

Karol Wołodźko, Dominik Zalewski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Autonomiczny transport drogowy przyszłością logistyki XXI wieku

Autonomous Road Transport as Logistic's Future in XXI Century

Synopsis. Tematem referatu jest autonomia pojazdów drogowych. Zagadnienia poruszone w nim dotyczą obecnego stanu automatyzacji w transporcie drogowym oraz przyszłości transportu autonomicznego. Rozpoczęcie pozwala przybliżyć złożoność omawianego problemu. Następnie omawiane są pojęcia „zautomatyzowany” i „autonomiczny” oraz ich definicje w UE i USA. W dalszej części referatu przedstawiona jest obecna sytuacja dotycząca automatyzacji w transporcie. Omawiane są też inteligentne rozwiązania już wprowadzone oraz te, nad którymi trwają jeszcze prace, między innymi prezentowane są projekty firmy Google. Następny rozdział jest poświęcony analizie SWOT. W nim też dokonana jest dokładna analiza szans, zagrożeń, mocnych i słabych stron autonomicznych pojazdów drogowych oraz ich znaczenie dla logistyki.

Słowa kluczowe: automatyzacja, samochody autonomiczne, transport zautomatyzowany, inteligentne rozwiązania transportowe

Abstract. The subject of the article is an autonomy of road vehicles. Issues which has been raised in it concern about present situation of automation in road transport. Admission allows to recognize this problem. Then, definitions of „autonomous” and „automated” are compared in European Union and in the USA. In the following part, there is described present situations of transport's autonomy and intelligent solutions. At the end, it is shown SWOT analysis, which compares strengths, weaknesses, opportunities and threats of autonomous road vehicles and its importance for Logistics.

Key words: automation, autonomous cars, automated transport, intelligent transport solutions

Wstęp

Potrzeba przetransportowania dóbr była od zawsze niemalym wyzwaniem. Przypatrując się historii naszej cywilizacji, postęp technologiczny w zakresie transportu ewoluował. Poczynając od fizycznego przemieszczania niezbędnych towarów oraz poprzez

wykorzystanie do pomocy zwierząt, następnie rewolucję przemysłową, która umożliwiła nam między innymi transport kolejowy oraz samochodowy. Obecnie z kolei obserwuje się zmiany w zakresie poziomu autonomii prowadzenia środków lokomocji. W referacie autorzy skupili się na tych przemianach zachodzących w transporcie drogowym, którym przewozi się w Polsce największą ilość ładunków, w 2016 roku było to 1 546 752 tys. ton (co stanowi 84,2% wszystkich przewiezionych ładunków) [GUS 2017]. W branży transportowej są zatrudnieni kierowcy, generujący dla gospodarki znaczące koszty. Wydatki te dałoby się zmniejszyć, dzięki implementacji na szerszą skalę technologii automatyzacji oraz całkowitej autonomii pojazdów.

Celem artykułu jest przybliżenie koncepcji pojazdów zautomatyzowanych i autonomicznych, omówienie technologii już stosowanych oraz tych, które niedługo mogą być codziennością. Autorzy wskazali też bariery, które muszą zostać jeszcze pokonane, żeby wdrażać te technologie. Została również podjęta próba oszacowania, jak te rozwiązania zmieniają przyszłość logistyki w XXI wieku.

Zastosowana metoda gromadzenia danych to studium literatury, krajowej oraz zagranicznej. Artykuł ma charakter przeglądowy, wybrane aspekty teoretyczne zostały przedstawione z wykorzystaniem własnych spostrzeżeń.

Definicja transportu zautomatyzowanego i autonomicznego

Okazuje się, że jednoznaczne wyjaśnienie pojęcia transportu autonomicznego jest niemożliwe, ponieważ w poszczególnych częściach świata jest on inaczej definiowany. Za ogólnym wyjaśnieniem pojęcia należy interpretować rozwiązanie, w którym całkowitą kontrolę nad pojazdem przejmuje technologia, która umożliwia samodzielne prowadzenie środka lokomocji i jednocześnie potrafi interpretować ciągle zmieniające się warunki panujące na drodze, nie wspominając o nagłych i niespodziewanych sytuacjach.

