

Use of autonomous vehicles for drivers with various movement dysfunctions

Beata Stasiak-Cieślak^{*} , Piotr Malawko , Anna Skarbek-Żabkin ,
Tomasz Szczepański 

Motor Transport Institute, Warsaw, Poland

Abstract. To the continuous development of technology, many opportunities are opened in issues related to the mobility of people with disabilities. One of the problems among these drivers is the relatively fast fatigue caused by driving. The first solution is, of course, the optimization of adaptive devices in terms of ergonomics. At the same time, a new technological trend is emerging in the form of autonomous cars. There is, therefore, the possibility of partially relieving drivers with physical disabilities. People susceptible to fast fatigue at the wheel will be able to rest periodically, thanks to the support of driving the car by autonomous driving. This article focuses on combining the types of motor dysfunctions with the available autonomous driving capabilities. Applications are based on tests carried out at the Motor Transport Institute in cooperation with Tesla Warszawa. The autonomous functions will be described based on the possibilities offered on Tesla cars, with the autopilot of the 2nd generation, with software version 9.0. It seems that at the current level, one can talk about significant help in driving a car that improves the mobility conditions of people with motor dysfunctions. In light of this observation, also the estimation regarding the usefulness of future solutions seems to be unequivocally decided to support the legitimacy of the development of autonomous driving technology.

Keywords: autonomous car, motor dysfunctions, mobility of people with disabilities

1. Wprowadzenie

Dzięki ciągłemu rozwojowi technologii, otwiera się coraz więcej możliwości w zagadnieniach związanych z mobilnością osób z niepełnosprawnościami. Od wielu lat dostępne są urządzenia adaptacyjne, które dedykowane są dla potrzeb kierowców z dysfunkcjami motorycznymi. Coraz popularniejsze stają się również urządzenia wspomagające wsiadanie i wysiadanie z pojazdu. Tego typu rozwiązania są bardzo pomocne i w wielu przypadkach okazuje się, że stanowią wystarczające rozwiązanie. Niestety, nie są w stanie zaspokoić

Article citation information:

Stasiak-Cieślak, B., Malawko, P., Skarbek-Żabkin, A., Szczepański, T. (2020). Use of autonomous vehicles for drivers with various movement dysfunctions, WUT Journal of Transportation Engineering, 129, 17-26, ISSN: 1230-9265, DOI: [10.5604/01.3001.0014.2410](https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.2410)

^{*}Corresponding author

E-mail address: beata.stasiak@its.waw.pl (B. Stasiak-Cieślak)

ORCID:  [0000-0003-1548-3562](https://orcid.org/0000-0003-1548-3562) (B. Stasiak-Cieślak),  [0000-0002-4219-3352](https://orcid.org/0000-0002-4219-3352) (P. Malawko),

 [0000-0002-9444-7617](https://orcid.org/0000-0002-9444-7617) (A. Skarbek-Żabkin),  [0000-0003-2412-6065](https://orcid.org/0000-0003-2412-6065) (T. Szczepański)

Received 20 June 2019, Revised 21 March 2020, Accepted 23 April 2020, Available online 22 June 2020

wszystkich potrzeb osób z ograniczonymi funkcjami ruchowymi. Dlatego istnieje potrzeba ciągłego poszukiwania i rozwijania nowych technologii w tym zakresie.

Jednym z częstych problemów wśród kierowców z niepełnosprawnością jest stosunkowo szybkie męczenie się w wyniku prowadzenia pojazdu. Osoba taka, po zastosowaniu oprzyrządowania adaptacyjnego, jest w stanie wykonać samochodem wszystkie manewry, zarówno na parkingu, jak i w ruchu ulicznym. Okazuje się jednak, że w wielu przypadkach wymaga to zwiększonego wysiłku w porównaniu z pełnosprawnym kierowcą. W konsekwencji po upływie od kilkunastu do kilkudziesięciu minut występuje uczucie zmęczenia, dyskomfortu lub bólu. Niejednokrotnie uniemożliwia to dalsze prowadzenie pojazdu, co w znaczącym stopniu ogranicza możliwości samodzielnego poruszania się na dalsze odległości.

Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest optymalizacja urządzeń adaptacyjnych pod kątem ergonomii w celu minimalizacji zmęczenia i innych negatywnych odczuć. Zadanie nie jest jednak proste, ponieważ w wielu przypadkach taka sytuacja wynika przede wszystkim z ograniczeń motorycznych kierowcy, a nie tylko z ograniczeń konstrukcyjnych urządzeń.

Jednocześnie powstaje nowy trend technologiczny w postaci samochodów autonomicznych. Oczywiście dostępna jest na razie jedynie częściowa automatyzacja ruchu, z której korzystać można wyłącznie w wybranych warunkach ruchu drogowego. Wobec tego, osoby całkowicie niezdolne do prowadzenia samochodu nie będą jeszcze mogły skorzystać z tego rozwiązania. Powstaje jednak możliwość częściowego odciążenia kierowców z niepełnosprawnościami pod względem fizycznym. Osoby z dysfunkcją czterokończynową za kierownicą, będą mogły co pewien czas odpocząć, dzięki wspomaganiu prowadzenia samochodu przez funkcje jazdy autonomicznej.

