



Rozwój technologii pojazdów autonomicznych w ocenie polskich kierowców

Magdalena Tomczyk

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

magdalena.tomczyk3@edu.uekat.pl, ORCID: 0009-0000-2378-4432

Streszczenie: Pojazdy autonomiczne stały się jedną z propozycji rynku w odpowiedzi na bariery rozwojowe, z jakimi boryka się transport. Zwiastunem nadchodzącej zmiany były m.in. trwające od niemal wieku badania i eksperymenty, coraz to nowsze rozwiązania technologiczne pojawiające się w samochodach osobowych czy też powolne aktualizowanie przepisów prawa o ruchu drogowym. Celem tego artykułu jest identyfikacja oczekiwań i obaw polskich kierowców w związku z rozwojem i wdrażaniem pojazdów autonomicznych oraz porównanie otrzymanych wyników z globalnymi liderami wdrażania autonomizacji. Przybliżono w nim historię autonomizacji pojazdów, ich budowę, bariery wdrożeniowe oraz potencjalny wpływ rozwoju tej technologii na gospodarkę. W artykule zaprezentowano wyniki badania ankietowego, którego celem była weryfikacja podejścia polskich kierowców do autonomizacji transportu. Uzyskane wyniki skonfrontowano z wynikami podobnego badania przeprowadzonego w Wielkiej Brytanii – państwie znajdującym się w czołówce w rankingu gotowości do wdrożenia pojazdów autonomicznych. Wyniki badania wskazują, że Polacy są bardziej otwarci na rozwój technologii pojazdów autonomicznych. Nastawienie społeczeństwa będzie wymagało intensyfikacji działań organów publicznych nakierowanych na ich skuteczne wdrożenie, jak ma to miejsce na przykład w Singapurze.

Słowa kluczowe: transport, pojazdy autonomiczne, nowoczesne technologie.

Kod JEL: L62, L91, R41.

1. Wstęp

Rozwój technologii stał się procesem niemożliwym do zatrzymania. Wraz z upływem czasu przyspiesza, ewoluje i odkrywa nowe ścieżki, którymi może podążyć. Jednym z obszarów, w których można zaobserwować intensywną dzia-

łalność badawczo-rozwojową na przestrzeni ostatnich lat, jest transport. Wyniki tych działań nie oddziałują jedynie na branżę TSL (transport–spedycja–logistyka), ale również na gospodarkę światową. Jest to spowodowane globalizacją oraz związaną z nią ekspansją wielu przedsiębiorstw. Rozproszenie działań na wiele obszarów sprawiło, że transport stał się niezbędnym elementem zapewniającym sprawne funkcjonowanie na rynku (Juraeva, Mirzaev, Hamroev, Rustamov, 2023). Poruszając zagadnienie transportu, nie da się uniknąć rozważań na temat pojazdów – elementu w większości przypadków niezbędnego do realizacji przewozów. Pojazdy autonomiczne (AVs, ang. *Autonomous Vehicles*) są jednym z wielu przykładów innowacji w transporcie (Butler, Yigitcanlar, Paz, 2020). Badania nad tego typu pojazdami są prowadzone niemal od wieku, jednak dopiero teraz możliwe jest zauważenie ich efektów na drogach. Początki obejmowały pojazdy poruszane za pomocą fal radiowych (Linriccan Wonder), programy badawcze na szeroką skalę (Eureka PROMETHEUS), jak również konkursy z nagrodami pieniężnymi mające na celu przyspieszenie postępu nad prowadzonymi pracami i wzbudzenie zainteresowania wśród społeczeństwa (DARPA Grand Challenges). Wszelkie podjęte działania doprowadziły do możliwości rozpoczęcia prac na poziomie komercyjnym (Anderson i in., 2016).

Postęp badań nad AVs przyniósł nie tylko nowe rozwiązania i coraz bardziej zaawansowane technologie, ale również wątpliwości związane z ich wykorzystaniem. Przedsiębiorcy zwracają uwagę zarówno na wysokie koszty wdrożenia tego typu taboru, ryzyko zawodności czujników, jak i obawę przed możliwością utrzymania się na rynku przez małe i średnie przedsiębiorstwa. Optymiści podkreślają, że autonomizacja mogłaby się okazać rozwiązaniem problemu niedoboru kierowców zawodowych, jednak nikt nie jest w stanie wskazać, kto ostatecznie zyska na tego typu rozwiązaniu (Grzeszak, 2022). Pod znakiem zapytania postawiono również aspekt cyberbezpieczeństwa. Niezbędnym do funkcjonowania AV komponentem jest komunikacja oparta na big data, co sprawia, że wszystkie moduły służące do wykrywania zagrożeń mogą zostać zaatakowane (Algarni, Thayananthan, 2022). To samo dotyczy wprowadzanych przez użytkowników danych wrażliwych narażonych na kradzież, jak również modeli odpowiedzialnych za sterowanie pojazdami, które po skutecznie przeprowadzonym ataku mogłyby być wykorzystywane do imitowania wypadków drogowych (Girdhar, Hong, Moore, 2023). Ostatnim aspektem wzbudzającym wątpliwości jest ustawodawstwo, które musi zostać dostosowane do nowego rodzaju pojazdów. Obejmuje to m.in. zdefiniowanie AV, zakres odpowiedzialności za powodowane wypadki oraz zasady dopuszczenia ich do poruszania się po drogach publicznych.