Unia Europejska prezentuje czytelne definicje dwóch rodzajów transportu. Pojazdem zautomatyzowanym nazywa się „pojazd wyposażony w technologię pozwalającą kierowcy przekazać systemom pokładowym część obowiązków związanych z jazdą”. Z kolei autonomicznym środkiem lokomocji jest „w pełni zautomatyzowany pojazd wyposażony w technologię pozwalającą systemowi wykonywać wszystkie funkcje związane z jazdą bez jakiegokolwiek interwencji ze strony człowieka” [Pillath 2016]. Jednak najczęściej przywoływaną klasyfikacją stopnia autonomicznej jazdy jest podział według amerykańskiego urzędu do spraw bezpieczeństwa ruchu drogowego (National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA), obowiązująca od 2013 roku. Klasyfikacja ta została przedstawiona w tabeli 1.

Warto zaznaczyć, że pojazdów w pełni autonomicznych na rynku jeszcze nie ma, chociaż General Motors zapowiedziało, że w 2019 roku zostanie wypuszczony pierwszy taki samochód [Business..., 2018]. Sam proces autonomizacji jazdy samochodem trwa od dłuższego czasu. Do najniższej kategorii zalicza się co raz mniej pojazdów, głównie starszych modeli lub mających ubogą wersję wyposażenia. Obecnie większość klasyfikuje się co najmniej na poziomie 1. Do drugiej kategorii można przyporządkować samochody Tesli, wyposażone w tryb autopilota, który pozwala na jazdę bez konieczności sterowania

Tabela 1. Klasyfikacja stopnia autonomicznej jazdy według NHTSA

Table 1. Classification of the autonomous driving level according to NHTSA

Poziom	Opis
0	Kierowca obsługuje wszystkie systemy pokładowe – hamulce, prędkość, sterowanie, etc.
1	Automatyka wybranych układów; kierowca nadal obsługuje wszystkie systemy, ale niektóre z nich są dodatkowo wspomagane lub mogą aktywować się samodzielnie, na przykład ESP, ABS,
2	Wspólne działanie zautomatyzowanych układów, zwalniające kierowcę z konieczności ich obsługi, na przykład adaptacyjny tempomat i system utrzymania pojazdu w pasie ruchu.
3	Poziom tzw. automatyzacji samojezdnej; samochody na tym poziomie są w stanie w pełni przejąć od kierowcy pełną kontrolę nad prowadzeniem w określonych warunkach. Kierowca nadal jednak pozostaje kierowcą i musi od czasu do czasu skontrolować działanie systemu.
4	Pełna autonomia; kierowca odpowiada jedynie za wprowadzenie adresu miejsca docelowego, po czym nie musi w trakcie podróży ani przez chwilę nadzorować działania systemu.

Źródło: [<https://www.nhtsa.gov/es/manufacturers/automated-driving-systems>].

przez kierowcę, jednak system ten działa w określonych warunkach, głównie podczas długodystansowych tras poza miastem. Do trzeciej klasyfikacji stopnia autonomicznej jazdy klasyfikuje się autonomiczny samochód Waymo, zaprojektowany przez firmę Google [Barycki 2018].

Inteligentne rozwiązania transportowe

Obecnie przy zakupie samochodu coraz częściej jest zwracana uwaga na dodatkowe wyposażenie oferowane przez producenta. Wielu z nich sprzedaje zaawansowane urządzenia takie jak na przykład asystent parkowania, wspomaganie jazdy na właściwym pasie ruchu, asystent świateł drogowych, który decyduje na podstawie warunków atmosferycznych i pory dnia jaki rodzaj świateł wybrać, tempomat pozwalający na stałe utrzymywanie prędkości bez konieczności wciskania pedału gazu, asystent wykrywania zmęczenia, działający na podstawie mierzenia pulsu poprzez czujniki zamieszczone w kierownicy, system przygotowania samochodu do kolizji, który nadzoruje otworzenie poduszek powietrznych w odpowiednim momencie oraz system unikania kolizji z innym pojazdem lub pieszym, którzy niespodziewanie pojawiają się na drodze.

