody oceny efektywności szkoleń kierowców przy zastosowaniu logiki rozmytej z wykorzystaniem danych zarejestrowanych przez symulator jazdy, w celu oceny zwiększania wiedzy kierowców i kandydatów na kierowców z zakresu właściwego wykorzystania zaawansowanych systemów wsparcia kierowcy i systemów automatyzujących jazdę.

Dowód został oparty na efektach analiz dostępnych źródeł literaturowych przedstawionych w rozdziałach 4-6 oraz na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Rezultaty przeprowadzonych analiz wskazują, że kierowcy, którzy odbyli szkolenie praktyczne z wykorzystaniem symulatora jazdy lub mieli okazję zdobyć wiedzę z rzetelnie przygotowanych materiałów szkoleniowych umieszczonych na platformie e-learningowej, osiągnęli lepsze wyniki w porównaniu z osobami, które przeczytały jedynie skróconą instrukcję. Należy podkreślić, że w obecnym czasie ostatnia z wymienionych metod nabywania wiedzy jest najbardziej powszechna. Dodatkowo, osoby bez odpowiedniej wiedzy merytorycznej często popełniały kardynalne błędy lub wymagały stałego nadzoru i pomocy w nawet podstawowych czynnościach. Swoim nieodpowiedzialnym zachowaniem stwarzały zagrożenie dla innych uczestników ruchu. Analiza literatury wykazała brak wiedzy potencjalnych użytkowników i postawy ignorancji wobec zagrożeń, jakie niesie ze sobą wykorzystanie technologii niezgodnie z jej przeznaczeniem.

Wśród kluczowych osiągnięć rozprawy należy wyróżnić:

- opracowanie, w oparciu o wiedzę ekspercką oraz badania własne, autorskiego modelu wnioskowania rozmytego, umożliwiającego automatyczne wykonanie w krótkim czasie oceny zachowania kierującego podczas jazdy z systemem automatyzującym jazdę,
- możliwość zastosowania modelu do oceny zachowania kierującego w przypadku korzystania z innych systemów wsparcia kierowcy,
- dokonanie obiektywnej oceny umiejętności kierującego na podstawie uzyskanych parametrów ruchu,
- możliwość szczegółowej oceny parametrów kluczowych dla bezpieczeństwa ruchu drogowego, niemożliwych do oceny przez człowieka (np. dokładny czas reakcji na sygnał).

Przedstawione w pracy badania i analizy ich wyników, a także opracowana metoda oceny skuteczności szkoleń kierowcy nie wyczerpują tematyki związanej z automatyzacją jazdy i jej wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego. W zakresie propozycji kierunków dalszych badań, po odpowiednim dostosowaniu modelu należy wyróżnić:

- ocenę efektywności szkoleń z wykorzystaniem symulatorów jazdy poprzez wykorzystanie innych rejestrowanych parametrów ruchu,
- wykorzystanie nie tylko parametrów rejestrowanych przez symulator jazdy, ale także systemów akwizycji danych pomiarowych montowanych w rzeczywistych pojazdach, co umożliwi zbieranie danych w trakcie jazdy na zamkniętych obszarach lub – po wcześniejszym przygotowaniu badanego – w ruchu rzeczywistym (odległość od krawędzi pasa, prędkość pojazdu, czas do kolizji z innym pojazdem),
- przeprowadzenie badań na dużej grupie badawczej uwzględniających najbardziej rozpowszechnione systemy wsparcia kierowcy dostępne na rynku,
- ocena efektywności szkoleń pilotów czy maszynistów z wykorzystaniem symulatorów.

Należy pamiętać o tym, że wraz ze wzrostem poziomu automatyzacji zmianom ulegają zadania związane z prowadzeniem pojazdów i konieczne do tego umiejętności.

Opisywane zmiany będą stanowić wyzwanie zarówno dla użytkowników pojazdów, jak i dla jednostek szkolących kierowców i kandydatów na kierowców. Technologia wciąż nie zwalnia człowieka z odpowiedzialności, dlatego kluczowe jest, aby kandydaci na kierowców nadal zdobywali umiejętności niezbędne do bezpiecznego korzystania z dróg. Obsługa systemów będzie z kolei wymagała od nich także świadomości i znajomości technologii [6].

Podnoszenie jakości szkoleń dla kierowców powinno być celem wszystkich osób i jednostek szczerze zainteresowanych zwiększaniem poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Szkolenia dla kierowców nie mogą być ulepszone wyłącznie przez ośrodki szkoleniowe [93]. Kluczowym aspektem wydaje się więc harmonizacja działań w tym zakresie w ramach Unii Europejskiej. Koniecznym zatem jest zapewnienie, że Dyrektywa w sprawie praw jazdy będzie obowiązywać w odniesieniu do nowych technologii, a także autonomicznej i półautonomicznej jazdy. Opracowany model oceny może zostać wykorzystany do oceny efektywności opracowanych szkoleń i posłużyć jako narzędzie weryfikacyjne, a dzięki temu możliwe będzie dopracowanie materiałów szkoleniowych i wymagań jeszcze przed ich wprowadzeniem.

KOMENTARZ

W pracy wykorzystano fragmenty analiz przeprowadzonych w ramach międzynarodowego projektu „Trustonomy – Building Acceptance and Trust in Autonomous Mobility”, finansowanego przez Komisję Europejską w ramach Programu Horyzont 2020, (umowa nr 815003).

Autorka niniejszej pracy w projekcie pełniła rolę kierownika filaru szkoleń kierowców, a w pracy wykorzystano jedynie fragmenty analiz, w które była zaangażowana. Wyniki próby badawczej pozyskane w projekcie, w niniejszej dysertacji zostały przedstawione w innym ujęciu, co stanowi autorskie rozwiązanie.

Praca zawiera także fragmenty analiz przeprowadzonych w ramach projektu „AV-PL-ROAD – Polska droga do automatyzacji transportu drogowego”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu GOSPOSTRATEG (umowa nr Gospostrateg1/388495/26/NCBR/2019).

