

Jerzy Janczewski*

Inteligentne i autonomiczne samochody w transporcie osób i rzeczy

Wstęp

Upowszechnienie się internetu niesie ze sobą olbrzymie zmiany w gospodarce i w codziennym życiu każdej jednostki. Internet stopniowo łączy w sieć niemalże wszystkie rodzaje urządzeń wykorzystywane przez ludzi i sprawia, że staje się on dla człowieka po domu i pracy trzecią przestrzenią życiową. Szacuje się, że do 2022 roku światowy rynek usług mobilnych wykorzystujących internet będzie wzrastać o blisko 25% rocznie. Szczególnie powinno to przełożyć się na transport, a w niedalekiej przyszłości – na jego autonomizację i tym samym zniwelować najważniejsze uciążliwości związane z obsługą transportu. W przeciągu kilku lat inteligentne samochody mogą stać się integralną częścią internetu rzeczy. Już obecnie możliwa jest łączność sieciowa wewnątrz, jak i na zewnątrz pojazdu, na przykład komunikacja na liniach pojazd–użytkownik lub centrum dyspozycyjne, pojazd–pojazd, pojazd–infrastruktura, pojazd–inteligentny dom czy pojazd–warsztat naprawczy. Łączność ta w przyszłości umożliwi całkowite zautomatyzowanie kierowania samochodem, tak aby podczas jazdy mógł on sam sterować wszystkimi swoimi funkcjami, w tym także funkcjami krytycznymi dla bezpieczeństwa i w konsekwencji zmniejszyć pracochłonność i uciążliwość obsługi transportu oraz zwiększyć efektywność wykorzystania środków i infrastruktury transportu.

Integracja z internetem, autonomizacja oraz elektryfikacja transportu to trzy ważne obszary, które w przyszłości powinny ukształtować bezwypadkową, bezemisyjną i bezstresową mobilność (Dener w: Piszcz, 2017).

* Dr inż. Jerzy Janczewski, adiunkt w Katedrze Systemów Transportu na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi.

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja możliwości inteligentnych samochodów w aspekcie rozwoju internetu rzeczy, omówienie ich klasyfikacji oraz przytoczenie możliwych scenariuszy wykorzystania w transporcie autonomicznych ciężarówek.

Internet rzeczy vs. inteligentny samochód

Internet przedmiotów, internet rzeczy (ang. *Internet of Things, IoT*) zakłada połączenie w sieć niemalże wszystkich rodzajów urządzeń. Za tym pojęciem kryje się wizja świata, w którym cyfrowe i fizyczne urządzenia czy przedmioty codziennego użytku są połączone odpowiednią infrastrukturą w celu dostarczenia całej gamy nowych aplikacji i usług.

Koncepcja internetu rzeczy bazuje na trzech pojęciach:

- zawsze (*anytime*),
- wszędzie (*anyplace*),
- z wszystkim (*anything*).

Zaś jego definicja oparta jest na trzech filarach odnoszących się do cech inteligentnych obiektów:

- umożliwić identyfikację siebie (wszystko jest w stanie się przedstawić),
- zapewnić komunikację (wszystko może się komunikować),
- współdziałać (wszystko może wzajemnie na siebie oddziaływać).

Wdrożenia koncepcji internetu rzeczy widoczne są na co dzień, na przykład systemy zdalnego odczytywania liczników, monitorowania zużycia zasobów czy warunków środowiskowych, monitorowania stanu zdrowia, monitorowania uszkodzeń i zużycia maszyn i wiele innych, gdyż spektrum potencjalnych zastosowań jest nieograniczone (zob. więcej Brachman, 2013: 5–9).

Internet rzeczy znacząco zmienia sposób i jakość przemieszczania się i tym samym niesie ze sobą wiele zmian dla branży motoryzacyjnej oraz dla kierowców. Współczesne samochody posiadające łączność z internetem pozwalają na przykład słuchać muzyki online, wyświetlać raporty na temat ruchu drogowego i pogody, podawać lokalizacje i wskazówki do dojazdu oraz wiele innych (zob. Miller, 2016: 187–202).

Badanie *Connected Car Effect 2025* wykonane przez firmę Bosch oraz firmę konsultingową Prognos pokazuje, jak w perspektywie niespełna 10 lat powinno zmienić się prowadzenie samochodów na skutek podłączania ich do internetu. Firmy te przewidują, że do roku 2025 większość samochodów będzie podłączona do sieci i wyposażona w elektroniczne systemy podnoszące bezpieczeństwo i komfort jazdy, a w co drugim samochodzie popularne obecnie smartfony będą zintegrowane z systemem *infotainment* (łączącym rozrywkę z informacją).