Obecny stan rozwoju tego typu technologii nie pozwala co prawda kierowcy na przerwanie śledzenia otoczenia. Osoba prowadząca pojazd przez cały czas jest odpowiedzialna za ruch samochodu. Nie można więc mówić o odpoczynku psychicznym, ponieważ kierowca przez cały czas musi zachować skupienie. Jednak pod względem fizycznym istnieje możliwość pewnej formy odpoczynku. Z badań prowadzonych w Instytucie Transportu Samochodowego, przy współpracy z firmą Tesla Warszawa, wynika, że w warunkach ruchu miejskiego istnieje możliwość prowadzenia pojazdu przez autopilota średnio przez 78% czasu jazdy, a maksymalny czas, w którym kierowca musi prowadzić pojazd samodzielnie, nie przekracza 140 s (poniżej 2,5 min). Jednocześnie zmęczenie kierowcy, według prowadzonych badań, następuje zwykle nie wcześniej niż po upływie 10 min. Są to więc warunki, w których osoba podatna na szybkie męczenie się, będzie mogła odpocząć.

W niniejszym artykule uwaga będzie skoncentrowana na powiązaniu występujących typów dysfunkcji motorycznych z dostępnymi możliwościami jazdy autonomicznej. Istniejące funkcje wspomagające kierowcę podczas jazdy zostaną porównane z najczęstszymi ograniczeniami ruchowymi w celu oceny przydatności funkcji tak zwanego autopilota. Funkcje autonomiczne zostaną opisane na podstawie możliwości oferowanych w samochodach Tesla, z autopilotem 2. generacji, z oprogramowaniem w wersji 9.0.

2. Funkcje jazdy autonomicznej

Każdy samochód marki Tesla wyposażony jest w urządzenia pozwalające na całkowicie autonomiczną jazdę, bez udziału kierowcy. Jedynym ograniczeniem jest w tym przypadku

oprogramowanie, które wprowadza określone ograniczenia. Oprogramowanie to jest ciągle rozwijane i okresowo pojawiają się jego aktualizacje. W efekcie każdy pojazd tej marki zwiększa swoje możliwości z roku na rok, aż do osiągnięcia pełni funkcji autonomicznej jazdy.

W pojazdach Tesla Model S oraz Model X, które były testowane w Instytucie Transportu Samochodowego, montowane są między innymi: 8 kamer wideo rozmieszczonych dookoła pojazdu, 1 radar umieszczony w przedniej części samochodu, 12 czujników ultradźwiękowych zamontowanych w zderzakach oraz komputer o mocy obliczeniowej pozwalającej na przetwarzanie danych przy ruchu całkowicie autonomicznym. Podczas jazdy, nawet w czasie klasycznego prowadzenia pojazdu przez kierowcę, czujniki ustawicznie monitorują sytuację na drodze oraz sposób poruszania się samochodu, a wybrane dane przesyłają do producenta. W skali tysięcy pojazdów tej marki poruszających się po drogach, oznacza to bardzo duże ilości informacji, dzięki którym algorytmy autopilotów są ustawicznie rozwijane.

Poniżej zostaną wymienione najbardziej typowe funkcje wspomagające prowadzenie pojazdu przez kierowcę.

Asystent pasa ruchu

Podstawowym zadaniem tej funkcji jest monitorowanie przestrzeni na drodze w poszukiwaniu obszarów stanowiących pasy ruchu. Dotyczy to nie tylko pasa, po którym aktualnie porusza się samochód, ale także pasów sąsiednich. Oceniane jest, po pierwsze, istnienie przestrzeni potrzebnej do ruchu samochodu, jak również usytuowanie innych pojazdów w tej przestrzeni. Czujniki zwracają uwagę na linie znajdujące się na powierzchni drogi oraz na krawężnie jezdni. Interpretowane są zarówno oznaczenia w kolorze białym, jak i żółtym, a także krawężniki i innego rodzaju obrzeża. Te informacje są zestawiane z mapą satelitarną oraz informacjami o ukształtowaniu drogi, między innymi o liczbie pasów na danym odcinku. W ten sposób algorytm tworzy kompleksową informację dotyczącą przestrzennego usytuowania pasów ruchu.

Na tak przygotowaną mapę nakładane są informacje o pojazdach znajdujących się w okolicy, zarówno z przodu samochodu, jak i z tyłu oraz po bokach. Dzięki radarowi, algorytm uzyskuje informacje nie tylko o pojazdach sąsiadujących, ale także o tych, znajdujących się dalej, niejednokrotnie niewidocznych dla kierowcy. Komputer pokładowy interpretuje zarówno położenie poszczególnych pojazdów, jak również ich rodzaj, wyróżniając: samochody osobowe, dostawcze, ciężarowe, autobusy, motocykle. Odróżnia także pieszych znajdujących się w pobliżu.