Podstawą do napisania niniejszego artykułu była chęć pogłębienia wiedzy w zakresie podejścia polskiego społeczeństwa do AVs ze skupieniem się na opiniach kierowców – osób, które mogłyby dzielić z nimi przestrzeń na drogach bądź zostać przez nie zastąpione. Jest to działanie konieczne, wynikające z szybkiego rozwoju AVs i ich potencjalnego wpływu na gospodarkę. Zatem celem tego artykułu jest identyfikacja oczekiwań i obaw polskich kierowców w związku z rozwojem i wdrażaniem pojazdów autonomicznych oraz porównanie otrzymanych wyników z globalnymi liderami wdrażania autonomizacji.

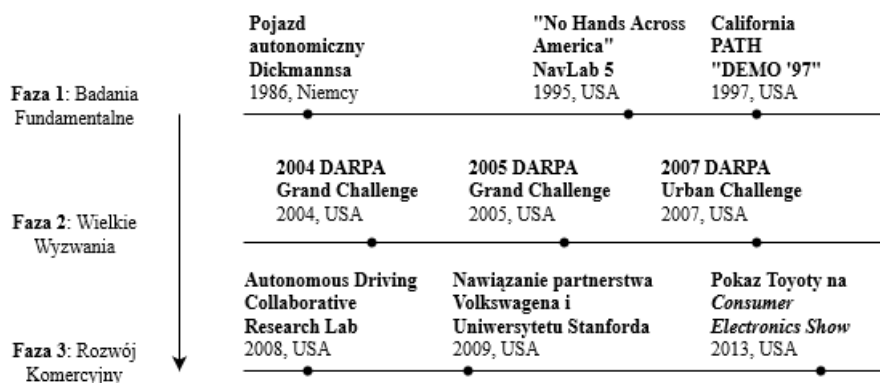
Artykuł skupia się na przedstawieniu wniosków z przeprowadzonych badań własnych oraz zestawieniu ich z dostępnymi wynikami podobnych badań i raportów w celu porównania poziomu gotowości Polaków z globalnymi liderami autonomizacji. Ponadto przedstawiono w nim skróconą historię powstawania pojazdów samojezdnych oraz realne wyzwania stojące przed ich wdrożeniem, aby umożliwić czytelnikowi zrozumienie skali nadchodzących zmian.

2. Przegląd literatury

2.1. Historia pojazdów autonomicznych

Pomijając badania pionierskie, w trakcie których podejmowano pierwsze próby nadania pojazdowi autonomii, możliwe jest wyodrębnienie trzech faz w historii tworzenia AVs (rysunek 1). Pierwsza z nich obejmowała lata 1980–2003, a w jej trakcie odbywały się badania fundamentalne. Charakteryzowała się licznymi projektami realizowanymi przez ośrodki badawcze takich uniwersytetów, jak Uniwersytet Bundeswehry w Monachium czy Carnegie Mellon w Pittsburghu (Anderson i in., 2016). Badania te były często realizowane we współpracy z przedsiębiorstwami z branży motoryzacyjnej. Etap drugi był zdominowany organizowanymi przez amerykańską Agencję Projektów Badawczych Departamentu Obrony (DARPA) „Wielkimi Wyzwaniami” (ang. *Grand Challenges*). W latach 2004–2007 odbyły się trzy tego typu konkursy. Ich głównym celem było wpłynięcie na tempo prowadzonych badań. Pomimo porażki pierwszego wyścigu na pustyni Mojave, podczas którego żaden z pojazdów nie ukończył trasy (BBC News, 2004), następne dwa wydarzenia zakończyły się sukcesem, który zaowocował nawiązaniem wielu trwałych współprac pomiędzy producentami a uczestnikami (Carnegie Mellon University, 2008). Pozwoliło to na płynne przejście do fazy trzeciej w 2008 roku, która trwa do teraz. Rozpoczęcie rozwoju komercyjnego byłoby niemożliwe bez nawiązania relacji pomiędzy ośrodkami badaw-

czymi a przedsiębiorstwami z branży automotive. Jednym z pierwszych efektów tych działań był pokaz Toyoty z ich dywizją Lexus w 2013 podczas międzynarodowego Consumer Electronics Show w Las Vegas. Przedstawili oni wtedy światu swoją wizję dotyczącą AVs (Toyota, 2013).



Rysunek 1. Chronologia faz rozwoju pojazdów autonomicznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Anderson i in. (2016, s. 55–57).