Na potrzeby tego badania firmy opracowały obliczenia dla USA, Chin i Niemiec. Z opracowania danych wynika, że podłączenie pojazdów do internetu przełoży się na roczne zmniejszenie liczby wypadków z udziałem rannych o ponad 260 tysięcy, mniejszą o 350 tysięcy liczbę osób rannych w wypadkach drogowych, szybszą po-

moc i tym samym uratowanie 11 tysięcy osób dzięki systemom wspomagającym, zmniejszenie strat materialnych i kosztów szkód o 4,3 mld euro, zmniejszenie emisji dwutlenku węgla o prawie 400 tysięcy ton, zaoszczędzenie około 70 milionów godzin jazdy i uzyskanie dla kierowców po 31 godzin wolnego czasu w drodze, który będą mogli przeznaczyć na inne zajęcia niekoniecznie związane z kierowaniem pojazdem (*Connected Car Effect 2025*, 2017). Wybrane przykłady innowacyjnych rozwiązań dla motoryzacji pokazano w tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowe rozwiązania dla motoryzacji

Przykładowe rozwiązanie	Charakterystyka rozwiązania
Rozpoznawanie kierowcy (<i>Monitoring Camera Driver</i>)	System rozpoznający twarz kierowcy i dopasowujący ustawienia pojazdu do jego osobistych preferencji, np. ustawienie siedzenia i lusterek, temperatury wnętrza itd.
Panel kontroli gestów	System wykorzystujący czujniki ultradźwiękowe do rejestrowania ruchu rąk kierowcy, wyposażony w ekran z przyciskami wykorzystującymi technologię haptyczną.
System monitorujący środowisko wokół pojazdu (<i>Mirror Car System</i>)	System oparty na kamerach i czujnikach, monitorujący środowisko dookoła pojazdu i przekazujący informację na ekrany wyświetlające przy przednich bocznych słupkach nadwozia pojazdu.
Doskonały (kluczyk) dostęp do pojazdu (<i>Perfectly Keyless</i>)	System dostępu do pojazdu z poziomu smartfona działający na zasadzie cyfrowego kluczyka. Umożliwia on automatyczne otwarcie pojazdu z odległości ok. 2 m, gdy kierowca zbliży się do pojazdu, trzymając smartfon przy sobie, oraz automatyczne uruchomienie silnika, gdy tylko smartfon znajdzie się we wnętrzu pojazdu.
Lokalizator miejsca na parkingu (<i>Community-based parking</i>)	System, który powoduje, że pojazd staje się lokalizatorem miejsca parkingowego. Przy omijaniu pojazdów na parkingu system rejestruje, czy przestrzeń między nimi jest wystarczająca do zaparkowania, a przy tym przekazuje tę informację do miejskiej chmury, dzięki czemu inni uczestnicy ruchu wiedzą, jaka jest sytuacja na danym parkingu w mieście.
Automatyczne parkowanie samochodu (<i>Automated Valet Parking</i>)	System automatycznego wyszukiwania miejsca na parkingu i parkowania samochodu.
<i>Home zone park pilot</i>	System autonomicznego parkowania pojazdu w prywatnym garażu lub wyznaczonym podziemnym parkingu. System zapamiętuje raz wykonany przez kierowcę w ramach próby manewr parkowania w garażu, aby potem samodzielnie go powtarzać.
System ostrzegający kierowcę o jeździe pod prąd	System ten jest oparty na chmurze i rejestruje ruch wszystkich pojazdów w okolicy i kiedy któryś z nich porusza się pod prąd, natychmiast są o tym powiadamiani inni kierowcy oraz kierowca jadący pod prąd.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Januszkiewicz, 2017a.

Obecnie coraz więcej pojazdów jest połączonych siecią z internetem i z innymi samochodami oraz otaczającą je infrastrukturą, co przysparza wiele nowych korzy-

ści dla ich użytkowników. Na przykład powszechne wykorzystanie przez samochody chmury może także dotyczyć aktualizacji oprogramowania samochodów¹. Współczesne pojazdy samochodowe posiadają aż 100 jednostek sterujących (małe samochody mają ich nawet od 30 do 50), które za pomocą oprogramowania sterują wieloma funkcjami w pojeździe. Oznacza to większe ryzyko pojawienia się niedoskonałości w oprogramowaniu, co może skutkować manipulowaniem danymi. W tym kontekście aktualizacje oprogramowania poprzez chmurę stanowią rozwiązanie, pozwalające stale utrzymywać samochody w bieżącej fazie (*up to date*), a tym samym zapewniać większe bezpieczeństwo (Januskiewicz, 2017b; Łukaszewicz, Giećewicz, 2017: 5).

Szacuje się, że do roku 2022 w 75% nowych samochodów dostępny będzie system rozpoznawania mowy funkcjonujący w chmurze. Zaawansowane systemy wyposażone w pokładowe mikrofony i kamery będą potrafiły interpretować ton głosu kierowcy i jego wyraz twarzy. W przyszłości system rozpoznawania gestów i monitorowania oczu kierowcy powinien nawet pozwolić odebrać połączenie telefoniczne poprzez skinięcie głową lub dostosowanie poziomu głośności systemu audio i zaprogramowanie nawigacji, na przykład poprzez spojrzenie kierowcy na cel podróży na mapie. Stopniowe automatyzowanie jazdy sprawi, że kierowca zamiast kierować pojazdem, będzie mógł się skupić na innych czynnościach, takich jak czytanie i pisanie wiadomości, słuchanie muzyki czy oglądanie filmów (Januskiewicz, 2017a), a samochód ze środka transportu przekształci się w osobistego asystenta kierowcy.

Wymienione przykłady stanowią dowód motoryzacyjnego trendu na powstanie w niedalekiej przyszłości w pełni niezależnych (autonomicznych) pojazdów, które obejdą się bez kierowcy, samodzielnie reagując na różne sytuacje na drodze. Pojazdy te mają stanowić główny element zintegrowanej infrastruktury drogowej. O dynamice ich wzrostu świadczy fakt, że o ile w 2014 roku w naszej części Europy udział połączonych z siecią pojazdów wynosił 13%, o tyle – według niektórych prognoz – w 2020 roku osiągnie on 95% (Greenough, 2015). Ten kierunek rozwoju rynku samochodowego może zrewolucjonizować branżę motoryzacyjną bardziej niż obecnie rozpowszechniane pojazdy hybrydowe, elektryczne czy też zasilane paliwem wodorowym.