Powyższy komplet informacji jest wykorzystywany w kilku różnych celach, w ramach różnych funkcji wspomagania kierowcy. Zbierane informacje są przedstawiane graficznie na wyświetlaczu w formie trójwymiarowej animacji, jak kształtuje się droga, pasy ruchu oraz inne pojazdy. Natomiast w ścisłym sensie asystenta pasa ruchu, samochód ostrzega kierowcę przed niezamierzoną zmianą pasa. Kiedy przednie koła najadają na linię, a kierunkowskaz nie jest włączony, na wyświetlaczu pojawia się ostrzeżenie, rozlega się dźwięk ostrzegawczy, a opcjonalnie możliwe jest także lekkie wibrowanie kierownicy. Podobnych ostrzeżeń można się spodziewać w trakcie próby zmiany pasa ruchu, podczas gdy obok znajduje się inny uczestnik ruchu.

W trakcie uruchomienia funkcji autopilota asystent pasa ruchu staje się jego elementem składowym, umożliwiającym nie tylko monitorowanie i ostrzeganie, ale także poruszanie się po wybranym pasie oraz samoczynną zmianę pasa, kiedy istnieje taka możliwość, a nawet dostosowanie prędkości samochodu w taki sposób, żeby po zmianie pasa znaleźć się dokładnie pomiędzy pojazdami znajdującymi się z przodu i z tyłu.

W sytuacji, kiedy samochód znajduje się w poślizgu, system stabilizacji toru jazdy automatycznie wykrywa dostępne pasy i kieruje samochód na jeden z nich, na którym nie ma innych pojazdów.

Asystent prędkości

Jest to funkcja, która monitoruje ograniczenia prędkości na drodze. Informacje są pozyskiwane z map satelitarnych w połączeniu z sygnałem GPS. Dotychczas system nie odczytywał ograniczeń ze znaków drogowych, ale to ma się niedługo zmienić. Na wyświetlaczu wewnątrz samochodu, obok wskazań dotyczących bieżącej prędkości, pojawia się informacja o dozwolonej prędkości oraz o jej ewentualnym przekroczeniu. Dostępny jest też szereg opcji dotyczących ręcznego ustawiania limitu albo marginesu akceptowalnego przekroczenia dopuszczalnej prędkości. Podczas jazdy autonomicznej ta funkcja jest oczywiście wykorzystywana jako element składowy, pozwalający na dostosowanie szybkości poruszania się samochodu.

Tempomat drugiej generacji

W dosłownym tłumaczeniu opisu tej funkcji przez producenta w języku angielskim jej nazwa powinna brzmieć: tempomat świadomy ruchu drogowego. Istotnie funkcja dotyczy dostosowania prędkości do innych uczestników ruchu.

W klasycznym tempomacie samochód utrzymuje stałą, zadaną prędkość. Natomiast w tempomacie aktywnym, zadawana jest jedynie maksymalna, której samochód nie przekroczy, ale rzeczywista szybkość poruszania się uzależniona jest od pojazdu znajdującego się z przodu.

Oznacza to, że na pustej drodze, kiedy na zajmowanym pasie ruchu nie znajdują się inne pojazdy, działanie tempomatu drugiej generacji jest tożsame z tempomatem klasycznym. Jednak w sytuacji, w której przed samochodem pojawi się inny pojazd, samochód dostosowuje prędkość w taki sposób, żeby zachować bezpieczną odległość. Odległość ta jest uzależniona od prognozowanej drogi hamowania przed poprzedzającym pojazdem. Istnieje też możliwość regulacji współczynnika odległości, wyznaczającego, jaki margines bezpieczeństwa powinien być zachowany.

Tempomat drugiej generacji zachowuje się w interesujący sposób w zatorach ulicznych. Kiedy pojazd znajdujący się z przodu zatrzymuje się, podobnie zatrzymuje się samochód z funkcjami autonomicznymi, zachowując bezpieczną odległość. Kiedy pojazd z przodu rusza, rusza także samochód z funkcjami autonomicznymi. W momencie, gdy pomiędzy pojazdem z przodu, a samochodem z funkcjami autonomicznymi wjeżdża inny uczestnik ruchu, samochód autonomiczny zwalnia, zachowując bezpieczną odległość od nowego pojazdu znajdującego się z przodu.

Natomiast kiedy pojazd z przodu zmieni pas ruchu, algorytm przez chwilę utrzymuje stałą prędkość lub wręcz zwalnia, żeby ocenić nowe warunki ruchu. Potem algorytm ustala, czy można przyspieszyć do limitowanej w tempomacie prędkości, czy też napotykamy na kolejny pojazd znajdujący się z przodu i należy dostosować prędkość do jego sposobu jazdy.