Opis działania systemu Highway Chauffeur opracowano na podstawie załącznika technicznego do raportu końcowego z realizacji projektu „aDrive – Innowacyjne technologie symulacyjne do oceny systemów automatyzujących prowadzenie pojazdów w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego”, Projekt aDrive został sfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych (umowa nr PBS3/B6/28/2015).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ackerman P. L., Beier M. E., Bowen K. R., What we really know about our abilities and our knowledge. *Personality and Individual Differences*, 33, 587-605, 2002.
- [2] Alicke M. D., Govorun O., The better-than-average effect. In Alicke M. D., Dunning D. A., Krueger J. (Eds.), *The Self in Social Judgment* (pp. 85-106). New York: Psychology Press, 2005.
- [3] Allen R.W., Park G.D., Cook, M.L., Fiorentino, D., The effect of driving simulator fidelity on training effectiveness. In: *Proceedings of the Driving Simulator Conference North America*, Iowa City, IA, 2007.
- [4] Allen R.W., Park, G.D., Cook, M.L., Simulator fidelity and validity in a transfer-of-training context. *Transp. Res. Rec.* 2185, 40-47, 2010.
- [5] Allen R.W., Rosenthal T.J., Park G., Cook M., Fiorentino D., Viire E., Experience with a low cost PC-based system for young driver training. In: Dorn L. (Ed.), *Driver Behaviour and Training*, vol. 1. Ashgate, Hampshire, UK, pp. 349-358, 2003.
- [6] Atchison L., Reducing Casualties Involving Young Drivers And Riders In Europe, European Transport Safety Council, 38-46, 2016, https://etsc.eu/wp-content/uploads/2017_01_26_young_drivers_report.pdf.
- [7] Baas P. H., Charlton S. G., Bastin, G. T., Survey of New Zealand truck driver fatigue and fitness for duty. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 3(4), 185-193, 2000.
- [8] Balk S., Bertola D., Inman V., Simulator Sickness Questionnaire: Twenty Years Later, *Driving Assessment Conference 7*, 257-263, 2013, doi: <https://doi.org/10.17077/drivingassessment.1498>.
- [9] Barrett G.V., Thornton C.L., Relationship between perceptual style and simulator sickness. *J Appl Psychol.* 1968 Aug;52(4):304-8. doi: 10.1037/h0026013. PMID: 5665557.
- [10] Bay, O., Abi research forecasts 8 million vehicles to ship with sae level 3, 4 and 5 autonomous technology in 2025, 2021.

- [11] Beggiato M., Krems J.F., The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 18, 2013, Pages 47-57, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.12.006>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847813000028>.
- [12] Beggiato M., Pereira M., Petzoldt T., Krems J., Learning and development of trust, acceptance and the mental model of ACC. A longitudinal on-road study, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 35, 2015, Pages 75-84, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.10.005>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847815001564>.
- [13] Beusen B., Broekx S., Denys T., Degraeuwe B., Gijssbers M., Scheepers K., Govaerts L., Torfs R., Panis L.I., Using on-board logging devices to study the long-term impact of an eco-driving course. *Transportation Research Part D*, 14 (2009) 514-520, 2009
- [14] Boelhouwer A., van den Beukel A.P., van der Voort M.C., Hottentot C., de Wit R.Q., Martens M.H, How are car buyers and car sellers currently informed about ADAS? An investigation among drivers and car sellers in the Netherlands *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 4(1):100103, DOI: 10.1016/j.trip.2020.100103.
- [15] Borucka A., Kozłowski E., Oleszczuk P., Świdorski A.: Predictive analysis of the impact of the time of day on road accidents in Poland. *Open Engineering*, 11, 11, 2021.
- [16] Brandtner, A., Liebherr, M., Schweig, S., Maas, N., Schramm, D., Brand, M. Subjectively estimated vs. objectively measured adaptation to driving simulators – Effects of age, driving experience, and previous simulator adaptation. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 64, 440-446, 2019.
- [17] Buckley L., Kaye S.A., Pradhan A.K., Psychosocial factors associated with intended use of automated vehicles: a simulated driving study. *Accid. Anal. Prev.* 115, 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.021>, 2018.
- [18] Chikaraishi M., Khan D., Yasuda B., Fujiwara A., Risk perception and social acceptability of autonomous vehicles: A case study in Hiroshima, Japan, *Transport Policy*, Volume 98, 2020, Pages 105-115, ISSN 0967-070X, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.05.014>.

- [19] Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2020.
- [20] Choromański W., Grabarek I., Spirzewska A., Systemy Human Machine Interface (HMI) dedykowane samochodom poziomów L2/L3, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 115, Warszawa 2017.
- [21] Coughlin, J.F., D'Ambrosio, L.A., Aging America and Transportation: Personal Choices and Public Policy. New York: Springer Publishing Company, 2012.
- [22] Davis, F. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology“. MIS Quarterly, 13 (3). 318-40, 1989.
- [23] de Winter J., Dodou D., Mulder M., Training Effectiveness of Whole Body Flight Simulator Motion: A Comprehensive Meta-Analysis, International Journal of Aviation Psychology 22(2):164-183, DOI: 10.1080/10508414.2012.663247.
- [24] de Winter J.C.F., Wieringa P.A., Kuipers J., Mulder J.A., Mulder M., Violations and errors during simulator-based driver training. Ergonomics 50, 138-158, 2007.
- [25] de Winter, J.C.F., de Groot, S., Mulder, M., Wieringa, P.A., Dankelman, J., Mulder, J.A., Relationships between driving simulator performance and driving test results. Ergonomics 52, 137-153, 2009
- [26] Deliverable D3.1 Saint R., Orfila O., Gruyer D., Rodak A., Pędzierska m., Kruszewski M., Lybeck A., Zmitrowicz M., Jarzyńska K., Chelchowski Ł., Iwan T., Patkowski B., Delucchi S., Massa M., Napoletani L., Budziszewski P., Niezgoda M., Moustakas K., Risvas K., Preliminary Design Specifications V1.7, July 13 th 2020, Trustonomy project, materiały wewnętrzne konsorcjum.
- [27] Deliverable D5.3 Kyytinen A., Ronkainen j., Jamson S., Rodak A., Pędzierska M., Orfila O., Saint R., Barisone A., Preliminary Trials Analysis V1.0, July 30 th 2021, Trustonomy project, materiały wewnętrzne konsorcjum.
- [28] Dyrektywa 2003/59/WE 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. Dziennik Urzędowy UE. I. 226/4. 10.9.2003

- [29] Dyrektywa 2006/126/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 2006 r. w sprawie praw jazdy (przekształcenie) (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz.U. L 403 z 30.12.2006, s. 18), Dostęp online 22.03.2022, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006L0126-20150515from=HU>.
- [30] EU Road Safety Policy Framework 2021-2030 Next steps towards 'Vision Zero' European Commission ISBN 978-92-76-13219-6 doi:10.2832/391271.
- [31] European Road Safety Observatory Road safety targets Monitoring report 2021, Reporting period 2010-2020 https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/data-and-analysis/annual-statistical-report_en.
- [32] Falkmer T., Gregersen N.P., The TRAINER Project: The evaluation of a new simulator-based driver training methodology. In: Dorn, L. (Ed.), Driver Behaviour and Training, vol. 1. Ashgate, Hampshire, UK, pp. 317-330, 2003.
- [33] Felton R., The Man Who Tested The First Driverless Car in 1925 Had A Bizarre Feud With Harry Houdini, The Man Who Tested The First Driverless Car In 1925 Had A Bizarre Feud With Harry Houdini (jalopnik.com), 2017.
- [34] Finn P., Bragg B. W. E. , Perception of the risk of an accident by young and older drivers. Accident Analysis and Prevention, 18, 289-298, 1986.
- [35] Freund B, Colgrove LA, Burke BL, McLoad R, Self-rated performance among elderly drivers referred for driving evaluation. Accid Anal Prev 37:613-618, 2005.
- [36] Fuzy logic toolbox, User Guide, <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/fuzzy-inference-process.html> (dostęp 17.04.2023).
- [37] Fuzy logic toolbox, User Guide, <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html> (dostęp 17.04.2023).
- [38] Gander P.H., Marshall N.S., Bolger W., Girling I., An evaluation of driver training as a fatigue countermeasure, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 8, Issue 1, 2005, Pages 47-58, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.01.001>.
- [39] Ghazizadeh M., Peng Y., Lee J. D. Boyle L. Augmenting the Technology Acceptance Model with Trust: Commercial Drivers' Attitudes towards Monitoring and Feedback. In:

Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2012 Annual Meeting 2012. 2286-2290, 2012.