Autonomizacja pojazdów

Tak zwane autonomiczne samochody, pojazdy samochodowe posiadające zdolność poruszania się po ulicy bez ingerencji człowieka, opracowywane i testowane

¹ Aktualizowanie samochodu poprzez chmurę nie wymaga wizyt w warsztacie samochodowym. W 2015 roku w USA 15% sytuacji, w których kierowcy musieli odwiedzić warsztat samochodowy, miało związek z błędami w oprogramowaniu. Dla porównania 4 lata wcześniej liczba ta wynosiła zaledwie 5% według danych National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Dla producentów samochodów i ich klientów takie wizyty w warsztatach to ogromne straty czasu i koszty, a aktualizacje online mogą znacznie zmniejszyć ten poziom (Januskiewicz, 2017b).

są w takich państwach, jak Stany Zjednoczone, Japonia, Chiny, Wielka Brytania, Niemcy, Szwecja czy Holandia. Coraz częściej pojawiają się poglądy, że samochody niepotrzebujące kierowcy wkrótce staną się codziennością. Zapewne w pierwszej kolejności dotyczyć to będzie komunikacji zbiorowej w miastach i transportu ładunków, gdyż w tych branżach stale brakuje kierowców do pracy, zaś w drugiej kolejności – transportu indywidualnego.

Prace nad pojazdami autonomicznymi prowadzą nie tylko firmy motoryzacyjne, takie jak Ford, Toyota czy też Tesla, ale też potentaci z branży technologicznej, internetowej czy logistycznej, na przykład Google, Apple, Amazon czy Uber. Prace te dotyczą nie tylko pojazdów samochodowych, lecz i pozostałych środków z obszaru szeroko rozumianego transportu, takich jak: autonomiczne konwoje ciężarówek (Moll, 2017a), autonomiczne pociągi towarowe (Moll, 2017b), autonomiczne kontenerowce (Moll, 2017c) czy autonomiczne samoloty pasażerskie (Moll, 2017d).

W literaturze przedmiotu brakuje jednolitej definicji i klasyfikacji pojazdów autonomicznych. Popularnie samochodem autonomicznym nazywa się pojazd, w którym za jego prowadzenie w pewnym stopniu (od wspomagania niektórych procesów po pełną kontrolę) odpowiada komputer pokładowy, a nie sam kierowca – stąd takie pojazdy nazywane są także samochodami samojeżdżącymi, samochodami automatycznymi lub samochodami bezzałogowymi (*Samochody autonomiczne*, 2018). Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym w par. 6, art. 65k definiuje pojazd autonomiczny jako pojazd samochodowy wyposażony w systemy sprawujące kontrolę nad ruchem tego pojazdu i umożliwiające jego ruch bez ingerencji kierującego, który w każdej chwili może przejąć kontrolę nad tym pojazdem². Istnieje też kilka innych ujęć klasyfikujących i określających samochody autonomiczne.

W 2013 roku w USA powstała klasyfikacja przygotowana przez NHTSA (jednostkę amerykańskiego departamentu transportu), która reguluje zapisy związane z rozwojem autonomicznych samochodów. Jednostka ta wyróżnia pięć różnych kategorii poruszania się autonomicznym samochodem:

- Poziom 0 – bez automatyzacji – ciągła działalność kierowcy w każdym obszarze prowadzenia pojazdu, kierowca obsługuje wszystkie systemy pokładowe samochodu, hamulce, kierowanie, przyspieszanie itd.
- Poziom 1 – wsparcie kierowcy – automatyka wybranych układów sterowania samochodem, kierowca nadal obsługuje wszystkie systemy pokładowe, ale niektóre z nich są dodatkowo wspomagane lub mogą aktywować się samodzielnie, np. ABS, ESP, ASR.
- Poziom 2 – częściowa automatyzacja – wykonywanie przez system wspierający przynajmniej jednej (lub więcej czynności) w zakresie kierowania, przy-

² Definicja ta powstała dla potrzeb prac badawczych nad samochodami autonomicznymi i zawiera szereg nieścisłości (zob. więcej Czenko, 2018). Jako ciekawostkę można podać, że już w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku na ulicach Warszawy był testowany pojazd bezzałogowy.

spieszania oraz zwalniania z użyciem informacji o środowisku jazdy, wspólne działanie zautomatyzowanych układów, zwalniające kierowcę z konieczności ich obsługi, na przykład aktywny układ kontroli prędkości wraz z układem stabilizacji toru jazdy. Kluczowe decyzje związane z pozostałymi czynnościami podejmuje kierowca.

- Poziom 3 – automatyzacja warunkowa – poziom tzw. automatyzacji samojednej, samochody na tym poziomie mogą przejąć od kierowcy pełną kontrolę nad prowadzeniem w określonych warunkach. Kierowca nadal jednak pełni swoją funkcję i musi od czasu do czasu kontrolować działanie systemów, nie musi jednak w żadnym przypadku natychmiast przejmować kierownicy. Samochód informuje kierowcę, kiedy zachodzi potrzeba przejścia przez niego kontroli nad pojazdem. Zakłada się, że kierowca zareaguje w sytuacji wystąpienia takiej konieczności.
- Poziom 4 – całkowita automatyzacja – poziom pełnej autonomii, kierowca jedynie odpowiada za wprowadzenie adresu docelowego, lecz nie musi w trakcie podróży ani przez chwilę nadzorować działania systemu sterującego. Samochód steruje wszystkimi funkcjami podczas jazdy, w tym funkcjami krytycznymi dla bezpieczeństwa.