Działanie tempomatu drugiej generacji wymaga podobnej analizy przestrzeni i innych uczestników ruchu, jak zostało to opisane w asystencie pasa ruchu. Dlatego te dwie funkcje wykorzystują podobne informacje, zbierane przez te same czujniki. Funkcje Asystenta pasa i tempomatu łączą się w trakcie uruchomienia funkcji autopilota, co zostanie opisane w dalszej części rozdziału. Dodatkową funkcją tempomatu w czasie uruchomionej funkcji autopilota jest zwalnianie w pobliżu zjazdu na autostradzie, jeśli wyznaczona w nawigacji trasa prowadzi przez dany zjazd.

Asystent unikania kolizji

Podstawowym zadaniem tej funkcji jest ostrzeżenie przed zderzeniem czołowym. Wykorzystywane są w tym celu podobne dane, jak przy asystencie pasa ruchu oraz przy tempomacie drugiej generacji, czyli mapa opisująca przestrzeń wokół samochodu oraz rozmieszczenie innych uczestników ruchu w tej przestrzeni. Wykrywając niebezpieczeństwo zderzenia czołowego, system ostrzega kierowcę przed zagrożeniem, a w razie braku interwencji ze strony kierowcy, uruchamiane jest automatyczne hamowanie.

Inną opcją chroniącą przed kolizją jest tak zwane: przyspieszanie świadome przeszkód. Oznacza to, że algorytm ogranicza możliwość zwiększania prędkości samochodu, jeśli grozi to uderzeniem w przeszkodę znajdującą się z przodu: inny pojazd lub przeszkodę stałą.

Asystent świateł

Kolejnym udogodnieniem dla kierowcy jest asystent świateł, który przełącza światła mijania i światła drogowe automatycznie w czasie jazdy. Do sterowania oświetleniem brana jest pod uwagę informacja o zbliżającym się pojeździe i jego oświetleniu.

Autopilot

Podstawą w funkcjonowaniu autopilota jest połączenie funkcji asystenta pasa ruchu z tempomatem drugiej generacji. Algorytm sterujący samochodem z jednej strony kontroluje tor jazdy, uwzględniając zakręty, zmianę szerokości pasów i inne uwarunkowania, a z drugiej strony dostosowuje prędkość jazdy do pojazdów znajdujących się w pobliżu. Jednocześnie oczywiście brane są pod uwagę informacje pochodzące z asystenta prędkości (dozwolona prędkość jazdy), czynny jest asystent unikania kolizji, a po zmroku automatyczne sterowanie światłami.

W podstawowej wersji autopilota istnieje także możliwość samoczynnej zmiany pasa ruchu, na przykład w celu wyprzedzania pojazdu znajdującego się z przodu. Wówczas wymagane jest włączenie kierunkowskazu przez kierowcę, algorytm natomiast sprawdza, czy manewr będzie bezpieczny i w miarę możliwości wykonuje go. W sytuacji, w której obok samochodu znajdują się inne pojazdy, algorytm dostosowuje prędkość jazdy w taki sposób, żeby znaleźć wolne miejsce między nimi i wykonać manewr zmiany pasa bez zajeżdżania drogi innym uczestnikom ruchu.

W przypadku uruchomionej nawigacji prowadzącej do wyznaczonego celu, przed zjazdami na autostradach autopilot zmniejsza prędkość jazdy, jednak nie kieruje samochodem samoczynnie na pas służący do zjazdu.

Na terenie Stanów Zjednoczonych dostępne jest rozszerzenie funkcji autopilota o jego współpracę z nawigacją GPS, prowadzącą do wyznaczonego celu. Opcje te działają tylko na odcinkach autostradowych, a poza nimi funkcja jest wstrzymywana. Autopilot w tych warunkach samoczynnie zmienia pasy ruchu w taki sposób, żeby korzystać ze zjazdów autostradowych. W efekcie, jeśli wyznaczona trasa obejmuje jazdę wyłącznie po autostradach, samochód jest w stanie przejechać ją samodzielnie.

Dodatkowo samochód samoczynnie zmienia pasy w celu zachowania rozsądnej prędkości jazdy. Oznacza to, że system decyzyjny w algorytmie wysyła informacje, które pojazdy należy wyprzedzić i wykonuje manewr wyprzedzania obejmujący wymagane zmiany pasa ruchu. Istnieją przy tym do wyboru dwie opcje doboru prędkości: spokojna i dynamiczna, które warunkują, jak często samochód będzie decydował o potrzebie wyprzedzania.

Automatyczne parkowanie

Dostępne są również funkcje samoczynnego parkowania samochodu. W przypadku powolnego poruszania się po parkingu, algorytm wykrywa miejsca parkingowe i sugeruje na

wyświetlaczu opcję zaparkowania. W zależności od kształtu przestrzeni do parkowania, samochód decyduje, czy będzie to parkowanie równoległe do kierunku jazdy, czy parkowanie prostopadłe (wykonywane tyłem). Jeśli kierowca potwierdzi przyciskiem chęć wykonania tego manewru, samochód samoczynnie wjeżdża w wyznaczone miejsce, po czym włącza bieg parkingowy.