W większości samochodów można również spotkać układy takie jak ABS (*Anti-Lock Braking System*), zapobiegający blokowaniu kół podczas hamowania, ASR (*Acceleration slip regulation*), którego głównym zadaniem jest niedopuszczenie do nadmiernego poślizgu kół pojazdu podczas przyspieszania, czy też ESP (*Electronic Stability Program*), stabilizujący tor jazdy samochodu podczas pokonywania zakrętu, i przejmujący kontrolę nad połączonymi układami ABS i ASR [Zieliński 2005]. Systemy te znajdują się na liście obowiązkowego wyposażenia samochodów sprzedawanych w Unii Europejskiej, wykaz sukcesywnie staje się coraz dłuższy. Bogata jest również oferta urządzeń podnoszących komfort podróży, na przykład zestaw głośnomówiący, sterowanie głosem, albo podgrzewane fotele z funkcją masażu. Dodatki te nie tylko poprawiają wygodę jazdy, ale również znacząco wpływają na bezpieczeństwo transportu samochodowego.

Przykładów autonomicznych rozwiązań jest wiele. Jednym z nich jest *Samsung Connect Auto* [Długosz 2016]. System ten używa alertów w czasie rzeczywistym, których

zadaniem jest uzyskanie polepszenia stylu jazdy kierowców, co przekłada się głównie na zwiększenia oszczędności zużycia paliwa. Jest to cenna funkcja dla firm z branży logistycznej. Dodatkowo wirtualny mechanik może ocenić stan samochodu pod kątem rekomendacji usług serwisowych. Rozwiązanie to pozwala na szybkie przekazywane powiadomień o uzyskiwanych parametrach eksploatacyjnych, pomagając w ten sposób zmniejszyć koszty napraw [Zaremba i Żmich 2017]. Ponadto, dzienniki podróży automatycznie generują raport e-mail pomagający użytkownikom w śledzeniu wydatków podczas podróży służbowych.

Rozwój systemów V2I, I2V oraz V2V

W celu uzyskania autonomii w transporcie drogowym, samochody wyposaża się w systemy czujników kamer, tworząc stereoskopowy obraz sytuacji przed pojazdem. Komputer sterujący całym procesem, powinien być wyposażony w ogromną moc obliczeniową, gdyż musi zbierać dane nawet do 1GB na sekundę i na ich podstawie generuje spójny obraz otoczenia. Jeszcze bardziej niezbędna jest ogromna pamięć urządzenia ze wszystkimi możliwymi sytuacjami mogącymi wystąpić na drodze. Nasuwa się zatem pytanie, czy jest możliwe przewidzenie wszystkich możliwych sytuacji drogowych i na ich podstawie zaprogramowanie odpowiedniej reakcji samochodu. To właśnie software stanowi ogromne wyzwanie w branży pojazdów autonomicznych.

O ile w przypadku podróżowania samolotem nie potrzeba infrastruktury, oczywiście poza lotniskami, o tyle przy korzystaniu z transportu drogowego dobrze rozwinięta infrastruktura jest niezbędna. Dlatego też nie można zapomnieć o tym aspekcie, który ma dwie strony medalu. Z jednej strony wyposażanie infrastruktury drogowej w różnego rodzaju czujniki, nadajniki i odbiorniki jest bardzo problematyczne i generuje olbrzymie koszty, a z drugiej daje możliwość stworzenia jeszcze bardziej bezpiecznego systemu autonomicznego.

Jak się okazuje, na świecie funkcjonuje już wiele tego typu rozwiązań. System V2I (Vehicle-to-Infrastructure) umożliwia lepsze zarządzanie pojazdami i korzystniejszym wykorzystaniem dróg, gdyż można dostosować się do aktualnie panującego ruchu i sposobie jazdy każdego z uczestników. Dużym atutem tego rozwiązania jest funkcjonowanie tak zwanego asystenta zmiany świateł sygnalizacji świetlnej. Zbliżające się pojazdy mogą zgłosić w ten sposób żądanie przejazdu przez skrzyżowanie w określonym kierunku. Za pomocą technologii I2V (Infrastructure-to-Vehicle) jest możliwość przekazania do pojazdu informacji znakach drogowych zarówno pionowych, jak i poziomych. Informacja o zapaleniu się zielonego światła jest przekazywana do samochodu i w zależności od czasu, jaki pozostał do zmienienia się koloru światła sygnalizacji drogowej, pojazd dostosowuje prędkość, aby móc przejechać bez konieczności zatrzymywania się. Jak łatwo można się domyślić, to rozwiązanie przyczynia się do redukcji korków drogowych i obniża zużycie paliwa. Oprócz tego IV2 przyczynia się do ograniczenia zjawiska kongestii¹, umożliwia także pobieranie opłat drogowych.