Przybliżony opis wydarzeń historycznych został ograniczony do działań na terenie Europy oraz Ameryki Północnej. Pozwala to na lepsze uwypuklenie następujących po sobie etapów przeprowadzanych badań oraz na dokładniejsze przybliżenie najważniejszych osiągnięć składających się na kolejne sukcesy technologiczne. Przywołanie tych dwóch obszarów jest istotne również w momencie definiowania AVs. Jest to spowodowane pewnymi rozbieżnościami w nomenklaturach. W ujęciu europejskim rozróżnia się pojazdy zautomatyzowane oraz autonomiczne. Za pojazd zautomatyzowany można uznać taki, który posiada w swoim wyposażeniu technologię umożliwiającą kierowcy przekazanie części swoich obowiązków związanych z prowadzeniem odpowiednim systemom pokładowym (Klochowicz, 2018). Neumann (2018, s. 787–794) zaznaczył, że AV to „pojazd w pełni zautomatyzowany”. Amerykanie w swoich definicjach nie rozróżniają tych dwóch typów pojazdów. Przykładem jest definicja zaproponowana przez Shladovera (2018, s. 190–200), w której zostało podkreślone zastąpienie pracy człowieka w trakcie prowadzenia pojazdu za pomocą urządzeń mechanicznych bądź elektrycznych.

2.2. Klasyfikacja pojazdów autonomicznych

Główne sposoby klasyfikacji AVs zostały zaproponowane przez dwie amerykańskie organizacje: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) i Society of Automotive Engineers (SAE). Aktualnie za standard jest uznawana klasyfikacja SAE opublikowana w 2016 roku, która została oficjalnie przyjęta przez NHTSA. Idąc o krok dalej, SAE podjęło się współpracy z International Organization for Standardization (ISO) i opublikowało opracowany standard J3016, zapewniając przejrzystą terminologię dla każdego podmiotu związanego z pracami nad autonomizacją pojazdów. Wyróżnia się sześć poziomów automatyzacji, zaczynając od poziomu zero, a kończąc na piątym. Zestawienie udostępnione przez organizację nie ogranicza się jedynie do definicji, oferuje ono również przykłady funkcji niezbędnych do uznania poszczególnego poziomu oraz wydziela obszary przeniesienia odpowiedzialności z człowieka na maszynę (tabela 1).

Tabela 1. Opis poszczególnych poziomów automatyzacji SAE

Poziom	Zadania kierowcy	Funkcje systemu	Przykładowe funkcje
Poziom 0	Kierowca prowadzi pojazd również wtedy, gdy systemy wspierające są załączone. Musi ciągle kontrolować systemy oraz prowadzić pojazd w sposób zapewniający bezpieczeństwo na drodze	Ograniczone do udzielania ostrzeżeń i chwilowego wspierania kierowcy	Automatyczne hamowanie awaryjne, ostrzeżenia o martwych punktach, ostrzeżenia o opuszczeniu pasa ruchu
Poziom 1		Wspierają w trakcie prowadzenia pojazdu lub hamowania/dodawania gazu	Asystent centrowania pasa ruchu lub aktywny tempomat (ACC)
Poziom 2		Wspierają w trakcie prowadzenia pojazdu oraz hamowania/dodawania gazu	Asystent centrowania pasa ruchu oraz aktywny tempomat (ACC)
Poziom 3	Kierowca nie prowadzi pojazdu, gdy systemy wspierające są aktywne, lecz system może tego zażądać	Mogą prowadzić pojazd w ograniczonych warunkach i nie będą funkcjonować, dopóki wszystkie wymagania nie zostaną spełnione	Kierowanie w korku
Poziom 4	Kierowca nie prowadzi pojazdu, gdy systemy wspierające są aktywne	Mogą prowadzić pojazd w dowolnych warunkach	Lokalna taksówka bezzałogowa, możliwość braku montażu kierownicy oraz pedałów
Poziom 5			Funkcja taksówki bezzałogowej bez ograniczeń obszarowych, możliwość braku montażu kierownicy oraz pedałów

Źródło: Na podstawie: SAE International (2018).

Zapoznanie się z zaproponowaną przez SAE klasyfikacją AVs umożliwia wyróżnienie dwóch kategorii automatyzacji. Poziomy od 0 do 2 obejmują funk-

cje skupiające się wyłącznie na wspieraniu kierowcy. Jest on nadal zobligowany do obserwacji otoczenia oraz podejmowania wszystkich decyzji. Dopiero przy wyższych poziomach możliwe jest zaobserwowanie pewnego stopnia autonomii. Zajęcie przez człowieka fotela „kierowcy” nie sprawia, że musi on kierować pojazdem. Wyjątkiem od reguły jest poziom 3, który może zostać uznany za moment przejściowy – system może w nim wystąpić z komunikatem z prośbą o rozpoczęcie prowadzenia (SAE International, 2021). Mimo to już w nim częściowo za obserwację otoczenia są odpowiedzialne Advanced Driver Assistance Systems (ADAS).