Istnieje też możliwość parkowania oraz wyjazdu z miejsca parkingowego, podczas gdy kierowca znajduje się poza samochodem. Można to osiągnąć poprzez wydanie polecenia automatycznego parkowania w menu samochodu, wyjście z pojazdu, a następnie aktywowanie funkcji automatycznego parkowania za pomocą pilota lub aplikacji w telefonie. Po zaparkowaniu samochodu możliwe jest wymuszenie jego wyjazdu z miejsca parkingowego i ustawienia pojazdu w miejscu, w którym rozpoczynał się manewr parkowania. Taka funkcja ma ułatwiać wsiadanie i wysiadanie kierowcy i pasażerów, szczególnie w ciasnych miejscach, gdzie trudno jest otwierać drzwi po zaparkowaniu.

Warto zaznaczyć, że zgodnie z Prawem o ruchu drogowym, kierowca nie może opuścić pojazdu podczas poruszania się samochodu po drogach publicznych (do których należy również wiele parkingów). Używanie tej funkcji jest więc możliwe jedynie na prywatnych posesjach, gdzie użycie opisywanej funkcji nie łamie prawa, na przykład na podjazdach do garażu lub innych prywatnych przestrzeniach, na których właściciel zezwala na tego typu praktyki. Należy się jednocześnie liczyć z faktem, że prawo w poszczególnych krajach jest modyfikowane w miarę bieżących potrzeb, między innymi w wyniku rozwoju technologicznego. Tak więc niektóre funkcje jazdy częściowo autonomicznej mogą w niedalekiej przyszłości zostać dopuszczone do użytku również przez prawo.

Nowe funkcje jazdy autonomicznej

Co bardzo ważne, sztuczna inteligencja wciąż jest uczona nowych sytuacji na drodze, warunków jazdy i oczekiwanych zachowań podczas prowadzenia samochodu. Dlatego sukcesywnie pojawiają kolejne funkcje wspomagające kierowcę, a dostępne dotychczas funkcje, są udoskonalane, aby działały stabilnie.

W najbliższym czasie zapowiadana jest aktualizacja oprogramowania, po której samochody będą zdolne interpretować sygnalizację świetlną. Tym samym będą reagować poprzez zatrzymanie pojazdu na czerwonym świetle i ruszać po zapaleniu się światła zielonego. W niewiele dalszej perspektywie można spodziewać się odczytywania przez algorytmy innych znaków drogowych, w tym ograniczeń prędkości umieszczanych przy jezdni.

Kolejnym krokiem w kierunku pełnej autonomizacji jazdy powinno być rozszerzenie samoczynnej jazdy z autostradowej na ruch poza autostradą. Producenci samochodów zapewniają o intensywnych pracach skupiających się na zapewnieniu bezpieczeństwa w czasie tego rodzaju samoczynnej jazdy.

3. Dysfunkcje motoryczne kierowców w świetle funkcji jazdy autonomicznej

Warto zastanowić się także, jak poszczególne funkcje jazdy autonomicznej (spośród dostępnych obecnie) mogą pomóc w prowadzeniu pojazdu przez osoby z niepełnosprawnością. Należałoby w tym celu usystematyzować podstawowe rodzaje dysfunkcji motorycznych i każdej z nich przyporządkować określone rodzaje wspomagania jazdy. Tego typu systematyka powstaje między innymi w ramach działalności Centrum Usług Motoryzacyjnych

dla Osób Niepełnosprawnych, działającego w Instytucie Transportu Samochodowego. Obejmuje jednak ponad tysiąc kombinacji różnego rodzaju dysfunkcji. Ze względu na obszerność tego typu systematyki, taka analiza nie wydaje się celowa.

Dlatego poniżej zostaną przedstawione jedynie najczęściej występujące kombinacje ograniczeń ruchowych. Każdemu z tych standardowych przypadków zostanie przypisany zestaw udogodnień wpisujących się w pojęcie funkcji jazdy częściowo autonomicznej.

Ograniczenia ruchu kończyn dolnych

Dysfunkcja ta wpisuje się w pojęcie paraplegii (czyli dysfunkcji kończyn górnych lub dolnych). Może obejmować zarówno brak kończyn dolnych, jak i ich niedowład lub całkowity bezwład. Przyczyną może być uszkodzenie kręgosłupa w odcinku piersiowym lub krzyżowo-lędźwiowym. We wszystkich tych przypadkach nie ma możliwości prowadzenia pojazdu przy użyciu kończyn dolnych. Dodatkowo często towarzyszą temu problemy ze stabilizacją kręgosłupa i spastyką (mimowolny ruch kończyn np. w wyniku stresu).