Z powyższego podziału wynika, że poziom 0 to całkowita kontrola przez kierowcę, a poziom 4 to sytuacja, w której kierowca podaje wyłącznie współrzędne celu i nie musi w żaden sposób kontrolować samochodu. Zaś poziom 1, 2 i 3 zawierają kolejne systemy wspomagania od ABS i EBD po częściową kontrolę nad cechami toru jazdy i doboru prędkości przez system. Łatwo tutaj zauważyć, że większość pojazdów obecnych na rynku posiada poziom 1, a najbardziej zaawansowane testowe modele autonomiczne, np. Google czy Tesla, posiadają poziom 3. Całkowicie samojedny samochód znajduje się na poziomie 4 i póki co stanowi ideał, do którego firmy zajmujące się problemem autonomizacji sukcesywnie się zbliżają.

W Unii Europejskiej rozróżnia się i definiuje dwa rodzaje pojazdów:

- pojazd zautomatyzowany wyposażony w technologię pozwalającą kierowcy przekazać systemom pokładowym część obowiązków związanych z jazdą,
- pojazd autonomiczny, tj. w pełni zautomatyzowany pojazd wyposażony w technologię pozwalającą systemowi wykonywać wszystkie funkcje związane z jazdą bez jakiegokolwiek interwencji ze strony człowieka.

Według tych definicji w Europie nie ma jeszcze samochodu autonomicznego, ponieważ wszystkie modele, które do tej pory były tak określane, nie posiadają w pełni niezależnego układu sterowania, tylko wykorzystują systemy wspomagające kierowcę.

Unia Europejska korzysta z klasyfikacji SAE (*International Society of Automotive Engineers*) zbliżonej do klasyfikacji NHTSA, w której wyróżnia się 6 poziomów (*Automated driving levels of driving...*, 2014):

- Poziom 0 – bez automatyzacji – pełna kontrola ze strony kierowcy, nawet jeśli samochód jest w stanie informować o zagrożeniach.

- Poziom 1 – wsparcie kierowcy – systemy wspomaganie poszczególnych aspektów jazdy, na przykład kierowania, przyspieszania lub hamowania, automatyka wybranych układów sterowania samochodem. Kierowca nadal obsługuje wszystkie systemy pokładowe.
- Poziom 2 – częściowa automatyzacja, tj. wykorzystanie systemu zarówno do kierowania samochodem, jak i regulacji prędkości. Wspólne działanie zautomatyzowanych układów, zwalniające kierowcę z konieczności ich obsługi, na przykład aktywny układ kontroli prędkości wraz z układem stabilizacji toru jazdy. Kluczowe decyzje związane z pozostałymi czynnościami podejmuje kierowca.
- Poziom 3 – warunkowa automatyzacja, możliwość przejścia przez samochód kontroli nad wszystkimi aspektami jazdy przy założeniu, że kierowca w każdej chwili musi być gotowy do przejścia kontroli nad samochodem. Samochód informuje kierowcę, kiedy zachodzi potrzeba przejścia przez niego kontroli nad pojazdem. Zakłada się, że kierowca zareaguje w zależności od konieczności.
- Poziom 4 – wysoki poziom automatyzacji, samochód jest w stanie przejąć kontrolę na wszystkich aspektach jazdy, nawet jeśli kierowca nie reaguje na wezwanie przejścia kontroli.
- Poziom 5 – pełna automatyzacja, samodzielna jazda samochodu we wszystkich warunkach. Samochód steruje wszystkimi funkcjami podczas jazdy, w tym funkcjami krytycznymi dla bezpieczeństwa.

Przytoczona 6-stopniowa skala poziomów automatyzacji samochodów SAE niewiele się różni od skali NHTSA i obecnie jest także stosowana w USA (zob. *Automated driving systems 2.0. A vision for safety*, 2017: 4). Podobnie poziom 0 to pełna kontrola pojazdu przez kierowcę, a poziom najwyższy 5 oznacza automatyzację pojazdu w stopniu, w którym ingerencja kierowcy jest niepotrzebna. SAE przyjmuje jedynie zasadę, według której system z przedziału 0–3 musi być kontrolowany i w sytuacji zagrożenia przejęty przez kierowcę, podczas gdy komputer operujący na poziomach 4–5 w żadnym stopniu nie potrzebuje nadzoru.

Z powyższego wynika, że samochód autonomiczny nie musi mieć stałego połączenia z internetem, tym bardziej że dostęp do internetu w zależności od miejsca położenia pojazdu może być niekiedy ograniczony. Samochód autonomiczny powinien dysponować wszystkimi informacjami dotyczącymi infrastruktury, dokładnymi mapami łącznie z rozmieszczeniem i szerokością pasów i wieloma innymi danymi. Posiadanie systemu pozwalającego lokalizować się pojazdowi nie wymaga stałego połączenia z internetem. Natomiast takie łącze na pewno jest potrzebne dla komunikacji między pojazdami lub aby gromadzić i przekazywać informacje o aktualnym położeniu samochodu i o korkach oraz by ewentualnie wybrać dostępniejszą trasę.