¹ Kongestia to zwiększenie liczby pojazdów na drogach oraz natężenie ruchu. Inaczej jest to „paraliż drogowy”, spowodowany zakorkowaniem pewnych odcinków dróg. Występuje prawie w każdej

Rozwijane są również systemy komunikacji pomiędzy pojazdami V2V (*Vehicle-to-Vehicle*). Pozwalają one na wymianę informacji pomiędzy kierowcami w różnego rodzaju sytuacjach. Przykładowo osoby kierujące pojazdem mogą zostać poinformowane o zagrożeniu na drodze w postaci wypadku drogowego lub zorientować się, co do kierunku i prędkości jazdy innych pojazdów znajdujących się w pobliżu. Może pomóc to w warunkach słabej widoczności, a także zwiększyć bezpieczeństwo przejazdu policji, staży pożarnej i karetek pogotowia [Szymczak 2013]. System V2V korzysta z bezprzewodowej łączności WLAN, a w jego rozwój angażują się takie firmy jak General Motors, Volkswagen oraz Daimler.

Wyżej wymienione systemy V2I, I2V i V2V są ogólnie zwane Car-2-X i bez wątpienia wpływają korzystnie na poprawę bezpieczeństwa ruchu. W zakresie rozwijania tych technologii było prowadzonych kilka projektów, takich jak WILLWARN (*Wireless Local Danger Warning*), który był poświęcony rozwijaniu systemów zdalnego ostrzegania o niebezpieczeństwie na drodze za pośrednictwem komunikacji V2V [Hiller i in., 2018]. Projekt simTD (Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland) prowadzono we Frankfurcie nad Menem. Badania były realizowane na różnego rodzaju drogach od autostrad, przez trasy ekspresowe, aż po zwykłe drogi osiedlowe².

Autonomiczne samochody firmy Google

Firma Google od lat rozwija projekty dotyczące autonomicznych pojazdów. Jednym z nich to przebudowa zwykłych, seryjnych samochodów na pojazdy autonomiczne. W tej roli zazwyczaj wykorzystuje się modele takie jak Toyota Prius, Audi TT, czy też Lexus RX450h. Ceny samochodu – bez systemu Google – zaczynają się od ponad 270 000 PLN. Wszystkie miały normalny układ kierowania, a w środku miejsce dla kierowcy i pasażera. Warto dodać, że w każdej chwili osoba znajdująca się w pojeździe może przejąć kontrolę nad sterowaniem. Wystarczy, że poruszy kierownicą albo wciśnie hamulec. Jest również umiejscowiony awaryjny przycisk, którego naciśnięcie natychmiast wyłącza silnik.

Uzyskanie autonomicznej jazdy w tych modelach jest możliwe dzięki zamontowaniu na dachu specjalnego urządzenia LIDAR (ang. *Light Detection and Ranging*). Jest to połączenie lasera z teleskopem. Laser wysyła poprzez specjalny układ optyczny bardzo krótkie, ale silne impulsy światła. Światło ulega rozproszeniu, które jest obserwowane za pomocą teleskopu, a następnie rejestrowane w detektorze. Na sam koniec tego procesu komputer o dużej mocy obliczeniowej analizuje otrzymane dane [Dubik 1989]. W ten sposób, dzięki skanowaniu dróg w czasie rzeczywistym pojazd uzyskuje wszystkie potrzebne informacje z zewnątrz i wykorzystuje je do bezpiecznej jazdy. System jest w stanie wykrywać remonty panujące na drodze, samodzielnie znaleźć pas tymczasowy, omijać przeszkody i zaparkowane samochody na drodze, a nawet rozpoznać, że jadący rowerzysta wyciąga rękę i chce skręcić.

gałęzi. W transporcie jest związana ze zwiększeniem ilości samochodów w pewnych okresach. W transporcie ładunków kongestia najczęściej występuje w przypadku towarów sezonowych. Źródło: [<https://e-logistyka.pl/logipedia/kongestia/>].

² <https://connectedautomateddriving.eu/project/simtd/> [dostęp: 30.03.2018].



Rysunek 1. Sytuacja, w której rowerzysta sygnalizuje zamiar skrętu w lewo
Figure 1. The situation in which the cyclist signals the intention of turning left
Źródło: [https://www.youtube.com/watch?time_continue=77&v=dk3oc1Hr62g].