- [40] Gietelink O., Ploeg J., De Schutter B., Verhaegen M., Development of advanced driver assistance systems with vehicle hardware-in-the-loop simulations, *Vehicle System Dynamics*, vol. 44, no. 7, pp. 569-590, 2006.
- [41] Gkartzonikas C., Gkritza K., What have we learned? A review of stated preference and choice studies on autonomous vehicles. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 98, 323-337. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.12.003>, 2019.
- [42] Goszcynska M., Roslan A., Self-evaluation of drivers' skill: A cross-cultural comparison. *Accident Analysis and Prevention*, 21(3), 217-224, 1989.
- [43] Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Bęczkowska S., Zysk Z., Raport z badania społecznego nt. świadomości, dostępności i wiedzy o pojazdach CAD w Polsce, raport z zadania 4 projektu AV-PL-ROAD, materiały własne konsorcjum Warszawa 2021.
- [44] Greening L., Chandler C. C., Why it can't happen to me: The base rate matters, but overestimating skill leads to underestimating risk. *Journal of Applied Social Psychology*, 27, 760-780, 1997.
- [45] Groeger J. A., Brown, I. D., Assessing one's own and others' driving ability: Influences of sex, age and experience. *Accident Analysis and Prevention*, 21(2), 155-168, 1989.
- [46] Groeger J. A., *Understanding Driving: Applying cognitive psychology to a complex everyday task*. Philadelphia: Taylor Francis Inc, 2001.
- [47] *Guidelines for Testing Drivers in Vehicles with Advanced Driver Assistance Systems*, American Association of Motor Vehicle Administrators 2019, Dostęp online: <https://www.aamva.org/getmedia/d67c7501-df04-4c7d-b454-5b59d0de0889/Guidelines-for-Testing-Drivers-in-Vehicles-with-ADAS.pdf>.
- [48] Harre' N., Foster S., O'Neill M., Self-enhancement, crash-risk optimism and the impact of safety advertisements on young drivers. *British Journal of Psychology*, 96, 215-230, 2005.
- [49] Hatakka M., Keskinen E., Gregersen N. P., Glad A., Hernetkoski, K., From control of the vehicle to personal self-control; broadening the perspectives to driver education. *Transportation research part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 201-215, 2002.

- [50] Haveit: Highly automated vehicles for intelligent transport;7th Framework programme ICT-2007.6.1, ICT for intelligent vehicles and mobility services, Grant agreement no.: 212154 - Final report 2007.
- [51] Holland CA., Self-bias in older drivers' judgments of accident likelihood. *Accid Anal Prev* 25:431–441,1993.
- [52] Horswill M. S., Waylen A. E., Tofield M. I., Drivers' ratings of different components of their own driving skill: A greater illusion of superiority for skills that relate to accident involvement. *Journal of Applied Social Psychology*, 34(1), 177-195, 2004.
- [53] How safe is walking and cycling in Europe? European Transport Safety Council, PIN Flash Report 38 January 2020, Dostęp online: <https://etsc.eu/how-safe-is-walking-and-cycling-in-europe-pin-flash-38/>.
- [54] https://m6.pk.edu.pl/materialy/mp/MP_06_logika_rozmyta.pdf (dostęp: 3.04.2023).
- [55] Instrukcja obsługi Ford Puma (2020). Wersja elektroniczna. Dostępna pod adresem: https://www.fordservicecontent.com/Ford_Content/vdirsnet/OwnerManual/Home/Index?Variantid=7589languageCode=PLcountryCode=POLmarketCode=WDbookcode=O174784VIN=userMarket=POLdiv=f (dostęp 05.10.2020 r.).
- [56] Instrukcja obsługi Kia Ceed (2019). Dostępna pod adresem: [https://www.dropbox.com/s/tmhi9fy5m58a113/Instrukcja Obs%C5%82ugi Kia Ceed CD MY 2019.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/tmhi9fy5m58a113/Instrukcja%20Obs%C5%82ugi%20Kia%20Ceed%20CD%20MY%202019.pdf?dl=0) (dostęp 05.10.2020 r.).
- [57] Instrukcja obsługi Renault Clio (2020). Dostępna pod adresem: https://pl.e-guide.renault.com/sites/default/files/pdfs/plk/BJA/CLIO-1292-3_PLK.pdf (dostęp 05.10.2020 r.).
- [58] Instrukcja obsługi Seat Leon (2020). Dostępna pod adresem: https://www.seat.pl/datamanual-manual/leon/my21_w30/pl-pl/LEON_07_20_PL.pdf (dostęp 05.10.2020 r.).
- [59] Instrukcja obsługi Skoda Octavia (2020). Dostępna pod adresem: https://ws.skoda-auto.com/OwnersManualService/Data/pl/Octavia_NX/01-2020/Manual/Octavia/A8_Octavia_OwnersManual.pdf?_ga=2.23496570.1186492317.1593682903-d6cda423-51d8-42be-b536-b14080b197d4 (dostęp 05.10.2020 r.).

- [60] Instrukcja obsługi Toyota Corolla (2020). Dostępna pod adresem: <https://d24bc9lyrt5en5.cloudfront.net/Customer-Portal-Admin/emanuals/TOYOTA/OM12N30PL.pdf> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [61] Instrukcja obsługi Volkswagen Golf (2020). Wersja elektroniczna. Dostępna pod adresem: https://userguide.volkswagen.de/w/pl_PL/welcome/7a7700201e9ba6ac0adf02e723d7922a_1_pl_PL?ct=7a7700201e9ba6ac0adf02e723d7922a_1_pl_PL (dostęp 05.10.2020 r.).
- [62] Jenn U., The Road to Driverless Cars: 1925-2025, The Road to Driverless Cars: 1925 - 2025 | Engineering.com, 2016
- [63] Jenness J. W., Lerner N. D., Mazor S., Osberg J. S., Tefft, B. C., Use of advanced in-vehicle technology By Young and Older Early Adopters, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2008.
- [64] Jurecki R.S., Badania czasu reakcji młodych kierowców w różnych warunkach pracy realizowane w symulatorze jazdy. Logistyka (Logistyka nauka). 6. 5003-5014, 2014
- [65] Jurecki R.S., Jaśkiewicz M., symulator jazdy samochodem jako stanowisko dydaktyczne używane do poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym i nauki ekologicznej jazdy, General and Professional Education, 4/2015 pp. 3-13, ISSN 2084-1469
- [66] Kamińska J, Chalfen M. Wskaźnikowe ujęcie przyrostu umiejętności kierowcy. TTS Technika Transportu Szynowego. 2013;(10):675-681, CD.
- [67] Kamińska J., Bubnowska V., Ocena wpływu szkolenia doskonalącego technikę jazdy na umiejętności kierowania samochodem osobowym. Technika Transportu Szynowego 9/2012 1043-1053, 2012
- [68] Kamiński T., Niezgoda M., Niedzicka A., Vetulani A., Gąsiorek K, Razin P., Kruszewski M., Matysiak A., Dziewoński T., Mirosław M., Jastrzębski D., Golon K., Kopyt A., Papis M., Konarzewski K., Pędzisz M., Zamecznik G., Projekt aDrive – PBS3/B6/28/2015 Innowacyjne technologie symulacyjne do oceny systemów automatyzujących prowadzenie pojazdów w aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego, Załącznik techniczny do raportu końcowego z realizacji projektu, Implementacja w symulatorze: Anna Niedzicka.