2.3. Działanie pojazdu autonomicznego

Działanie AVs jest całkowicie uzależnione od licznych układów sensorycznych, algorytmów oraz systemów informatycznych. Są one wyposażone w kamery, lidary, radary oraz odbiorniki nawigacji satelitarnej (DGPS), aby móc sprawnie odnajdywać swoją aktualną pozycję na trasie oraz monitorować otoczenie, w jakim się znajdują. Sprowadza się to do konieczności instalacji czujników wewnętrznych i zewnętrznych w pojeździe. Ich zadanie opiera się na współpracy w celu stworzenia holistycznego obrazu otoczenia i podzielenia najbliższych elementów w otoczeniu na dynamiczne i statyczne. Różnego rodzaju odbiorniki wzajemnie się uzupełniają i wspierają oraz gwarantują poczucie pewnego rodzaju niezawodności pojazdu (Brzozowski, 2022, s. 15–18). Dodatkowo pojazdy te komunikują się ze swoim otoczeniem, pomiędzy sobą, z przechodniami oraz z każdym innym czynnikiem wpływającym na ich zachowanie. Wszelkie zagadnienia komunikacyjne są uwzględnione w najnowszej generacji technologii nazwanej *vehicle-to-everything* (V2X). Umożliwia ona zapewnienie stałej komunikacji między pojazdem a dowolnym elementem z jego otoczenia. Ma to znaczny wpływ na poprawę stanu bezpieczeństwa na drodze, zwiększanie efektywności zarządzania ruchem oraz ograniczanie ilości wypadków (Ge, Shao, Wang, Yu, 2019, s. 334). Kolejnym ważnym komponentem umożliwiającym pojazdom uzyskanie autonomii jest sztuczna inteligencja (AI). Możliwe jest wyróżnienie trzech obszarów wspieranych przez AI: percepcja, lokalizacja i mapowanie oraz proces podejmowania decyzji. Wykorzystuje do tego m.in. wspomniane wcześniej dane pozyskiwane z komunikacji z otoczeniem, nawigację satelitarną oraz sygnały odbierane przez zamontowane w pojazdach sensory (Ma, Wang, Yang, Yang, 2019, s. 315–329).

2.4. Bariery wdrożeniowe

Wszelkie opóźnienia związane z wdrożeniem do codziennego użytku pojazdów w pełni autonomicznych wynikają z barier, z jakimi muszą się zmagać producenci. Część z nich jest związana z wysokimi kosztami produkcji i szukaniem rozwiązań umożliwiających tańszą realizację projektów. Przykładem jest opracowanie przez Waymo, które do 2016 roku działało jako Google Self-Driving Car Project, własnego lidar. Koszt wyposażenia niezbędnego do nadania pierwszym pojazdom w projekcie autonomii wynosił w 2012 roku 150 tys. dolarów, z czego połowę z nich pochłaniał lidar firmy Velodyne. W 2017 firma zdecydowała się na podjęcie działań badawczych w celu stworzenia własnego komponentu, co ostatecznie pozwoliło na zmniejszenie jego kosztu aż o 90% (Amadeo, 2017). Był to krok w stronę zapewnienia przystępności cenowej AVs.

Wyposażenie tego typu pojazdów oraz sposób ich funkcjonowania sprawia, że są one narażone na liczne zagrożenia cybernetyczne. Tym samym każda luka w zabezpieczeniach modułów oraz oprogramowania może doprowadzić do wszelkiego rodzaju nieprawidłowości w funkcjonowaniu pojazdu (Algarni, Tayanathan, 2022). Konieczność zapewnienia jak najbardziej szczelnych systemów wynika nie tylko z potencjalnych skutków sprawnie przeprowadzonego ataku, do których można zaliczyć kradzież danych czy imitowanie wypadków drogowych (Girdhar, Hong, Moore, 2023), ale również z tego, z jaką częstotliwością mogą być one przeprowadzane. Już w 2018 roku World Economic Forum zgłosiło, że cyberataki znajdują się w czołówce najbardziej prawdopodobnych zagrożeń w skali globalnej. Zajęły one w rankingu czwarte miejsce. Z perspektywy wpływu, jaki mogą one wywierać, znalazły się na szóstym miejscu. W obu przypadkach było to najwyższe notowane zagrożenie technologiczne (World Economic Forum, 2018). Ponadto w 2020 roku dokonano wyróżnienia siedmiu kategorii, które mogą wpływać na cyberzagrożenia dotyczące AVs: Czynniki Społeczno-Kulturowe, Regulacje, Inteligentne Systemy Transportowe (ITS), Środki Prewencyjne, Cyberataki, Sieć Wewnętrzna Pojazdu (In-Vehicular Network) oraz Zaufanie. W poszczególnych kategoriach zwrócono m.in. uwagę na obciążanie systemu pojazdu przez użytkowników spowodowane wprowadzaniem do niego zbyt dużej ilości danych, przeprowadzanie ataków DoS na sieć ad hoc pojazdów (VANET), ataki hakerskie na algorytm pracy pojazdu oraz ilość potencjalnych punktów ataku (Seetharaman, Patwa, Jadhav, Saravanan, Sangeeth, 2020).

Ostatnią, a zarazem największą barierą wdrożeniową jest stan ustawodawstwa. Niektóre kraje podjęły już działania w celu dostosowania swoich przepisów do AVs, jednak konieczne jest ich ujednolicenie w skali międzynarodowej.