Na rysunku 1 uchwycono moment, kiedy samochód wykrył zamiar skrętu w lewo przez rowerzystę. Samochód zwolnił i dostosował odpowiednią prędkości do użytkownika-ka roweru, aby pozwolić mu na zjechanie na lewą stronę pasa ruchu i następnie skręcić.



Rysunek 2. Sytuacja, podczas której pojazd przejeżdża przez skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną
Figure 2. The situation during which the vehicle passes through the intersection with traffic lights
Źródło: [https://www.youtube.com/watch?time_continue=94&v=dk3oc1Hr62g].

Sytuacja na rysunku 2. jest bardziej skomplikowana. Autonomiczny pojazd ma za zadanie przejechać przez skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną i skręcić w prawo. W pierwszej kolejności musi poczekać na zmianę koloru sygnalizacji na zielony. Jednak, pomimo że po pewnym czasie sygnalizacja pozwala na przejazd, po prawej stronie pasa nadjeżdżają rowerzyści, którzy chcą przejechać prosto przez skrzyżowanie. Samochód musi poczekać na ich przejazd, aby móc skręcić bezpiecznie w prawo. Jest to przykład kolejnej, dobrze przewidzianej sytuacji przez programistów, ale jednocześnie pokazuje, jak wiele nieprzewidzianych zdarzeń na drodze może się wydarzyć. Wszystkie trzeba przewidzieć i odpowiednio zaprogramować zachowanie auta do każdej z nich. Na drodze dochodzi też do niespodziewanych zmian i ograniczeń. Przykładem może być tymczasowa sygnalizacja świetlna lub awaryjne kierowanie ruchem przez policjanta. Jednak, jak podaje Google funkcja ta ma być wprowadzona do 2020 roku. Przykłady przedstawione na rysunkach 1 i 2 są tylko przykładami zdarzeń, mogących wydarzyć się na drodze. Przywołanie ich służy pokazaniu tego, że dużo jeszcze pracy czeka programistów, zanim technologia ta będzie mogła zacząć poprawnie i bezpiecznie funkcjonować w dynamicznie zmieniającym się środowisku.

Do 2015 roku autonomiczne samochody firmy Google pokonały ponad 2 mln km w ruchu miejskim. Przejechały 600 tys. razy przez skrzyżowania, zatrzymały się przy 200 tys. znakach stopu i minęły ponad 180 mln innych uczestników ruchu [On the Road...]. Do tego czasu testowane pojazdy brały udział w kilkunastu stłuczkach. Jak podaje firma wszystkie incydenty miały miejsce albo, gdy samochodami kierował człowiek, albo z winy innych uczestników ruchu. Dodatkowo dla zwiększenia bezpieczeństwa prędkość testowanych aut została ograniczona do 40 km/h.

Przyszłość pojazdów autonomicznych

Rozpatrując przyszłość autonomicznych środków transportu, pojawiają się różne wątpliwości. Dotyczą one takich kwestii jak:

- bezpieczeństwo tych środków transportu;
- kto ponosi odpowiedzialność za ewentualne zdarzenia drogowe;
- możliwa potrzeba zaktualizowania praw krajowych oraz międzynarodowych;
- czy upowszechnienie tych środków transportu nie spowoduje bezrobocia strukturalnego.

Próbując znaleźć odpowiedzi na te zagadnienia, przeprowadzono analizę SWOT (tab. 2), co pozwoliło w łatwy i czytelny sposób przedstawić mocne strony (*strengths*), słabe strony (*weaknesses*), szanse (*opportunities*) oraz zagrożenia (*threats*), jakie towarzyszą tej koncepcji.