Adaptacja urządzeń sterujących pojazdem polega w takiej sytuacji na zastosowaniu automatycznej skrzyni biegów oraz zastąpieniu pedałów (hamulca i przyspieszenia) przez urządzenia mechaniczne lub elektroniczne znajdujące się w zasięgu kończyn górnych. W efekcie zarówno kierownica, jak i pedały są obsługiwane za pomocą rąk. W celu ułatwienia sterowania dodatkowymi funkcjami samochodu (jak: światła, klakson, wycieraczki) stosuje się często piloty, w których wszystkie przyciski znajdują się blisko siebie i są umieszczone na kierownicy lub na dźwigni hamulca.

Wspomaganie prowadzenia samochodu przez funkcje jazdy częściowo autonomicznej będzie pełniło jedynie pomocniczą rolę, ponieważ po zastosowaniu odpowiednio dobranych, ergonomicznych adaptacji, kierowca nie powinien mieć większych trudności z wykonywaniem poszczególnych manewrów. Główny problem może dotyczyć ruchomości tułowia i realizacji stosunkowo dużego zakresu ruchu podczas parkowania, np. spoglądania przez tylną szybę. Szczególnie pomocne mogą się wówczas okazać funkcje automatycznego parkowania. Również monitorowanie położenia pojazdów dookoła, w tym kontrolowanie martwego pola (w asystencie pasa ruchu), może pomóc, zmniejszając potrzebę skrętów głowy. Ponadto funkcje dodatkowe, jak asystent świateł, mogą zmniejszyć potrzebę manewrowania dłonią na kierownicy (zwykle koło kierownicy jest obsługiwane tylko jedną ręką). Osoby z dysfunkcjami kończyn dolnych często poruszają się na wózkach lub przy użyciu kul. W tej sytuacji pomocna może okazać się opcja samoczynnego wyjeżdżania samochodu z miejsca parkingowego i podjeżdżania do miejsca, w którym wsiadanie jest łatwiejsze. Jak wspomniano powyżej, należy odnotować fakt, że na drogach publicznych nie wolno poruszać samochodem, nie znajdując się na miejscu kierowcy. Tak więc tego typu udogodnienia są jak dotąd możliwe do wykorzystania jedynie poza drogami publicznymi, na prywatnym podjeździe do garażu lub miejsca parkingowego.

Ograniczenia ruchu wszystkich kończyn

Dysfunkcjom kończyn dolnych towarzyszy często ograniczenie ruchu kończyn górnych, czyli tak zwana tetraplegia. Może to obejmować zarówno brak niektórych kończyn, ich niekompletność, bezwład lub niedowład. Przyczyną może być uszkodzenie kręgosłupa w odcinku szyjnym, zanik mięśni, czy porażenie mózgowe. Podobnie jak w poprzednim przypadku, często towarzyszą temu problemy ze stabilizacją kręgosłupa. Oczywiście w celu prowadzenia pojazdu, wśród wszystkich kończyn musi znaleźć się takie, w których funkcje ruchowe są zachowane w stopniu pozwalającym na obsługę urządzeń sterujących.

W ramach adaptacji stosowane są rozwiązania podobne do tych w paraplegii, dodatkowo rozbudowane o stabilizację chwytu dłoni. W skrajnych przypadkach stosuje się joystick obsługiwany jedną ręką oraz sterowanie głosowe dodatkowymi funkcjami samochodu. Są to zwykle najtrudniejsze sytuacje przy wyborze adaptacji, dlatego można się spodziewać najbardziej różnorodnych rozwiązań adaptacyjnych.

W zaawansowanych dysfunkcjach ruchowych wszelkiego rodzaju wspomaganie prowadzenia pojazdu może stanowić nieocenioną pomoc. Oprócz korzyści podobnych do tych, opisanych w poprzednim przypadku, największe zastosowanie może znaleźć sam autopilot. Jego działanie jest oczywiście ograniczone do wybranych warunków, ale kluczowym może okazać się zapewnienie częściowego odpoczynku fizycznego w czasie funkcjonowania autopilota. Włączenie trybu autonomicznego, według instrukcji obsługi, wymaga trzymania rąk wciąż na kierownicy, a w sytuacji ich opuszczenia, po pewnym czasie system prosi o przyłożenie niewielkiej siły do koła kierownicy w celu potwierdzenia gotowości do kierowania samochodem. Odpoczynek nie ma więc charakteru biernego, ale może częściowo odciążać ręce na poziomie neurologicznym lub biomechanicznym.

Należy przy tym zwrócić szczególną uwagę, że w czasie wspomnianego odpoczynku kierowca wciąż ponosi pełną odpowiedzialność za prowadzenie pojazdu. Nie jest więc zwolniony z kontrolowania otoczenia oraz sposobu poruszania się samochodu. Odpoczynek ma więc charakter fizyczny, a nie psychiczny. Oznacza to, że kończyny mogą przez chwilę odpocząć, nie przykładając siły do kierownicy lub innych urządzeń sterowniczych, ale kierowca ma obowiązek trwania w gotowości do przejęcia pojazdu w sytuacji, kiedy będzie taka potrzeba. Obserwowanie otoczenia i gotowość do przejęcia sterowania może być w wielu sytuacjach większym obciążeniem psychicznym, niż tradycyjne prowadzenie pojazdu. Jednak w przypadku osób z dysfunkcjami motorycznymi sama możliwość zmniejszenia napięcia w mięśniach kończyn może okazać się nieocenioną korzyścią, pozwalającą na wydłużenie ogólnego czasu prowadzenia samochodu.