Autonomiczne samochody – korzyści i wady użytkowania

Wdrożenie do użytkowania pojazdów autonomicznych w przyszłości przysporzy dużo wyraźnych korzyści, ale również i wiele problemów do rozwiązania.

Niewątpliwe korzyści to zmniejszenie liczby kolizji³, czyli mniej wypadków, mniejsza kongestia i zwiększenie przepustowości, czyli zmniejszenie zatorów na drogach i ulicach, skrócenie czasu podróży, łatwiejsze parkowanie, pokonywanie dłuższych tras bez konieczności zatrzymywania się na odpoczynek, zatem mniej stresująca podróż i brak ograniczeń, odciążenie kierowcy od czynności związanych z prowadzeniem pojazdu, zniesienie barier odnośnie osób mogących kierować samochodem, zmniejszenie zapotrzebowania na kontrolowanie dróg przez policję i inne służby, mniej kradzieży samochodów, mniejsze koszty zatrudnienia dla firm transportowych, a także efektywniejsze wykorzystanie taboru.

Niewątpliwe wady niosące nowe problemy do rozwiązania dotyczą odpowiedzialności, niezawodności, prywatności, bezpieczeństwa i podatności na terroryzm, oporu samych kierowców, stopniowej utraty przez nich doświadczenia w kierowaniu, a także ewentualnej utraty dotychczasowych miejsc pracy (zob. więcej Acheampong i in., 2018).

Do tej pory nie ma jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, kto będzie odpowiadał za wypadek, który spowoduje autonomiczny samochód. Właściciel, producent, dysponent, programista systemu lub może jakaś inna strona? Zaistnienia wypadku nie da się wykluczyć i jednoznacznie go przewidzieć, tak jak nie można wykluczyć obowiązku prawnego lub moralnego wynikającego z odpowiedzialności za popełnione czyny.

Samochód autonomiczny w trakcie jazdy zbiera mnóstwo informacji, dotyczących na przykład celu podróży, pokonanego dystansu, ruchliwości, odwiedzanych miejsc, postojów, a także samego użytkownika. Powstaje zatem pytanie, kto będzie mógł mieć dostęp do tych informacji, czy będzie można je wykorzystać i czy jest to zgodne z aktualnymi przepisami prawnymi.

Bezpieczeństwo może dotyczyć nie tylko systemu i jego zawodności, gdy trzeba będzie na przykład awaryjnie zrestartować pokładowy komputer, ale i przejęcia kontroli przez cyberprzestępców nad pojazdem i pokierowania go w miejsce, w którym użytkownik i przewożony ładunek może paść ofiarą kradzieży, nadużycia lub przestępstwa terrorystycznego. Bezpieczeństwo dotyczy także zasobu informacji o użytkowniku, które mogą stać się łupem hakerów.

Wdrożeniu pojazdów autonomicznych może towarzyszyć także opór kierowców zawodowych wynikający między innymi z obawy o utratę miejsc pracy, lecz i z samej natury większości indywidualnych kierowców. Wielu kierowców czerpie

³ Samochód sterowany komputerowo nie będzie „wyprzedzał na trzeciego”, przekraczał dozwolonej prędkości czy przejeżdżał na „późnym żółtym”. Skoro z dróg znikną będą kierowcy, to nie będzie już także tych pijanych i pod wpływem narkotyków (*Samochody autonomiczne przyszłością motoryzacji*, 2017)

przyjemność z kierowania samochodem, niechętnie rezygnuje z możliwości decydowania o jeździe lub chętnie ekspozuje swoją indywidualność na drodze, na przykład poprzez ryzykowne zachowania.

Istnieją także wątpliwości natury etycznej dotyczące zaprogramowania pojazdów w aspekcie tzw. trudnych wyborów, czyli mniejszego zła, na przykład czy w sytuacji skrajnej uderzyć w drzewo, czy w pieszego lub rowerzystę (zob. *Moral Machine – Human Perspectives on Machine Ethics*, 2018). Oczywiście samochód można tutaj odpowiednio zaprogramować, na przykład demokratycznie zakładając, że wszyscy w danej sytuacji są wobec siebie równi. Pragmatycznie – gdyż niektórzy uczestnicy ruchu drogowego są uważani za ważniejszych od innych, na przykład pierwszeństwo dla pieszych na przejściu, pierwszeństwo dla dzieci w okolicy szkół lub pierwszeństwo dla pojazdów uprzywilejowanych. Egocentrycznie – gdy pasażerowie samochodu samojezdnego są najważniejsi lub materialistycznie – tak aby spowodować najmniejsze straty materialne. W końcu można także zastosować opcję domyślną, co w konsekwencji zawsze prowadzić będzie do dylematów natury prawnej związanej z odpowiedzialnością (zob. Miller, 2016: 8). Kwestie odpowiedzialności, jak również kwestie etyczne są w cywilizowanych społeczeństwach rozpatrywane przez sądy i prawodawców. Mając jednak na uwadze tempo, w jakim działają te organy, to technologia zwykle pojawia się o wiele wcześniej niż regulujące ją przepisy. Niemniej bez konkretnego ustalenia odpowiedzialności prawnej nie będzie możliwości na masową skalę użytkowania samochodu autonomicznego.