- [69] Kantak, S. S., Winstein, C. J., "Learning-performance distinction and memory processes for motor skills: A focused review and perspective," *Behavioural Brain Research*, Vol. 228, 2012, pp. 219-231, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.11.028>.
- [70] Kaye S.A, Nandavar S., Yasmin S., Lewis I., Oviedo-Trespalacios O., Consumer knowledge and acceptance of advanced driver assistance systems, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 90, 2022, pp. 300-311, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.09.004>.
- [71] Kennedy R.S., Fowlkes J.E., Berbaum K.S., Lilienthal M.G., Use of a motion sickness history questionnaire for prediction of simulator sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 1992 Jul;63(7):588-593. PMID: 1616434.
- [72] 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*, 3:3, 203-220, DOI: 10.1207/s15327108ijap0303_3, 1993.
- [73] Keskinen, E., The GDE-Matrix and the Test. In Fougère, J.P. (Chair), Integrating the GDE-matrix into Category B Training and the Test. Symposium conducted at the CIECA (International Commission for Driver Testing Authorities) Workshop of the New Concept Practical Driving Test, Munich, Germany 2007.
- [74] Keszey, T., Behavioural intention to use autonomous vehicles: Systematic review and empirical extension. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 119, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102732>.
- [75] Komisja Europejska, Eurobarometer 496. Expectations and concerns of connected and automated driving, April 2020. Doi:10.2760/494496, Dostęp online <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2231>.
- [76] Koustanai, A.; Cavallo, V.; Delhomme, P. (2012). Simulator training with a forward collision warning system: Effects on driver-system interactions and driver trust. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Oct 2012; vol. 54 (5), 709-21.
- [77] Kruszewski M., Razin P., Niezgoda M., Smoczyńska E., Kamiński T., Analiza efektów oddziaływania symulatora na powstawanie choroby symulatorowej w badaniach kierowców, *Systemy Logistyczne Wojsk* nr 44/2016.

- [78] Lajunen T., Corry A., Summala H., Hartley L., Cross-cultural differences in drivers' self-assessments of their perceptual-motor and safety skills: Australian and Finns. *Person Individ Diff* 24:539-550, 1998.
- [79] Lajunen T., Corry A., Summala H., Hartley L., Impression management and self-deception in traffic behaviour inventories. *Personality and Individual Differences*, 22(3), 341-353, 1997.
- [80] Lajunen, T., Summala, H., Driving experience, personality, and skill and safety motive dimensions in drivers' self-assessments. *Personality and Individual Differences*, 19(3), 307-318, 1995.
- [81] Lee, J., Lee, D., Park, Y., Lee, S., Ha, T., Autonomous vehicles can be shared, but a feeling of ownership is important: Examination of the influential factors for intention to use autonomous vehicles. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 107, 411-422, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.08.020>.
- [82] Li G., Hamilton I., Morrisroe G., Clarke T., Driver detection and recognition of lineside signals and signs at different approach speeds. *Cogn Technol Work* 8:30-40, 2006.
- [83] Liljamo T., Liimatainen H., Pöllänen M., Attitudes and concerns on automated vehicles, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 59, Part A, 2018, Pages 24-44, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.08.010>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847818303292>).
- [84] Lozia Z. *Symulatory jazdy samochodem*, WKŁ Warszawa 2008, ISBN: 978-83-206-1663-7
- [85] Lozia Z., Cup A., Mitraszewska I., Piętka, T. Więckowski D., Wymagania minimalne dla symulatorów wysokiej klasy stosowanych w szkoleniu kierowców, *logistyka* 1/2013
- [86] Lozia Z., Praktyczne zastosowania symulatorów jazdy samochodem, *Advances in Science and Technology Research Journal*, Society of Polish Mechanical Engineers and Technicians (SIMP), vol. 6, 2012, s. 148-156
- [87] Lozia Z., *Symulatory jazdy samochodem w szkoleniu kierowców*, *Autobusy* 5/2011, pp. 282-288
- [88] Lubkowski S. D., Lewis B.A., Gawron V. J., Gaydos T. L., Campbell K. C., Kirkpatrick S. A., Reagan I. J., Cicchino J.B., Driver trust in and training for advanced driver

- assistance systems in Real-World driving, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 81, 2021, Pages 540-556, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.07.003>.
- [89] Madigan, R., Louw, T., Wilbrink, M., Schieben, A., Merat, N., What influences the decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public acceptance of automated road transport systems. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 50, 55-64, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.07.007>.
- [90] Matthews, M. L., Moran, A. R., Age differences in male drivers' perception of accident risk: The role of perceived driving ability. *Accident Analysis and Prevention*, 18, 299-314, 1986.
- [91] Mayhew D. R., Simpson H.M., The role of driving experience: implications for the training and licensing of new drivers. Toronto, Ontario: Insurance Bureau of Canada, 1995.
- [92] Mayhew D.R., Simpson H.M., Effectiveness and role of driver education and training in a graduated licensing system. Ottawa, Ontario: Traffic Injury Research Foundation, 1996.
- [93] Mayhew D.R., Simpson H.M., The safety value of driver education and training, *Injury Prevention* 2002;8(Suppl II):ii3-ii8, https://injuryprevention.bmj.com/content/injuryprev/8/suppl_2/ii3.full.pdf.
- [94] McCormick IA, Walkey FH, Green DE, Comparative perceptions of driver ability—a confirmation and expansion. *Accid Anal Prev* 18:205-208, 1986
- [95] McKenna F. P., It won't happen to me: Unrealistic optimism or illusion of control? *British Journal of Psychology*, 84, 39-50, 1993.
- [96] McKenna F. P., Stanier R. A., Lewis C., Factors underlying illusory self-assessment of driving skill in males and females. *Accident Analysis and Prevention*, 23(1), 45-52, 1991.
- [97] Meyer J., Personal Vehicle Transportation, pp. 253-281 in *Technology for Adaptive Aging*, edited by Richard Pew and Susan Van Hemel. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2004.
- [98] Michigan Department Of Transportation and The Center for Automotive Research, *Impact Of Automated Vehicle Technologies on Driver Skills*, report, June 2016.