Prawdopodobnie największą korzyścią przemawiająca za autonomicznymi samochodami jest zwiększenie bezpieczeństwa na drogach. Will Handsfield, dyrektor transportu w Georgetown Business Improvement District, twierdzi, że przyczyną ponad 80% śmiertelnych wypadków drogowych jest błąd ludzki, taki jak: niedopatrzenie, rozproszenie uwagi, złośliwość [Handsfield 2011]. W takim razie logiczne jest to, że wraz z rozwojem transportu autonomicznego zmniejszać się będzie liczba kolizji drogowych. Dla przedsiębiorstw transportowych ogromnym atutem jest dyspozycyjność takich pojazdów oraz

Tabela 2. Analiza SWOT dla drogowych pojazdów autonomicznych

Table 2. SWOT analysis for autonomous road vehicles

	Pozytywne	Negatywne
Wewnętrzne	<p style="text-align: center;">mocne strony</p> <ul style="list-style-type: none"> – jest to bezpieczniejszy transport; – systemy zaprojektowane tak, żeby zapewniały ekonomiczny styl jazdy; – samochody zawsze będą wybierały najkrótsze możliwe trasy; – możliwość użytkowania pojazdów przez osoby niepełnosprawne; – podczas jazdy można wykonywać inne czynności; – w transporcie towarowym brak ograniczeń czasowych przewozu towarów oraz pełna dyspozycyjność środków lokomocji; – zwiększona pojemność pojazdów, w których nie musi już być kierowcy. 	<p style="text-align: center;">słabe strony</p> <ul style="list-style-type: none"> – poleganie na technologii; – wymagana infrastruktura; – niedostosowane przepisy prawne; – wątpliwa etyka sztucznej inteligencji; – wymagane jest przeprowadzenie dużej ilości testów; – brak wymaganych danych (na przykład map); – niezbędna wykwalifikowana kadra do obsługi systemu; – wysoki koszt zakupu pojazdów w pełni zautomatyzowanych.
Zewnętrzne	<p style="text-align: center;">szanse</p> <ul style="list-style-type: none"> – mniej wypadków na drogach, dzięki wyeliminowaniu czynnika ludzkiego; – płynność dostaw w transporcie towarowym; – oszczędność paliwa; – mniejsze zużycie samochodu; – lepsze zagospodarowanie przestrzeni parkingowej; – możliwość uniknięcia wysokiego poziomu kongestii transportowej; – kontrola emisji zanieczyszczeń; – zwiększenie ładu w przestrzeni publicznej; – brak ograniczeń w korzystaniu z samochodu. 	<p style="text-align: center;">zagrożenia</p> <ul style="list-style-type: none"> – źle zaprojektowany system – błędy i luki; – zagrożenia systemowe – podatność na cyberataki; – trudności z ustaleniem jednostki odpowiedzialnej za ewentualne zdarzenia; – nieprzewidywalność sytuacji drogowych mogących się wydarzyć; – problemy natury prawnej; – możliwość wystąpienia bezrobocia strukturalnego; – sprzeciw związków zawodowych.

Źródło: opracowanie własne.

to, że nie są one ograniczone czasowo. System nie potrzebuje snu, nie choruje, nie ma potrzeb fizjologicznych, dzięki czemu może on pracować bez przerwy. Co więcej, dzięki integracji z systemem nawigacji i na bieżąco aktualizowaną mapą cyfrową dróg, samochody będą zawsze wybierały optymalne trasy. Wszystko to sprawi, że czas dostawy ulegnie skróceniu. Niewątpliwą zaletą użytkownika takiego samochodu będzie oszczędność czasu. Użytkownik będzie mógł w czasie porannych podróży do pracy przeczytać gazetę, czy wypić kawę.

Główną obawą dotyczącą rozpowszechnienia się autonomicznych pojazdów jest zbyt wysokie poleganie na technologii. Prowadzenie samochodu to bardzo odpowiedzialne zadanie, którego delegacja całkowicie pod kontrolę automatycznego systemu może nie być dobrym wyborem. W zautomatyzowanym systemie transportu bezpieczeństwo zależy całkowicie od infrastruktury programu. W jaki sposób rozwinąć taką infrastrukturę? Należy zgromadzić ogromne ilości danych (między innymi map) oraz przeprowadzić wiele różnych testów. Kolejnym problemem są niedostosowane przepisy prawne. W prawach o ruchu drogowym wielu państw jest wyraźnie określona definicja kierowcy,

kórym musi być osoba. Pojawia się też kwestia odpowiedzialności za ewentualne zdarzenia drogowe. Kogo ukarać za kolizje powstałe w wypadkach drogowych? Producenta samochodu czy systemu? Pojawia się również problem natury etycznej. Jak zachowa się autonomiczny autobus, gdy nagle na jego drodze pojawi się człowiek? Poświęci życie pasażerów, czy przechodnia? Jest jeszcze wiele spraw do uregulowania, zanim będzie można wprowadzić taką technologię w życie.