Ryzyko i operacyjne problemy, jakie ze sobą niosą pojazdy autonomiczne, to także brak odpowiedniej liczby dokładnych cyfrowych map do poprawnego pozycjonowania i niezależnego sterowania, konieczność ciągłej aktualizacji tych map w czasie rzeczywistym, brak konkretnych i niezawodnych rozwiązań w sytuacjach krytycznych, na przykład gdy przy skrócie pojazd autonomiczny może nie poradzić sobie z zaśnieżoną lub oblodzoną jezdnią, a także problemy z poprawnym odczytaniem gestów kontroli drogowej. Ponadto systemy samochodów mogą nie rozpoznawać małych zwierząt, wybojów na drodze, otwartych niezabezpieczonych studzienek kanalizacyjnych. Nie jest też jeszcze zaprojektowany odpowiedni algorytm rozwiązujący problem z lewoskrętem na ruchliwej drodze, samochód autonomiczny nie potrafi też przejechać przez parking (Owczarzak, 2015: 3682–3683).

Rozważając przyszłe konsekwencje użytkowania samochodów autonomicznych warto posłużyć się zapytaniem Jose Viegasa, sekretarza generalnego Międzynarodowego Forum Transportu (Viegas, 2017: 5), który stawia kluczowe pytanie, czy jesteśmy gotowi, aby udostępnić drogi dziesiątkom ton stali, za które odpowiedzialności nie bierze człowiek. Pytanie to dotyczy rozważań związanych z autonomicznym przemieszczaniem się ciężarówek, których wykorzystanie w niedalekiej przyszłości jest jak najbardziej prawdopodobne.

Autonomiczne ciężarówki

Szerokiej automatyzacji jako pierwsze mogą być poddane samochody ciężarowe. Może to się dokonać dwustopniowo: najpierw pojawiłyby się konwoje, w których kilka ciężarówek autonomicznych będzie podążało za główną ciężarówką kierowaną przez człowieka. Potem konwoje mogą być zastąpione przez w pełni autonomiczne pojazdy – samochody ciężarowe.

Plany dotyczą przede wszystkim autostrad – relatywnie prostych tras, pozbawionych ryzyka dla pieszych. Kierowcy w razie potrzeby przeprowadzaliby samochody przez miasto, by pozostawić je przy wjazdach na autostrady. Nawigacja w ruchu miejskim, z wieloma skrzyżowaniami, krętymi drogami, a przede wszystkim pieszymi, rowerzystami, motocyklami wciąż jest trudnym wyzwaniem dla pojazdów autonomicznych, także ciężarowych.

Autonomizacja ciężarówek na samych tylko autostradach mogłaby przynieść korzyści firmom spedycyjnym. Na przykład przejazd z Lizbony do Warszawy zajmuje samochodowi ciężarowemu około 4,5 dnia. Można by to skrócić do 1,5 dnia, ponadto autonomiczne ciężarówki mogłyby operować bez przerwy, 24 godziny na dobę, co przyspieszyłoby pokonywanie dłuższych dystansów, a także pozwoliło zmniejszyć koszty siły roboczej i operacyjne dla firm (Keating, Kokoszczyński, 2017).

Jose Viegas rozważa trzy etapy wdrożenia autonomicznych samochodów ciężarowych, a mianowicie (Viegas, 2017: 6):

- pluton blisko rozproszonych ciężarówek – traktowany jako pierwszy etap przejściowy,
- drugi etap przejściowy obejmujący częściową kontrolę ciężarówek przez człowieka,
- trzeci etap – zdalna jazda pojazdów ciężarowych.

W tak zwanym plutonie większa liczba blisko rozmieszczonych samochodów ciężarowych tworzy konwój. W kokpicie czołowej ciężarówki operuje kierowca, który prowadzi cały ciąg pojazdów. Kolejne są połączone z pierwszą poprzez bezprzewodowe łącza danych, które regulują zachowanie bezpiecznej odległości od poprzedzającego pojazdu. Możliwość funkcjonowania ciężarówki bez potrzeby obecności kierowców mogłaby pozwolić na znaczne oszczędności. W tym przypadku kontrola ciągu konfiguracji pojazdów może stanowić duże wyzwanie dla ich kierowców, podobnie jak dla innych uczestników ruchu drogowego.

Drugą opcją przejściową jest częściowa kontrola przez człowieka. Ma ona polegać na obowiązkowej obecności kierowcy w każdym samochodzie ciężarowym, jednak jego rola ma być ograniczona do obsługi skomputeryzowanego systemu w razie, gdyby pojawiły się nieoczekiwane problemy w prowadzeniu pojazdu. Ta pasywna technologia jest dalece zaawansowana: producent samochodów ciężarowych Daimler przeprowadza na autostradach w amerykańskiej Nowadzie testy autonomicznych samochodów ciężarowych zaopatrzonych w system wspomagania kie-

rowania. Tego typu działania pozwolą nabyć doświadczenie niezbędne w przyszłej pracy nad systemem autonomicznej jazdy. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że również takie podejście ma pewne ograniczenia. Co najważniejsze, samo przejęcie pełnej kontroli pojazdu przez człowieka jest szczególnie ryzykowne. Sytuacja taka wymaga bowiem od kierowcy pełnego skupienia i nieustannej gotowości do działania. Niezależnie więc, czy tego typu zadanie jest mniej męczące, osoba obsługująca nadal będzie potrzebowała czasu na odpoczynek. W większości przypadków zdalnie sterowanych pojazdów istnieje ryzyko, że kierowca nie będzie w stanie odpowiednio szybko zareagować i przejąć kontrolę. Dodatkowo obecność kierowcy w kokpicie samochodu ciężarowego oznacza brak znacznych redukcji kosztów operacyjnych, co powoduje spadek atrakcyjności tej opcji dla przewoźników.