- [99] Mynttinen S., Sundström A., Koivukoski M., Hakuli K., Keskinen E., Henriksson W., Are novice drivers overconfident? A comparison of self-assessed and examiner-assessed driver competences in a Finnish and a Swedish sample. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(1), 120–130, 2009.
- [100] Mynttinen S., Sundström A., Vissers J., Koivukoski M., Hakuli K., Keskinen E., Self-assessed driver competence among novice drivers – a comparison of driving test candidate assessments and examiner assessments in a Dutch and Finnish sample, *Journal of Safety Research*, Volume 40, Issue 4, 2009, Pages 301-309, ISSN 0022-4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.04.006>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437509000747>.
- [101] National Highway Traffic Safety Administration. *Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0*. U.S. Department of Transportation, 2018
- [102] Nordhoff S., de Winter J., Madigan R., Merat N., van Arem B., Happee R., User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: a questionnaire study. *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour* 58, 843-854. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.024>.
- [103] NHTSA U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development – Provides guidance to states permitting testing of emerging vehicle technology, Press Release, May 2013.
- [104] Nurliyana C., Lestari Y.D., Prasetio E. A., Belgiawan P.F., Exploring drivers' interest in different levels of autonomous vehicles: Insights from Java Island, Indonesia, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 19, 2023, 100820, ISSN 2590-1982, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100820>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590198223000672>.
- [105] O'Neill, T. R., Krueger, G. P., Van Hemel, S. B., McGowan, A. L., Rogers, W. C., Effects of cargo loading and unloading on truck driver alertness. *Transportation Research Record*, 1686(99-0789), 42-48, 1999.
- [106] Oficjalna strona producenta: <https://www.dacia.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [107] Oficjalna strona producenta: <https://www.ford.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [108] Oficjalna strona producenta: <https://www.hyundai.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).

- [109] Oficjalna strona producenta: <https://www.kia.com/pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [110] Oficjalna strona producenta: <https://www.nissan.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [111] Oficjalna strona producenta: <https://www.opel.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [112] Oficjalna strona producenta: <https://www.renault.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [113] Oficjalna strona producenta: <https://www.skoda-auto.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [114] Oficjalna strona producenta: <https://www.toyota.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [115] Oficjalna strona producenta: <https://www.volkswagen.pl/> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [116] Oficjalna strona producenta: <https://www.volvocars.com/pl> (dostęp 05.10.2020 r.).
- [117] Oficjalna strona projektu aDrive <http://adrive.its.waw.pl/> (dostęp 09.02.2023 r.)
- [118] Oficjalna strona projektu AV-PL-ROAD https://www.its.waw.pl/11124,pl,av_pl_road.html (dostęp 6.02.2023).
- [119] Oficjalna strona projektu Trustonomy <https://h2020-trustonomy.eu/>, (dostęp 7.02.2023).
- [120] Oficjalna strona Światowej Organizacji zdrowia https://www.who.int/gho/road_safety/en/ (dostęp 25.11.2022 r.)
- [121] Patomella A.H., Kottorp A., Tham K., Awareness of driving disability in people with stroke tested in a simulator. *Scand J Occup Ther* 15:184-192, 2008
- [122] Pędzierska M., Kruszewski M., Ucińska M., Odachowska E., Niedzicka A., Vetulani-Rzewuski A., Socha K., Gąsiorek K., Pawlak P., Badania wybranych systemów wspomagania jazdy w krajowych warunkach ruchu drogowego, raport z zadania 1 projektu AV-PL-ROAD, materiały własne konsorcjum.
- [123] Pędzierska, M., Kruszewski, M., Gąsiorek, K., Matysiak, A., Differences in 2D and 3D Simulation's Impact on the Simulation Sickness. In: Siergiejczyk, M., Krzykowska, K. (eds) *Research Methods and Solutions to Current Transport Problems. ISCT21 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1032. Springer, Cham, 2020, https://doi.org/10.1007/978-3-030-27687-4_34.
- [124] Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1999 r.

- [125] Pool D. M., Harder G. A., Van Paassen M., M., Effects of Simulator Motion Feedback on Training of Skill-Based Control Behavior, *Journal of Guidance, Control, and Dynamics* 2016, 39(4):1-13, pp 889-902 DOI: 10.2514/1.G001603.
- [126] Rahman M., Lesch M. F., Horrey M. J., Strawderman L., Assessing the utility of TAM, TPB, and UTAUT for advanced driver assistance systems. *Accident Analysis Prevention*, 108, 361-373, 2017.
- [127] Rebenitsch L., Owen C., Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, 20(2), 101-125, 2016.
- [128] Revision of Directive 2006/126/EC on driving licences, EPRS | European Parliamentary Research Service Author: Nora Hahnkamper-Vandenbulcke Ex-Post Evaluation Unit PE 740.224 – March 2023.
- [129] Roach G.D., Dorrian J., Fletcher A., Dawson D., Comparing the effects of fatigue and alcohol consumption on locomotive engineer's performance in a rail simulator. *J Human Ergol* 30:125-130, 2001.
- [130] Robertson E. M., Pascual-Leone A., Press D. Z., Awareness Modifies the Skill-Learning Benefits of Sleep, *Current Biology*, Vol. 14, Feb. 2004, pp. 208-212, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2004.01.027>.
- [131] Rodak A., Pełka M., Driver training challenges, barriers and needs arising from ADAS development, *Archives of Transport*, 67(3), 21-34, 10.5604/01.3001.0053.7074,
- [132] Ronen A., Yair N., The adaptation period to a driving simulator. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 18, 94-106, 2013.
- [133] Ross T.J., *Fuzzy logic with engineering applications*, University, USA: Ltd, 2005.
- [134] Ross, J. A. The reliability, validity, and utility of self-assessment. *Practical Assessment, Research Evaluation*, 11(10), 1–13, 2006
- [135] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/2144 z dnia 27 listopada 2019 r. w sprawie wymogów dotyczących homologacji typu pojazdów silnikowych i ich przyczep oraz układów, komponentów i oddzielnych zespołów technicznych przeznaczonych do tych pojazdów, w odniesieniu do ich ogólnego bezpieczeństwa oraz ochrony osób znajdujących się w pojeździe i niechronionych uczestników ruchu drogowego, 16.12.2019, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 325/9, <https://eur->

- lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2144 from=PL (dostęp 22.02.2023).
- [136] Rutkowska D., Pilinski M., Rutkowski L., Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, WN PWN, 1997, rozdział 3.
- [137] SAE International, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ (dostęp 22.02.2022).
- [138] Sahami S., Jenkins J., Sayed T., Methodology to Analyze Adaptation in Driving Simulators. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2138(1), 94-101, 2009
- [139] Schneble C.O., Shaw D.M., Driver's views on driverless vehicles: Public perspectives on defining and using autonomous cars. *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.* 11, 100446, 2021, <https://doi.org/10.1016/J.TRIP.2021.100446>.
- [140] Simmons-Boardman Publishing Corporation, Simulating can be stimulating: virtual reality is the next best thing to putting a trainee train driver on the track. *Int Railway J* 44:41-43, 2004.
- [141] Simpson H. M., Summary of key findings: research and information needs, program and policy priorities. In: Simpson H., ed. *New to the road: reducing the risks for young motorists*, Proceedings of the First Annual International Symposium of the Youth Enhancement Service, June 8-11, 1995. Los Angeles, CA: Youth Enhancement Service, Brain Information Service, UCLA, 1996:1-17.
- [142] Sivak M., Soler J., Tränkle U., Cross-cultural differences in driver self-assessment. *Accident Analysis and Prevention*, 1989, 21(4), 371-375.
- [143] Soames Job R. F., The application of learning theory to driving confidence: The effect of age and the impact of random breath testing. *Accident Analysis and Prevention*, 1990, 22(2), 97-107.
- [144] Sommer S., Nowoczesne systemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych, *Logistyka* 3/2015, str. 4552-4556 <https://www.czasopismologistyka.pl/artykulynaukowe/send/333-artykuly-na-plycie-cd-1/8055-sommer-nowoczesne-systemy>.

- [145] Son J., Park M., Park B. B., The effect of age, gender and roadway environment on acceptance and effectiveness of advanced driver assistance systems. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2015, 31, 12-24.
- [146] Svenson O., Are we all less risky and more skillful than our fellow driver? *Acta Psychologica*, 1981, 47, 143-148.
- [147] Svenson O., Risks of road transportation in a psychological perspective, 1978, *Accid Anal Prev* 10:267-280.
- [148] Światała M., Wolny R., Urbanek A., Wawro A., Badanie opinii publicznej dotyczące poziomu świadomości społecznej w obszarze pojazdów zautomatyzowanych i autonomicznych (connected and automated vehicles – CAV) oraz identyfikacji oczekiwań społecznych w tym zakresie RAPORT KOŃCOWY, materiały własne konsorcjum projektu AV-PL-ROAD, Warszawa 2021.
- [149] Tichon J.G., The use of expert knowledge in the development of simulations for train driver training. *Cogn Tech Work* 9, 177-187 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10111-006-0048-6>.
- [150] Trübswetter N., Bengler K., Why Should I Use ADAS? Advanced Driver Assistance Systems and the Elderly: Knowledge, Experience and Usage Barriers, <https://core.ac.uk/download/pdf/129644016.pdf>.
- [151] Tsapi A., Introducing Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) into drivers' training and testing: The young learner drivers' perspective [MSc thesis Delft University of Technology], 2015, <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1c8f1bb7-c68e-4596-b341-a4f3bb70cdd9>.
- [152] Ucińska M., Adaptation to driver-assistance systems depending on experience, *Open Engineering*, vol. 11, no. 1, 2021, pp. 650-661. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0064>.
- [153] Ustawa z dnia 10 października 2012 r. o zmianie ustawy – Prawo o ruchu drogowym oraz niektórych innych ustaw, Dz. U. z 2012 r. poz. 1448, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20120001448/T/D20121448L.pdf> (dostęp 23.02.2023).
- [154] Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnis-Verordnung - FeV) Anlage 7 (zu § 16 Absatz 2, § 17 Absatz 2 und 3)

- Fahrerlaubnisprüfung, dostęp online https://www.gesetze-im-internet.de/fev_2010/anlage_7.html.
- [155] Viktorová L, Šucha M., Learning about advanced driver assistance systems – The case of ACC and FCW in a sample of Czech drivers, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 65, 2019, Pages 576-583, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.032>.
- [156] Vlakveld W. P., Wesseling S., ADAS in het rijexamen: Vragenlijstonderzoek onder rijsschoolhouders en rijexaminatoren naar modernerijsaakondersteunende systemen in de rijopleiding en het rijexamen voor rijbewijs B [ADAS in the driving test: Questionnaire study among driving school owners and driving examiners into modern driving task support systems in driver education and the driving test for driving license B] (Report No. R-2018-20). The Hague, The Netherlands: SWOV – Institute for Road Safety Research, 2018, dostęp online <https://swov.nl/system/files/publication-downloads/r-2018-20.pdf>.
- [157] Vlakveld W.P., The use of simulators in basic driver training. *HUMANIST TFG Workshop on the Application of New Technologies to Driver Training*. Brno, Czech Republic, Volume 8, Issue 1, 2005, Pages 47-58, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.01.001>.
- [158] Wahlberg A.E., Long-term effects of training in economical driving: Fuel consumption, accidents, driver acceleration behavior and technical feedback. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37 (2007) 333-343.
- [159] Walton D., Bathursts J., An exploration of the perceptions of the average driver's speed compared to perceived safety and driving skill. *Accident Analysis and Prevention*, 1998,30(6), 821-830.
- [160] Wege C., Pereira M.S., Trent V., Krems J., Behavioural adaptation in response to driving assistance technologies: A literature review. 2013,10.1049/PBSP009E_ch2.
- [161] *Wypadki drogowe w Polsce w 2020 roku*. Komenda Główna Policji, Biuro Ruchu Drogowego, 2021.
- [162] *Wypadki drogowe w Polsce w 2021 roku*. Komenda Główna Policji, Biuro Ruchu Drogowego, 2022.

- [163] Yager R. R., Filev D.P., Podstawy modelowania i sterowania rozmytego. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1995.
- [164] Young M.S., Brookhuis K.A., Wickens CH.D., Hancock P.A., State of science: mental workload in ergonomics., Ergonomics, 2015, Vol.58, No.1, 1-17.