Inne dysfunkcje motoryczne

Ograniczenia ruchowe mogą też dotyczyć tylko jednej strony ciała: kończyny górnej i dolnej. Jest to tak zwana hemiplegia. Przyczyną może być na przykład udar lub stwardnienie rozsiane. Osoba po udarze może charakteryzować się zupełnym bezwładem dwóch kończyn, ale może też przywrócić im zadowalającą funkcjonalność. W drugim schorzeniu głównymi dolegliwościami będzie szybsze męczenie się osłabionych części ciała. Istnieją też oczywiście inne kombinacje dysfunkcji motorycznych, jak na przykład niedowład krzyżowy (w lewej ręce i prawej nodze lub prawej ręce i lewej nodze). Zaliczyć tutaj można również niski wzrost, uniemożliwiający swobodne dosięganie do przyrządów sterowniczych.

Adaptacje samochodu czasami nie są wymagane. Często stosuje się jednak automatyczną skrzynię biegów oraz uchwyt na kierownicę (wraz pilotem), co ma wspomóc prowadzenie za pomocą jednej ręki oraz jednej nogi. Jeżeli zachowana jest władność lewej nogi, praktykuje się przeniesienie pedału przyspieszenia na lewą stronę. Przy bardziej złożonych dysfunkcjach stosuje się specyficzne adaptacje pojazdu, często stanowiące kombinację adaptacji wymienionych w poprzednich charakterystykach. W sytuacji trudności z dosięganiem do przyrządów sterowniczych, wystarczające okazują się zwykle nakładki na pedały oraz przedłużenie kolumny kierownicy.

Z uwagi na dużą różnorodność dysfunkcji, trudno wyznaczyć jednoznacznie najbardziej pożądane opcje wspomagające kierowcę. Z pewnością jednak należy zwrócić szczególną uwagę na opóźnienie występowania zmęczenia. Dlatego możliwość włączania autopilota,

choćby tylko co pewien czas, może okazać się bardzo pomocna. Dodatkowo można spodziewać się, że ograniczenia ruchowe (szczególnie kiedy występuje częściowe zmęczenie) mogą spowalniać reakcje kierowcy w krytycznych sytuacjach. Dobrym zabezpieczeniem jest więc asystent unikania kolizji. Jego działanie z założenia nie może zwykle zapobiec zderzeniom całkowicie, ale w sytuacji tak krytycznej, choćby częściowe zmniejszenie prędkości pojazdu prowadzi do ograniczenia skutków kolizji.

4. Podsumowanie

Trzeba zwrócić szczególną uwagę na fakt, że omawiane funkcje jazdy częściowo autonomicznej znajdują się jeszcze w fazie rozwoju. Nie rozważamy więc gotowych rozwiązań, których skuteczność nadaje się do szczegółowej oceny, ale pewnego rodzaju kierunki rozwojowe, z którymi można wiązać większą lub mniejszą nadzieję w kontekście ich realnej przydatności. Omawiane funkcje wspomagania kierowcy wymagają obecnie zachowania pełnej kontroli nad pojazdem przez kierowcę. Nie zwalniają więc z odpowiedzialności za prowadzenie samochodu w sposób bezpieczny. Z biegiem czasu jednak ta sytuacja będzie się zmieniać. Wymaga to jednak ważnych przemian w technice, w prawie oraz w sposobie myślenia społeczeństwa.

Szczególnie ważną kwestią przy wykorzystywaniu funkcji jazdy częściowo autonomicznej jest ograniczone zaufanie do systemów sterowania pojazdem. Na obecnym poziomie rozwoju tej technologii obecność kierowcy-człowieka jest konieczna nawet po włączeniu funkcji autopilota. Wymagana jest wówczas pełna koncentracja na tym, co dzieje się na drodze i gotowość do błyskawicznego przejęcia sterowania. O ile system sterowania może wykryć obecność i sposób poruszania się innych pojazdów oraz pieszych, o tyle nie jest jeszcze wyposażony w możliwość przewidywania nietypowych zachowań i jest przystosowany do bezbłędnej reakcji w sytuacjach nieprzewidzianych. Dlatego reakcje człowieka uznaje się za bardziej niezawodne od działania urządzeń sterujących. Warto jednak zauważyć, że technologia jazdy częściowo autonomicznej jest jeszcze bardzo młoda i znajduje się dopiero na początku swojego rozwoju. Oznacza to duży potencjał do zwiększania niezawodności tego typu systemów.