Wszelkim zmianom od strony prawnej przewodzą takie organizacje, jak Europejska Komisja Gospodarcza ONZ i Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny (Rudnik, 2017, s. 1265). Zmiany nie mogą być jednak wdrażane bez poprzedniego stworzenia odpowiedniej polityki przedwdrożeńowej. Musi ona zapewnić równowagę pomiędzy bezpieczeństwem publicznym a motywowaniem producentów do innowacyjności i szukania nowych rozwiązań technicznych (Chan, Nowakowski, Shladover, Tan, 2015, s. 137–144). Skupiając się bezpośrednio na obszarach, które musiałyby zostać rozpatrzone przy zmianach od strony prawnej, należy wyróżnić: testowanie i wdrażanie, cyberbezpieczeństwo i prywatność, zobowiązania i ubezpieczenia, etykę oraz naprawy i kalibrację. Proaktywna postawa ustawodawców w zakresie tych zagadnień mogłaby wpłynąć pozytywnie na tempo tworzenia procesów legislacyjnych (Currie, Faisal, Kamruzzaman, Yigitcanlar, 2019, s. 59). Przykładem jest Singapur, który od lat znajduje się w czołówce państw gotowych do wprowadzenia AVs, a w 2020 roku jego budżet przeznaczył 4,3 mln dolarów na wspieranie badań w tym zakresie (KPMG International, 2020). W 2019 roku władze opublikowały dokument Technical Reference 68 (TR68), który był projektem krajowych norm dla AVs. Jego głównym zadaniem było promowanie bezpiecznego wdrożenia AVs w Singapurze, a opracowali go przedstawiciele z branży, instytucji badawczych, szkolnictwa wyższego oraz agencji rządowych. Konsultowano również zagranicznych ekspertów (Land Transport Authority, 2019). Dnia 6 listopada 2024 roku podczas ceremonii otwarcia Singapore International Transport Congress and Exhibition (SITCE) minister transportu Chee Hong Tat potwierdził, że pierwsze AVs w sektorach logistyki i transportu publicznego mogą się wkrótce pojawić na drogach (Loi, 2024). Dla porównania w Polsce AVs mogą się poruszać po drogach jedynie w charakterze badawczym (Choromański, Grabarek, Kozłowski, Czerepicki, Marczuk, 2020, s. 280–281), a art. 436 § 1 Ustawy Kodeks cywilny (1964) stanowi, że za wszystkie szkody wyrządzone przez mechaniczny środek komunikacji poruszany siłami przyrody odpowiada jego samoistny posiadacz. Nie uwzględnia on możliwości samodzielnego, w pełni świadomego poruszania się pojazdu, zatem odpowiedzialność za wszelkie szkody i wypadki zawsze spoczywałaby na właścicielu.

2.5. Potencjalny wpływ AVs na gospodarkę

Wprowadzenie na rynek pojazdów w pełni autonomicznych miałoby duży wpływ na gospodarkę światową. Jest to związane z ich bezpośrednim powiązaniem z transportem, który dla przykładu jako część składowa sektora TSL był

odpowiedzialny za 7% polskiego PKB w 2023 roku (TLP i SpotData, 2023, s. 13). Ciągły rozwój branży transportowej tworzy problem związany z niedoborem wykwalifikowanych kierowców. Spowolnienie gospodarcze może doprowadzić do zmniejszenia problemu, jednak w 2022 roku Polska znajdowała się w czołówce krajów europejskich z największymi brakami kadrowymi. Niedobory w Polsce wyniosły około 80 tys. wakatów, w całej Europie nieobsadzonych stanowisk mogło być nawet 425 tys., a na całym świecie niemal 2,8 mln. Za główne powody braku kierowców gotowych do podjęcia pracy są uznawane m.in. niekorzystna demografia oraz wysokie koszty uzyskania kwalifikacji (Drażkiewicz, 2024). Wprowadzenie AVs mogłoby się okazać idealnym rozwiązaniem problemów kadrowych na całym świecie. Pozwoliłoby to na uniknięcie negatywnych skutków braku zawodowych kierowców, takich jak zakłócenia łańcuchów dostaw i opóźnień w realizacjach zleceń czy spowalnianie rozwoju firm transportowych. W warunkach ogólnej dostępności AVs na rynku oraz sprzyjających przepisów międzynarodowych, pozwalających na ich wykorzystywanie, ograniczeniem byłby jedynie budżet przedsiębiorstw. Jednocześnie perspektywa wdrożenia AVs może sprawiać, że kierowcy zawodowi zaczną się obawiać o pewność swojego zatrudnienia, stojąc przed ryzykiem całkowitego zastąpienia ich przez inteligentną flotę w przyszłości bądź koniecznością uzyskania kwalifikacji do stania się zdalnym operatorem tego typu pojazdów.

Aby umożliwić AVs sprawne poruszanie się po drogach, istotne stałoby się poniesienie znacznych środków na większe zagospodarowanie przestrzeni i zmianę organizacji ruchu. Ważnym elementem są również znaki drogowe, ponieważ konieczność zapewnienia ich dobrej rozpoznawalności wymusiłaby częstsze kontrole ich stanu oraz regularne czyszczenie. Potwierdzono, że czynniki, takie jak warunki atmosferyczne, akty wandalizmu, światło i zużycie wraz z upływem czasu, negatywnie oddziałują na precyzyjność odczytu przez oprogramowanie. Ponadto musi być ono zdolne do oceny istotności danego znaku, co mogłoby wymusić konieczność zmiany ich układu wzdłuż dróg (Ashari i in., 2023). Większe koszty poniesione na modernizację byłyby jednak rekompensowane przez zmniejszenie kosztów środowiskowych i kosztów wypadków w transporcie. W badaniu udostępnionym przez NHTSA w 2018 roku ujawniono, że prawie 94% wypadków drogowych jest spowodowane przez ludzi. Na tę wartość składały się przede wszystkim błędy w rozpoznawaniu sytuacji (około 41%) oraz błędy decyzyjne (około 33%) (NHTSA's National Center for Statistics and Analysis, 2018). Ograniczenie ilości zdarzeń drogowych potencjalnie pozytywnie odbiłoby się na kongestii, minimalizując zatory oraz poprawiając płynność