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 5.1. Szkolenia z korzystania z ADAS	41
Rysunek 5.2. Korzystanie z ADAS podczas egzaminu na prawo jazdy	42
Rysunek 6.1. Wiedza na temat pojazdów zautomatyzowanych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej.....	48
Rysunek 6.2. Odzwierciedlenie wyobrażeń o pojazdach zautomatyzowanych	49
Rysunek 6.3. Doświadczenie respondentów w używaniu systemów wsparcia kierowcy (Średnia EU 28).....	50
Rysunek 6.4. Poczucie komfortu w przypadku gdy funkcje wymienionych systemów byłyby wykonywane automatycznie przez pojazd.....	51
Rysunek 6.5. Poczucie komfortu w założonej sytuacji	51
Rysunek 6.6. Gotowość do skorzystania z konkretnego typu pojazdu (EU 27)	52
Rysunek 6.7. Oczekiwania wobec pojazdów autonomicznych.....	53
Rysunek 6.8. Gotowość do zakupu pojazdu zautomatyzowanego.....	54
Rysunek 6.9. Deklarowana wiedza na temat działania systemów	55
Rysunek 6.10. Poczucie komfortu w korzystaniu w systemów	57
Rysunek 6.11. Stopień poinformowania kierującego o działaniu systemów w poszczególnych pojazdach	59
Rysunek 6.12. Poziom trudności w obsłudze systemów wsparcia kierowcy.....	60
Rysunek 6.13. Poziom adaptacji użytkowników w zależności od posiadanego doświadczenia	62
Rysunek 6.14. Deklaracje respondentów dotyczące wyposażenia ich pojazdów	63
Rysunek 6.15. Korzyści dla przedsiębiorstw branży transportowej wynikające z użytkowania pojazdów autonomicznych	65
Rysunek 6.16. Zdanie użytkowników na temat wpływu ADAS na BRD.....	67
Rysunek 6.17. Wpływ wyposażenia w ADAS na zakup pojazdu.....	68
Rysunek 6.18. Wyposażenie pojazdów flotowych w systemy wsparcia kierowców.....	68
Rysunek 6.19 Wyposażenie pojazdów prywatnych w systemy wsparcia kierowców	69
Rysunek 6.20. Źródło wiedzy użytkowników na temat korzystania z ADAS (możliwe zaznaczenie kilku odpowiedzi)	70
Rysunek 6.21. Znajomość poszczególnych ADAS (Indonezja)	75
Rysunek 6.22. Stosunek respondentów do AV (Indonezja).....	76
Rysunek 7.1. Częstość prowadzenia pojazdu w badanej grupie kierowców	86

Rysunek 7.2. Liczba kilometrów przejeżdżanych miesięcznie w badanej grupie kierowców	86
Rysunek 7.3. Liczba godzin spędzanych dziennie za kierownicą w badanej grupie kierowców	87
Rysunek 7.4. Subiektywna ocena poziomu umiejętności kierowcy	88
Rysunek 7.5. Symulator samochodu osobowego AS1200-6	89
Rysunek 7.6. Konsola użytkownika do sterowania systemem zamontowana w symulatorze	91
Rysunek 7.7. Platforma e-learningowa SimYouLearning – strona główna	93
Rysunek 7.8. Platforma e-learningowa SimYouLearning.....	93
Rysunek 7.9. Przykładowe slajdy wykorzystywane w szkoleniu teoretycznym	94
Rysunek 7.10. Widok fragmentu filmu instruktażowego	95
Rysunek 7.11. Przykładowe informacje zawarte w skróconym instruktażu.....	97
Rysunek 7.12. Metodyka szkoleń	98
Rysunek 7.13. Scenariusz adaptacyjny	101
Rysunek 7.14. Sytuacje awaryjne w scenariuszu badawczym.....	103
Rysunek 7.15. Średnie wyniki kwestionariuszy RSSQ.....	105
Rysunek 7.16. Czas reakcji (kliknięcia zielonego przycisku) na komunikat informujący o konieczności uruchomienia systemu Highway Chauffeur w pierwszej sytuacji	106
Rysunek 7.17. Całkowity czas reakcji na komunikat informujący o konieczności uruchomienia systemu Highway Chauffeur w pierwszej sytuacji	107
Rysunek 7.18. Liczba prób uruchomienia systemu Highway Chauffeur w pierwszej sytuacji	108
Rysunek 7.19. Liczba prób uruchomienia systemu Highway Chauffeur w drugiej sytuacji .	109
Rysunek 7.20. Liczba prób uruchomienia systemu Highway Chauffeur w trzeciej sytuacji.	110
Rysunek 7.21. Porównanie reakcji kierowców (przejęcia kontroli) w przypadku pojawienia się mgły	111
Rysunek 7.22. Porównanie ocen trenera i uczestnika szkoleń.....	113
Rysunek 7.23. Porównanie ocen trenera i uczestnika szkoleń (procentowo)	114
Rysunek 8.1. Proces wnioskowania rozmytego w modelu Mamdaniego	118
Rysunek 8.2. Model kontrolera rozmytego	120
Rysunek 8.3. Funkcje przynależności wejścia <i>liczba_prob</i>	121
Rysunek 8.4. Funkcje przynależności wejścia <i>czas_reakcji_RtI</i>	121
Rysunek 8.5. Funkcje przynależności wejścia <i>czas_reakcji_wl_systemu</i>	122

Rysunek 8.6. Funkcja przynależności wyjścia zachowanie	123
Rysunek 8.7. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść <i>liczba_prob</i> i <i>czas_reakcji_wl_systemu</i>	123
Rysunek 8.8. Funkcja zależności wartości wyjścia <i>zachowanie</i> sterownika od wartości wejść <i>czas_reakcji_RtI</i> i <i>liczba_prob</i>	124
Rysunek 8.9. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść <i>czas_reakcji_RtI</i> i <i>czas_reakcji_wl_systemu</i>	124
Rysunek 8.10. Zestaw reguł modelu rozmytego	125
Rysunek 8.11. Wyniki modelu w zależności od rodzaju przeprowadzonego szkolenia	128
Rysunek 9.1. Model kontrolera rozmytego dla pojedynczej sytuacji badawczej	138
Rysunek 9.2. Funkcje przynależności wejścia <i>liczba_prob</i> dla oceny pojedynczej sytuacji badawczej	138
Rysunek 9.3. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść <i>czas_reakcji_wl_systemu</i> i <i>liczba_prob</i> (ocena dla pojedynczej sytuacji badawczej).	139
Rysunek 9.4. Funkcja zależności wartości wyjścia zachowanie sterownika od wartości wejść <i>czas_reakcji_RtI</i> i <i>liczba_prob</i> (ocena dla pojedynczej sytuacji badawczej)	139
Rysunek 9.5. Porównanie średnich wyników dla pojedynczych sytuacji badawczych	146