Trzecią opcją jest zdalna jazda z wykorzystaniem centrum kontrolnego, na przykład imitującego wnętrze ciężarówki, w którym znajdowałiby się profesjonalni kierowcy mający dostęp do narzędzi i informacji, podobnie jak ma to miejsce w warunkach rzeczywistych. Występujące tam zdalne sterowniki mogłyby monitorować i kontrolować dużą liczbę samochodów ciężarowych, interweniować, przejmując kierownicę, czy przyspieszać i hamować, kiedy występuje taka potrzeba. Stosunkowo niski poziom złożoności jazdy na autostradzie umożliwiłyby obsługę całej floty samochodów ciężarowych przy założeniu, że kierowców nimi sterujących byłoby zdecydowanie mniej niż pojazdów. Takie rozwiązania, wprawdzie nie dotyczące ciężarówek poruszających się na autostradach, są już na świecie testowane i przynoszą oczekiwane rezultaty, na przykład zdalnie sterowane statki, zdalnie sterowane myśliwce wojskowe, zdalnie sterowane drony oraz zdalnie sterowane minibusy i samochody dostawcze w miastach. Jazda sterowana z centrów kontrolnych może mieć dużo zalet. Dla kierowców transport ładunków stałby się regularną pracą biurową – podobną do tej, którą wykonują kontrolerzy ruchu lotniczego. Ponadto mogą oni pod koniec dnia wracać do domu do swoich rodzin w odróżnieniu od dotychczasowego spania w kabinach ciężarówek, na parkingach, bez żadnych udogodnień. W porównaniu do pełnej automatyzacji zdalne sterowanie zapewnia ciągłość umiejętności. Najbardziej doświadczeni kierowcy przenoszą się bowiem do centrów kontrolnych, gdzie zapewniane im są bardziej stabilne i wygodne warunki pracy.

Zdalne sterowanie nie wymaga koordynacji samochodów ciężarowych tam, gdzie się znajdują. Mogą być obsługiwane z każdego miejsca zaopatrzonego w dobry zasięg komunikacyjny. Biorąc pod uwagę redukcję kosztów i wzrost wydajności, jakie oferują, potencjalne zapotrzebowanie na zdalnie sterowane ciężarówki powinno być oczywiste.

Zdaniem autora tych wizji (Viegas, 2017: 5–7) trzecia opcja, czyli model centrum sterowania zdalnymi samochodami ciężarowymi poruszającymi się po autostradach wydaje się drogą do pełnej ich automatyzacji. Takie rozwiązanie może znaleźć bezpośrednie zastosowanie również w innych obszarach, które angażują profesjonal-

nych kierowców, na przykład taksówkach czy autobusach. Tego typu rozwiązanie może być niezwykle atrakcyjne dla operatorów ze względu na znaczące oszczędności. Dostępność człowieka na zapleczu w przypadku awarii systemu zmniejszyłaby natomiast obawy związane z pełną odpowiedzialnością komputerów.

Podsumowanie

Autonomizacja i automatyzacja jest najbardziej prawdopodobnym kierunkiem rozwoju wszystkich gałęzi transportu. Podobne procesy występują już od dawna w pozostałych gałęziach przemysłu, na przykład roboty w procesach produkcji, magazynowania i w wielu innych miejscach.

Autonomiczne pojazdy ciężarowe w niedalekiej przyszłości zrewolucjonizują transport drogowy, ponieważ będą mogły samodzielnie pokonać bardzo długą trasę bez udziału kierowcy w kabinie. To samo dotyczyć będzie transportu osób. Pasażer nie będzie musiał sprawować kontroli nad pojazdem, jedyne co będzie do niego należało, to wprowadzić miejsce – cel swojej podróży.

Istnieje wiele wyraźnych korzyści wynikających z oddania pokładowym komputerom kontroli nad samochodem i włączenia go do globalnej sieci, ale także wiele wad oraz nowych wyzwań. Oprócz czysto technicznych zagadnień bardzo ważne są wyzwania prawne dotyczące określenia odpowiedzialności wynikającej z użytkowania pojazdów autonomicznych.

Na dzień dzisiejszy autonomiczne samochody nie mogą jeździć samodzielnie, ponieważ nie są jeszcze na tyle zaawansowane, lecz stopniowo, z biegiem lat, autonomizacja wszystkich pojazdów samochodowych stanie się rzeczywistością i znacznie przyczyni się do zwiększenia wydajności transportu oraz bezpieczeństwa na drodze.

Bibliografia

- Acheampong R.A., Thomopoulos N., Marten K., Beyazit E., Cugurullo F., Dusparic I. (2018), *Literature review on the social challenges of autonomous transport*, STSM Report for COST Action CA16222 “Wider Impacts and Scenario Evaluation of Autonomous and Connected Transport (WISE-ACT).
- Automated driving levels of driving automation are defined in new SAE International Standard J3016* (2014), https://www.smmmt.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/automated_driving.pdf [dostęp: 9.06.2018].
- Automated driving systems 2.0. A vision for safety* (2017), https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf [dostęp: 9.06.2018].