pracy pojazdów. Jednakże Ting i Zaiqiang zwracają uwagę na to, że według opracowanego przez nich modelu obniżenie kongestii miałyby miejsce dopiero wtedy, gdy łączna ilość AVs na drogach wyniosłaby minimum 68% wszystkich uczestników ruchu drogowego (Ting, Zaiqiang, 2017, s. 149–156).

3. Metodyka

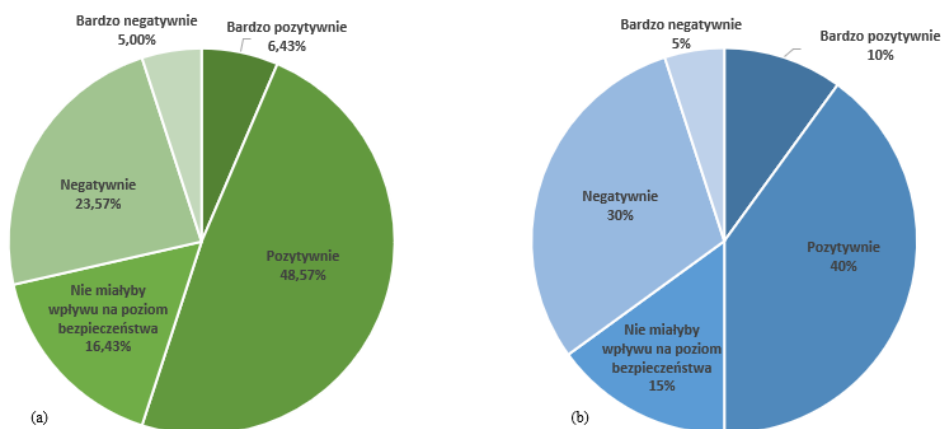
Celem badania było rozpoznanie podejścia kierowców do AVs jako osób potencjalnie najczęściej mających z nimi styczność w przyszłości, poznanie ich opinii na temat etapów ich wdrażania oraz tego, jak mogą one wpłynąć na życie codzienne. Pytania badawcze dotyczyły m.in. tego, jakich konsekwencji wykorzystywania AVs spodziewają się polscy kierowcy oraz czy byłiby oni skłonni do zakupienia tego typu pojazdów. Pozyskanie informacji o podejściu społeczeństwa pozwoli m.in. na scharakteryzowanie największych wyzwań stojących przed producentami AVs oraz względne oszacowanie, czy Polska, jako kraj, jest gotowa na ten krok w rozwoju transportu. Spośród ankietowanych wyróżniono grupę kierowców zawodowych mogącą mieć najbardziej radykalne podejście do autonomizacji pojazdów, wynikające bezpośrednio z ich zawodu. Innymi kryteriami podziału ankietowanych były przede wszystkim wiek, płeć oraz wykształcenie. Każde z nich mogło wpływać na postrzeganie postępu technologicznego branży motoryzacyjnej.

Badanie zostało przeprowadzone w postaci anonimowej ankiety składającej się z 19 pytań jednokrotnego wyboru. Ostatnie pytanie dotyczyło wskazania przez respondentów największego zagrożenia związanego z wykorzystywaniem AVs, umożliwiło wybór odpowiedzi „inne”, co pozwalało na wskazanie ryzyka spoza puli proponowanych odpowiedzi. Pierwsze 5 pytań miało charakter metryczkowy, a w 9 zastosowano 5-stopniową skalę Likerta. Ankieta była udostępniona drogą elektroniczną poprzez platformy Messenger oraz WhatsApp. Dodatkowo była ona dostępna w postaci papierowej na terenie warsztatu samochodowego Premio Auto Serwis Thal w Będzinie, gdzie dostępny był również kod QR pozwalający na uzupełnienie kwestionariusza w formie on-line. Badanie zostało przeprowadzone w terminie od 12 do 24 kwietnia 2024 roku. W artykule przedstawiono wyniki uzyskane dla 4 z 19 pytań najważniejszych z perspektywy omawianego w artykule tematu. W badaniu zastosowano metodę analizy danych zebranych w wywiadzie ankietowym przeprowadzonym wśród polskich kierowców oraz analizę porównawczą z wynikami podobnych badań w Wielkiej Brytanii.