SPIS TABEL

Tabela 4.1. Zestawienie systemów należących do poszczególnych stopni automatyzacji pojazdów	30
Tabela 4.2. Przyporządkowanie systemów, które mogłyby zapobiegać poszczególnym przyczynom wypadków drogowych.....	31
Tabela 5.1. Systemy wsparcia kierowcy dopuszczone na egzaminie na prawo jazdy.....	43
Tabela 7.1. Mapa kompetencji	81
Tabela 7.2. Rozmieszczenie sytuacji awaryjnych w scenariuszu badawczym	103
Tabela 7.3. Zmiana wyniku RSSQ.....	105
Tabela 7.4. Wyniki RSSQ w zależności od płci	106
Tabela 7.5. Różnica ocen trenera i uczestnika	116
Tabela 8.1. Parametry jazdy brane pod uwagę przy opracowaniu modelu dla wszystkich sytuacji badawczych.....	119
Tabela 8.2. Wartości przyjmowane przez wyjście zachowanie	124
Tabela 8.3. Zbiorcze wyniki modelu dla wszystkich osób badanych	126
Tabela 8.4. Wyniki modelu dla szkolenia praktycznego – grupa wiekowa 25-39 lat.....	129
Tabela 8.5. Wyniki modelu dla szkolenia praktycznego – grupa wiekowa 40-65 lat.....	129
Tabela 8.6. Wyniki modelu dla e-learningu – grupa wiekowa 25-39 lat	130
Tabela 8.7. Wyniki modelu dla e-learningu – grupa wiekowa 40-65 lat	130
Tabela 8.8. Wyniki modelu dla krótkiego instruktazu (manual) – grupa wiekowa 25-39 lat	131
Tabela 8.9. Wyniki modelu dla krótkiego instruktazu (manual) – grupa wiekowa 40-65 lat	131
Tabela 8.10. Podsumowanie wyników dla poszczególnych grup wiekowych w zależności od otrzymanego szkolenia.....	132
Tabela 8.11. Porównanie ocen zachowania kierowców – model, badany, trener.....	133
Tabela 9.1. Parametry jazdy brane pod uwagę przy opracowaniu modelu dla pojedynczych sytuacji badawczych.....	136
Tabela 9.2. Wyniki zbiorcze modelu dla oceny pojedynczych sytuacji badawczych.....	141
Tabela 9.3. Wyniki dla pojedynczych sytuacji badawczych w zależności od otrzymanego szkolenia – szkolenie praktyczne	143
Tabela 9.4. Wyniki dla pojedynczych sytuacji badawczych w zależności od otrzymanego szkolenia – e-learning.....	144

Tabela 9.5. Wyniki dla pojedynczych sytuacji badawczych w zależności od otrzymanego szkolenia – manual	145
Tabela 9.6. Porównanie postępu dla osób, u których różnica w ocenie trenera i modelu wynosiła więcej niż jeden	147
Tabela 9.7. Wyniki zbiorcze dla drugiej grupy badanych.....	149
Tabela 9.8. Wyniki modelu dla grupy wiekowej 25-39 lat	150
Tabela 9.9. Wyniki modelu dla grupy wiekowej 40-65 lat	150

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1 – RSSQ

Lista symptomów (po jeździe symulatorem - adaptacja)

Niniejszy kwestionariusz ma na celu sprawdzenie jaki wpływ symulator jazdy wywiera na Pana/Pani samopoczucie. Proszę zaznaczyć krzyżykiem (X) w kratce, który z podanych poniżej symptomów odnosi się do Pana/Pani aktualnego stanu. Dopuszczalne jest udzielenie tylko jednej odpowiedzi (postawienie tylko jednego krzyżyka w jednej linii).

LP		Brak	Nieznacznym	Umiarkowany	Dotkliwy
1	Ogólny dyskomfort				
2	Zmęczenie				
3	Znudzenie				
4	Senność				
5	Ból głowy				
6	Zmęczenie oczu				
7	Trudności ze skupieniem się				
8a	Zwiększone wydzielanie śliny				
8b	Suchość w ustach				
9	Pocenie się				
10	Mdłości				
11	Trudność z koncentracją				
12	Depresja				
13	Dezorientacja				
14	Niewyraźne widzenie				
15a	Oszłomienie przy oczach otwartych				
15b	Oszłomienie przy oczach zamkniętych				
16	Zawroty głowy				
17	Przebieżki pamięci				
18	Ogólne osłabienie				
19	Potrzeba zaczerpnięcia oddechu				
20	Dolegliwości żołądkowe				
21	Utrata apetytu				
22	Wzmożony apetyt				
23	Potrzeba wypróżnienia				
24	Poczucie zagubienia				
25	Uczucie odbijania się				
26	Wymioty				
27	Inne (jakie?):				

Oceń od 1 (bardzo słabo) do 10 (świetnie) jak dobrze radziłeś sobie w symulatorze jazdy?

METRYCZKA OSOBY BADANEJ

Zostałeś poproszony o udział w badaniu dotyczącym wpływu obciążenia poznawczego wywoływanego wykonywaniem zadań drugorzędnych na prowadzenie pojazdu. Poniżej znajdują się pytania/stwierdzenia dotyczące Twojego funkcjonowania. Prosimy postawić krzyżyk pod wybraną przez siebie odpowiedzią. W niektórych pytaniach/stwierdzeniach możliwe jest zaznaczenie więcej niż jednej odpowiedzi. Badanie jest w pełni anonimowe, a dane zostaną wykorzystane tylko do celów naukowych, prosimy zatem o udzielanie szczerych odpowiedzi.

1. Wiek

2. Płeć: Kobieta / Mężczyzna

3. Wykształcenie

Podstawowe	Zasadnicze zawodowe	Gimnazjalne	Średnie	Wyższe

4. Od ilu lat prowadzisz aktywnie pojazd (więcej niż 1000 km rocznie)?.....

5. Proszę podać liczbę lat posiadania uprawnień przy odpowiedniej kategorii prawa jazdy:

Kategoria prawa jazdy	Liczba lat posiadania uprawnień
B	
A (A1, A2)	
C (C1)	
D (D1)	
T	
B+E	
C+E	
D+E	

6. Jak oceniasz swoje umiejętności prowadzenia pojazdu?

Bardzo dobrze	Dobrze	Umiarkowanie	Słabo	Bardzo słabo

7. Jak często prowadzisz samochód?

Codziennie	Kilka razy w tygodniu	Kilka razy w miesiącu	Rzadziej

8. Ile kilometrów miesięcznie przejeżdżasz?

Do 250 km	260-850 km	860-1700 km	Powyżej 1800 km

9. Ile godzin dziennie spędzasz za kierownicą?

Do 1 godziny	1-3 godzin	4-7 godzin	8 i powyżej

10. Czy szybka jazda samochodem sprawia Ci przyjemność?

Tak	Nie

11. Czy kiedykolwiek spowodowałeś/łaś kolizję drogową?

Tak	Nie

12. Czy kiedykolwiek spowodowałeś/łaś wypadek drogowy?

Tak	Nie

13. Jak często zdarza ci się obsługiwać urządzenia w pojeździe (radio, nawigację samochodową etc.) w trakcie jazdy?

Bardzo często	Często	Rzadko	Bardzo rzadko	Nigdy

14. Jak często zdarza ci się rozmawiać przez telefon komórkowy w trakcie jazdy?

Bardzo często	Często	Rzadko	Bardzo rzadko	Nigdy

15. Czy używasz przy tym „zestawu głośnomówiącego”?

Tak	Nie

16. Jak często zdarza ci się odbierać lub wysyłać wiadomości lub maile przez telefon komórkowy w trakcie jazdy?

Bardzo często	Często	Rzadko	Bardzo rzadko	Nigdy

17. Czy zdarzyło Ci się prowadzić samochód/lub inny pojazd/ pod wpływem alkoholu lub innego środka działającego podobnie do alkoholu?

Tak	Nie

18. Czy cierpisz na jakąkolwiek chorobę przewlekłą (np. cukrzyca, nadciśnienie, choroby endokrynologiczne itp.)?

Tak	Nie

19. Czy zażywasz na stałe jakieś leki?

Tak	Nie

Upewnij się, że wszystkie pytania zostały uzupełnione.