Zadaniem artykułu była próba oszacowania przydatności funkcji autonomicznych dla osób z niepełnosprawnościami. Szacowanie to odbywa się na podstawie obecnego stanu zaawansowania rozwiązań technologicznych. Na obecnym poziomie można mówić o istotnej pomocy w prowadzeniu samochodu, poprawiającej warunki mobilności osób z dysfunkcjami motorycznymi. W świetle tego spostrzeżenia, również szacowanie odnośnie przydatności przyszłych rozwiązań rozstrzygnięte jest jednoznacznie w kierunku poparcia dla słuszności rozwoju technologii jazdy autonomicznej.

Oczywiście ważnym problemem jest także dostępność tej technologii dla osób z niepełnosprawnościami, w tym głównie dostępność finansowa. Niestety dla większości osób tego typu rozwiązania są całkowicie nieosiągalne, ponieważ zakup nowego samochodu wyposażonego w najnowsze funkcje autopilota przekracza wartość przeciętnego mieszkania lub domu. Trzeba więc jednoznacznie stwierdzić, że rozwój omawianej technologii, jeśli ma być użyteczna dla ludzi, musi zmierzać nie tylko w kierunku zwiększania bezpieczeństwa i niezawodności, ale również w kierunku ograniczenia kosztów produkcji. Wydaje się to naturalną kolejnością rozwoju nowej technologii, że przystępność cenowa pojawia się dopiero

na późniejszych etapach jej wdrażania i upowszechniania. Można więc wyrażać nadzieję na pomyślny rozwój pojazdów autonomicznych.

Podziękowania

Praca wykonana w ramach projektu nr 06/18/ZDO/012, finansowana z MNiSW.

Bibliografia

1. Malawko, P., Szczepański, T., Stasiak-Cieślak B. (2018). Wielofunkcyjność pojazdów przystosowanych dla osób z niepełnosprawnością, *AUTOBUSY – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 12, 139-142.
2. Malawko, P., Szczepański, T., Świdorski, A. (2018). Wpływ parametrów urządzeń adaptacji na prowadzenie pojazdu, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport*, 121, 233-243.
3. Skarbak-Żabkin, A., Szczepański, T., Stasiak-Cieślak, B., Malawko, P., Dziedziak, P., Sowiński, A. Ocena możliwości wykorzystania pojazdów autonomicznych do rozwoju mobilności osób niepełnosprawnych, *Transport Samochodowy*, artykuł w procesie wydawniczym.
4. Stasiak-Cieślak, B., Grabarek, I. System ekspercki służący do doboru urządzeń adaptacyjnych dla kierowców z niepełnosprawnościami, materiały konferencyjne *TRANSPORT XXI WIEKU*, artykuł w procesie wydawniczym.
5. Stasiak-Cieślak, B., Szczepański, T., Ślęzak, M., Skarbak-Żabkin A., Malawko P. (2018). Pojazdy autonomiczne, jako ułatwienie mobilności kierowców z niepełnosprawnością, *Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania*, nr II, PFRON, Warszawa.
6. Świdorski, A. (2016). Wybrane zagadnienia oceny jakości środków transportu samochodowego. *Problemy Jakości*, 11, 6-10.

Wykorzystanie pojazdów autonomicznych dla kierowców z różnymi dysfunkcjami motorycznymi

Streszczenie. Dzięki ciągłemu rozwojowi technologii otwiera się coraz więcej możliwości w zagadnieniach związanych z mobilnością osób z niepełnosprawnościami. Jednym z problemów wśród tych kierowców jest stosunkowo szybkie męczenie się w wyniku prowadzenia pojazdu. Podstawowym rozwiązaniem jest oczywiście optymalizacja urządzeń adaptacyjnych pod kątem ergonomii. Jednocześnie powstaje nowy trend technologiczny w postaci samochodów autonomicznych. Istnieje więc możliwość częściowego odciążenia kierowców z niepełnosprawnościami pod względem fizycznym. Osoby podatne na szybkie męczenie się za kierownicą, będą mogły co pewien czas odpocząć, dzięki wspomaganiu prowadzenia samochodu przez funkcje jazdy autonomicznej. W niniejszym artykule, uwaga skoncentrowana jest na powiązaniu występujących typów dysfunkcji motorycznych z dostępnymi możliwościami jazdy autonomicznej. Wnioski opierają się na testach prowadzonych w Instytucie Transportu Samochodowego, przy współpracy z firmą Tesla Warszawa. Funkcje autonomiczne zostaną opisane na podstawie możliwości oferowanych w samochodach Tesla, z autopilotem 2. generacji, z oprogramowaniem w wersji 9.0. Wydaje się, że już na obecnym poziomie można mówić o istotnej pomocy w prowadzeniu samochodu, poprawiającej warunki mobilności osób z dysfunkcjami motorycznymi. W świetle tego spostrzeżenia również szacowanie odnośnie do przydatności przyszłych rozwiązań rozstrzygnięte jest jednoznacznie w kierunku poparcia dla słuszności rozwoju technologii jazdy autonomicznej.

Słowa kluczowe: samochód autonomiczny, dysfunkcje motoryczne, mobilność osób z niepełnosprawnościami