4. Charakterystyka próby badawczej i wyniki badań

W badaniu ankietowym wzięło udział 140 osób, przy czym ponad połowę respondentów (57,86%) stanowili mężczyźni. Uzyskana struktura płci w pewnym stopniu pokrywa się z danymi udostępnionymi przez Centralną Ewidencję Pojazdów i Kierowców (CEPiK), zgodnie z którymi do końca 2019 roku w Polsce wydano 21,5 mln praw jazdy, z czego 59% trafiło do mężczyzn (Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców, 2019). Najczęściej pojawiającą się grupą wiekową wśród ankietowanych była grupa od 35 do 45 lat (42,86%), a najrzadszą od 25 do 34 lat (17,14%). W badaniu nie wzięły udziału osoby w wieku ponad 64 lat. Ponadto zostało ono zdominowane przez osoby o wykształceniu wyższym (50,71%) i średnim (45%). Tylko 20 z 140 respondentów zgłosiło, że pracuje jako kierowca zawodowy.

Za jedną z najważniejszych zmiennych determinujących podejście kierowców do AVs było określenie ich opinii o wpływie pojazdów zautonomizowanych na poziom bezpieczeństwa na drogach. Niemal połowa respondentów (48,57%) uznała, że ich wdrożenie oddziaływałoby pozytywnie na stan bezpieczeństwa, a 6,43% zadeklarowało wpływ bardzo pozytywny. Z kolei 16,43% ankietowanych uznało, że wprowadzenie na drogi AVs w ogóle nie zmieniłoby ich poczucia bezpieczeństwa, a pozostali zadeklarowali wpływy o charakterze negatywnym. Odpowiedzi grupy kierowców zawodowych miały niemal identyczne wyniki (rysunek 2).



Rysunek 2. Porównanie odpowiedzi w pytaniu o wpływ AVs na poziom bezpieczeństwa na drogach – (a) odpowiedzi wszystkich respondentów, (b) odpowiedzi grupy kierowców zawodowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Kolejnymi wartymi uwagi odpowiedziami były te dotyczące monitorowania pracy AVs przez zdalnych operatorów. Większość ankietowanych (65,72%) uznała istnienie tego typu stanowiska za konieczne. Osoby twierdzące, że algorytm pojazdu byłby samowystarczalny, znalazły się w zdecydowanej mniejszości (14,29%). W niektórych grupach można było zauważyć pewne korelacje odpowiedzi pomiędzy postrzeganym wpływem na bezpieczeństwo a poczuciem konieczności obserwacji pracy pojazdu przez człowieka. Osoby oceniające wpływ AVs na poziom bezpieczeństwa na drogach za bardzo negatywny najczęściej wskazywały na potrzebę wprowadzenia zdalnych operatorów (85,71%). Wraz ze wzrostem poczucia poprawy bezpieczeństwa chęć posiadania zdalnych operatorów malała, aż do momentu dotarcia do grupy postrzegającej wpływ AVs na bezpieczeństwo za bardzo pozytywny – w tej grupie aż 83,33% respondentów uznało ludzki element nadzorujący za potrzebny (tabela 2).

Tabela 2. Rozkład odpowiedzi dotyczących wprowadzenia zdalnego operatora według opinii kierowców o wpływie pojazdów autonomicznych na bezpieczeństwo

Wpływ na bezpieczeństwo	Zdecydowanie nie	Nie	Nie wiem	Tak	Zdecydowanie tak	% odpowiedzi za wprowadzeniem zdalnego operatora
Bardzo negatywny	0	1	0	2	4	85,71%
Negatywny	3	6	13	0	11	55%
Nie miałyby wpływu	3	6	6	0	8	47,06%
Pozytywny	7	15	31	2	13	40,54%
Bardzo pozytywny	1	0	3	2	3	83,33%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie zrealizowanych badań.

Część pytań miała na celu zbadanie, czy kierowcy postrzegają AVs jako realną szansę na poprawę mobilności osób starszych oraz osób z niepełnosprawnościami (tabela 3).

Tabela 3. Rozkład odpowiedzi na pytania o poprawę mobilności

Odpowiedź	Czy uważasz, że pojazdy autonomiczne byłyby dobrym rozwiązaniem dla poprawy mobilności osób starszych?	Czy uważasz, że pojazdy autonomiczne byłyby dobrym rozwiązaniem dla poprawy mobilności osób z niepełnosprawnościami?
Zdecydowanie tak	30	38
Tak	76	79
Nie wiem	17	13
Nie	16	9
Zdecydowanie nie	1	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie zrealizowanych badań.

Respondenci w zdecydowanej większości uznali AVs za dobre rozwiązanie dla osób o ograniczonych możliwościach kierowania pojazdami. $\frac{3}{4}$ ankietowanych zaznaczyło odpowiedzi o wydźwięku pozytywnym w pytaniu o wpływ na mobilność osób starszych. W pytaniu o rozwiązanie dla osób z niepełnosprawnościami „Zdecydowanie tak” i „Tak” stanowiły 83,57% wszystkich odpowiedzi.

5. Dyskusja i wnioski

W związku z nieustającym postępem technologicznym faktem staje się to, że w bliżej nieokreślonej przyszłości AVs wejdą na ogólnodostępny rynek. Może to być opóźniane przez wyzwania stojące przed inżynierami i prawodawcami lub negatywne podejście społeczeństwa, jednak jest to nieuniknione. Przeprowadzone badanie pokazuje, że respondenci dostrzegają konieczność prowadzenia badań nad rozwojem autonomii oraz korzyści płynące z wprowadzenia AVs na drogi publiczne.