Wraz z upowszechnianiem się pojazdów autonomicznych zmniejszy się zużycie paliwa i zostanie ograniczona emisja szkodliwych substancji. Będzie to skutkiem bardziej płynnej jazdy oraz redukcji poziomu kongestii transportowej (wynika to z włączenia do systemu zarządzania ruchem w mieście wszystkich pojazdów autonomicznych jako w pełni sterowalnych urządzeń zintegrowanych teleinformatycznie z infrastrukturą i innymi pojazdami). Dodatkowo zwiększy się ład w przestrzeni publicznej oraz poprawi się estetyka ulic poprzez eliminację znaków drogowych, które nie będą już potrzebne, gdyż pojazdy autonomiczne mogą odbierać odpowiednie sygnały z infrastruktury drogą radiową. Warto tutaj wspomnieć też o tym, że styl jazdy samochodem autonomicznym nie zależy bezpośrednio od użytkownika. Niemożliwe staną się agresywne i brawurowe zachowania zagrażające bezpieczeństwu, gdyż taki samochód jedzie sam. Wszystko to sprawia, że nowe technologie to szanse na bardziej komfortowy styl życia także w sferze poza transportowej.

Wydawać by się mogło, że wprowadzenie do użytku samojeżdżących samochodów niesie ze sobą same korzyści. Niestety, są też zagrożenia. Do jednych z nich, prawdopodobnie największych, należą potencjalne szkody w wyniku nieprzewidzianych scenariuszy. W sytuacji zagrożenia kierowca musi przetworzyć duże ilości informacji w przeciągu ułamka sekundy. Komputer robi dokładnie to samo, ale dużo szybciej. Różnica w działaniu polega na tym, że kierowca musi jeszcze pomyśleć, co zrobić. Samochód tę decyzję już podjął miesiące lub nawet lata wcześniej, kiedy został zaprogramowany. Nie musi on myśleć, musi tylko przetworzyć informacje. Ale co się stanie, jeśli programiści nie przewidzieli danej sytuacji? Lub powstaje zestaw czynników, których algorytm decyzyjny nie jest w stanie przetworzyć? Poważnym niebezpieczeństwem jest również możliwość zainfekowania samochodu złośliwym oprogramowaniem (*malware*), w którego wyniku ktoś może przeprowadzić niepożądane działania, takie jak na przykład: szpiegowanie użytkownika, kradzież samochodu, bądź nawet przeprowadzenie ataku terrorystycznego. Takie zagrożenia są faktycznie realne, gdyż samochód autonomiczny jest urządzeniem komputerowym włączonym do rozległej sieci.

Zakończenie

Od czasu skonstruowania pierwszego samochodu przez Carla Benza minęło już ponad 130 lat. Przez cały XX wiek samochód, jego wygląd oraz technologie w nim używane przechodziły przez różne zmiany [Rychter 1962]. W ostatnich latach obserwowaliśmy głównie automatyzację. Objawiała się ona tym, że producenci prześcigali się w oferowaniu nam coraz to nowszych technologii, które miały za zadanie ułatwić i udogodnić nam podróż, oraz usprawnić przepływ towarów. Systemy te (m.in.: asystent parkowania, ESP, tempomat) są kamieniem milowym dla technologii autonomicznego transportu drogowego.

Upowszechnienie bezzałogowych pojazdów na pewno będzie dużym osiągnięciem w dziejach ludzkości. Trudno dzisiaj powiedzieć, kiedy może to nastąpić. Zdaniem R. Rojasa obecność autonomicznych pojazdów w ruchu miejskim – ze względu na dużą liczbę słabo przewidywalnych czynników – możliwa jest dopiero za 30 czy 40 lat. Jednak na autostradach i drogach szybkiego ruchu, gdzie jazda opiera się na prostych regułach działania, autonomicznych samochodów można się spodziewać za 10 do 15 lat. Na terenach zamkniętych (na przykład na lotniskach) już dziś można wprowadzać autonomiczne samochody [Gozdek 2013]. Na chwilę obecną istnieje jednak zbyt wiele pytań i niewiadomych, żeby wprowadzić ten pomysł w życie. Do czasu wejścia bezzałogowych samochodów na rynek należy rozwiązać wiele kwestii prawnych oraz zminimalizować ryzyko, że taki środek transportu zostanie zainfekowany złośliwym oprogramowaniem. Jednakże, kiedy już ruszy produkcja seryjna takich pojazdów, będziemy mogli się cieszyć wyższym komfortem życia, a transport drogowy będzie szybszy, przyjaźniejszy środowisku, bardziej ekonomiczny, a przede wszystkim bezpieczniejszy.