- Brachman A. (2013), *Internet przedmiotów. Raport Obserwatorium ICT*, Technopark Gliwice, http://www.obserwatoriumit.pl/site/assets/files/1059/internet_of_things.pdf [dostęp: 20.05.2018].
- Connected Car Effect 2025* (2017), <http://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/bosch-study-shows-more-safety-more-efficiency-more-free-time-with-connected-mobility-82818.html> [dostęp: 23.10.2018].
- Czenko M. (2018), *O testowaniu samochodów autonomicznych (krytycznych) słów kilka*, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/o-testowaniu-samocho-dow-autonomicznych-krytycznych-slow-kilka-57672.html> [dostęp: 21.05.2018].
- Greenough J. (2015), *This is how big connected cars will be in regions around the world*, <https://www.businessinsider.com/how-big-connected-cars-will-be-in-regions-around-the-world-2015-3?IR=T> [dostęp: 23.10.2018].
- Januszkiewicz A. (2017a), *Bosch: Internet rzeczy w motoryzacji na Mobile World Congress 2017*, <http://motofaktor.pl/m/50,2/AKTUALNOSCI/Bosch-Internet-rzeczy-w-motoryzacji-na-Mobile-World-Congress-2017,6608.html> [dostęp: 23.10.2018].
- Januszkiewicz A. (2017b), *Bosch: aktualizacja oprogramowania auta dzięki chmurze*, <http://motofaktor.pl/m/50,2/AKTUALNOSCI/Bosch-aktualizacja-oprogramowania-auta-dzieki-chmurze,7592.html> [dostęp: 23.10.2018].
- Keating D., Kokoszczyński K. (2017), *Samochody autonomiczne na europejskich ulicach już w 2025?*, <https://www.euractiv.pl/section/gospodarka/news/samochody-autonomiczne-na-europejskich-ulicach-juz-w-2025/> [dostęp: 11.06.2018].
- Łukaszewicz P., Giecewicz M. (2017), *Bezpieczny transport – wizja motoryzacji wg Boscha na targach IAA*, „Nowoczesny Warsztat”, nr 10(217).
- Miller M. (2016), *Internet rzeczy. Jak inteligentne telewizory, samochody, domy i miasta zmieniają świat*, PWN, Warszawa.
- Moll J. (2017a), *Wielka Brytania chce wprowadzić konwoje autonomicznych ciężarówek*, <https://tylkonauka.pl/wiadomosc/wielka-brytania-chce-wprowadzic-konwoje-autonomicznych-ciezarowek> [dostęp: 12.06.2018].
- Moll J. (2017b), *W Australii odbył się pierwszy test pilotażowy autonomicznego pociągu towarowego*, <https://tylkonauka.pl/wiadomosc/w-australii-odbyl-sie-pierwszy-test-pilotazowy-autonomicznego-pociagu-towarowego> [dostęp: 12.06.2018].
- Moll J. (2017c), *W 2018 roku wyruszy pierwszy bezzalogowy kontenerowiec, napędzany prądem elektrycznym*, <https://tylkonauka.pl/wiadomosc/w-2018-roku-wyruszy-pierwszy-bezzalogowy-kontenerowiec-napedzany-pradem-elektrycznym> [dostęp: 12.06.2018].
- Moll J. (2017d), *Boeing chce wprowadzić pierwsze autonomiczne samoloty pasażerskie*, <https://tylkonauka.pl/wiadomosc/boeing-chce-wprowadzic-pierwsze-autonomiczne-samoloty-pasazerskie> [dostęp: 12.06.2018].

- Moral Machine – Human Perspectives on Machine Ethics* (2018), https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=XCO8ET66xE4 [dostęp: 14.06.2018].
- Owczarzak W. (2015), *Pojazdy autonomiczne na przykładzie samojeżdżącego samochodu Google'a*, „Logistyka”, nr 3.
- Piszcz J. (2017), *Bosch: rozwiązania przyszłości na targach IAA*, <http://motofaktor.pl/m/50,2/AKTUALNOSCI/Bosch-rozwiazania-przyszlosci-na-targach-IAA,7640.html> [dostęp: 14.06.2018].
- Samochody autonomiczne* (2018), <https://autokult.pl/t/50240.samochody-autonomiczne> [dostęp: 10.06.2018].
- Samochody autonomiczne przyszłością motoryzacji* (2017), <https://www.money.pl/gospodarka/wiadomosci/artukul/samochody-autonomiczne-przyszloscia,143,0,2250127.html> [dostęp: 10.06.2018].
- Viegas J. (2017), *Daleka droga*, „OECD 360”, nr 5(8), [http://www.pte.pl/pliki/2/12/OECD_360_5\(8\)2017_compressed\(1\).pdf](http://www.pte.pl/pliki/2/12/OECD_360_5(8)2017_compressed(1).pdf) [dostęp: 10.06.2018].

Summary

Intelligent and autonomous cars in the transport of people and things

The purpose of this article is to present the capabilities of intelligent cars in relation to the development of the Internet of Things. It discusses their classification and suggests possible scenarios for the use of autonomous trucks in road transport. The first part of the article refers to the concept of the Internet of Things in relation to the development of a smart car. The article then characterises the levels of autonomy of vehicles and presents scenarios for the development of automatic road transport. The article concludes with a summary.

Keywords: internet of things, road transport, autonomous car

Słowa kluczowe: internet rzeczy, transport drogowy, autonomiczny samochód