Literatura

- Barycki P., 2018: Zdejmujesz ręce z kierownicy i nie musisz się niczym przejmować. Tak, takie samochody są już na rynku, Spider'sWeb, [źródło elektroniczne] <https://www.spidersweb.pl/2018/01/samochody-autonomiczne-pozioamy.html> [dostęp: 30.03.2018].
- Business Insider Polska, 2018: Autonomiczne samochody General Motors na ulicach od 2019 r. GM zapowiada masową produkcję, [źródło elektroniczne] <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/pierwszy-autonomiczny-samochod-bez-kierowcy-od-general-motors/fmrt357> [dostęp: 30.03.2018].
- Długosz D., 2016: Samsung Connect Auto – kompletny system dla samochodów (MWC 2016), Komputer Świat, [źródło elektroniczne] <https://www.komputerswiat.pl/aktualnosci/sprzet/samsung-connect-auto-kompletny-system-dla-samochodow-mwc-2016/k30ehzp> [dostęp: 30.03.2018].
- Dubik A., 1989: 1000 słów o laserach i promieniowaniu laserowym, Wydawnictwo MON, Warszawa.
- Gozdek J., 2013: Auto 2020, czyli przyszłość motoryzacji, Chip, [źródło elektroniczne] <http://www.chip.pl/2013/08/auto-2020-czyli-przyszlosc-motoryzacji> [dostęp: 30.03.2018].
- GUS, 2017: Przewozy ładunków i pasażerów w 2016 roku, [źródło elektroniczne] <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/transport-i-lacznosc/transport/przewozy-ladunkow-i-pasazerow-w-2016-roku,11,5.html> [dostęp: 30.03.2018].
- Handsfield W., 2011: How will self-driving cars change transportation?, Greater Greater Washington, [źródło elektroniczne] <https://ggwash.org/view/11545/how-will-self-driving-cars-change-transportation> [dostęp: 30.03.2018].
- Hiller A., Hinsberger A., Strassberger M., Verburg D., 2018: Results from the WILLWARN PROJECT. <https://www.nhtsa.gov/es/manufacturers/automated-driving-systems> [dostęp: 30.03.2018]. https://www.youtube.com/watch?time_continue=77&v=dk3oc1Hr62g [dostęp: 30.03.2018].
- On the Road to Fully Self-Driving, Waymo Safety Report, [źródło elektroniczne] <https://storage.googleapis.com/sdc-prod/v1/safety-report/waymo-safety-report-2017.pdf> [dostęp: 30.03.2018].

- Pillath S., 2016: Automated vehicles in the EU, Parlament Europejski, [źródło elektroniczne] [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI\(2016\)573902_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573902/EPRS_BRI(2016)573902_EN.pdf) [dostęp: 30.03.2018].
- Rychter W., 1962: Dzieje samochodu, WKiŁ, Warszawa.
- Szymczak M., 2013: W oczekiwaniu na autonomiczne samochody. Czy spełnią oczekiwania kierowców i jak wpłyną na miasta?, *Transport Miejski i Regionalny* 10, s. 4–9.
- Zaremba M., Żmich K., 2017: Przyszłość na kołach – automatyczne pojazdy w transporcie ciężarowym, *Journal of TransLogistics* 3(13), 1, 95–105.
- Zieliński A., 2005: Rozwój koncepcji samochodu osobowego w XX wieku, Instytut Historii Nauki PAN, Warszawa.

Adres do korespondencji:

lic. Karol Wołodźko

(<https://orcid.org/0000-0003-0517-159X>)

Student kierunku Logistyka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk Ekonomicznych

e-mail: karolw1004@gmail.com

lic. Dominik Zalewski

(<https://orcid.org/0000-0003-4954-0027>)

Student kierunku Logistyka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Nauk Ekonomicznych

e-mail: dominikzalewski97@gmail.com