Ponad połowa ankietowanych zadeklarowała pozytywny wpływ wdrożenia AVs na poziom bezpieczeństwa na drogach, co jest potwierdzone m.in. przez badania przeprowadzone przez Ting i Zaiqiang. Wykluczenie elementu ludzkiego mogłoby ograniczyć wiele zdarzeń drogowych, czego kierowcy są świadomi najprawdopodobniej na podstawie własnych doświadczeń. Polscy kierowcy postrzegają również nadanie pojazdom autonomii jako szansę na poprawę mobilności osób, które nie są w stanie uzyskać prawa jazdy bądź przez aktualny stan zdrowia nie czują się pewnie, prowadząc samochód. Tym samym większość respondentów przyznała, że uznaje obecność zdalnego operatora pojazdu za konieczność. Może to wynikać np. z potrzeby posiadania dodatkowej pomocy w przypadku sytuacji losowych.

The Institution of Mechanical Engineers (IMechE) przeprowadzał ankiety o podobnym charakterze w 2017, 2019 oraz 2023 roku na terenie Wielkiej Brytanii. Jest to istotny punkt odniesienia dla wyników badania własnego, ponieważ Wielka Brytania znajduje się w rankingach państw o wysokim stopniu gotowości na autonomizację tworzonych przez KPMG International. Podczas ostatniego badania połowa Brytyjczyków uznała, że AVs powinny być dostępne dla osób, których stan zdrowia nie pozwala na kierowanie pojazdem, a 46% wskazywała je jako dobre rozwiązanie dla osób starszych. W badaniu własnym przeprowadzonym na polskich kierowcach te wartości były o wiele wyższe, wynosiły kolejno 83,57% i 75,71%. Może to wskazywać na większą ufność Polaków do dopuszczonych do użytku AVs, co potwierdza 55% odpowiedzi o wydźwięku

pozytywnym w pytaniu o wpływ na poziom bezpieczeństwa na drogach. Podobny wynik został uzyskany w pytaniach o nadzór nad pojazdem. Aż 70% ankietowanych przez IMechE stwierdziło, że czułoby się niekomfortowo, podróżując pojazdem, który w żaden sposób nie byłby kontrolowany przez człowieka (Institution of Mechanical Engineers, 2023). Jest to wynik wyższy niż uzyskany w badaniu własnym. Powyższa analiza pozwala na stwierdzenie, że Polacy są gotowi na rozpoczęcie procesu wdrażania AVs do poruszania się po drogach publicznych. Co więcej, wskazane byłoby uwzględnienie Polski w przypadku kolejnego badania organizowanego przez KPMG International w celu szerszego zbadania gotowości Polski jako państwa, a nie jedynie postaw jej obywateli.

Mając na uwadze wstępnie ocenione podejście społeczeństwa do zagadnienia, istotne byłoby przeprowadzenie badań na szerszą skalę, które pomimo wysokich kosztów pozwoliłyby na zidentyfikowanie punktów newralgicznych, najbardziej zagrażających płynnemu wdrożeniu autonomii. Pierwszym krokiem do rozwoju AVs w Polsce byłoby określenie osobowości prawnej algorytmu. Wiążące się z tym prace nad zaktualizowaniem warunków prawnych pozwoliłyby na rozpoczęcie testów na szeroką skalę, np. na wyznaczonych odcinkach dróg wojewódzkich lub obszarach miast, tak jak w Singapurze, który jest liderem gotowości do autonomizacji transportu i byłby idealnym wzorem do naśladowania dla wielu państw chcących wdrożyć AVs. Konieczne byłoby również rozpoczęcie kampanii informacyjnych oraz udostępnianie wyników aktualnych badań, co pozwoliłoby na budowę zaufania społeczeństwa do nowej technologii. Jednakże największe wyzwanie stoi przed programistami i inżynierami, którzy muszą stworzyć nie tylko urządzenie, ale również niezawodny i moralny algorytm, którego działania nie będzie można podważyć.

Dokonana analiza wyników oraz porównanie ich z podobnymi badaniami przeprowadzanymi na przestrzeni lat pozwalają na pozytywną ocenę gotowości polskich kierowców na rozpoczęcie wdrażania AVs. Przegląd literatury oraz obserwacja działań lidera w zakresie autonomizacji, jakim jest Singapur, umożliwiły wskazanie największych wyzwań dla branży oraz obszarów, jakie należałoby rozpatrzyć w celu przyspieszenia procesu wdrażania AVs w Polsce. Pomimo optymistycznych wyników badania podejście polskich kierowców do autonomizacji powinno być stale śledzone poprzez wykonywanie regularnych badań, umożliwiając tym samym obserwację zmian w ich podejściu w przypadku takich wydarzeń, jak udokumentowane wypadki z udziałem AVs lub osiąganie nowych kamieni milowych w badaniach nad pełną automatyzacją.

Podziękowania: Wyrazy wdzięczności kieruję do dr Anny Mercik za zachęcenie mnie do podzielenia się moim badaniem w formie artykułu.

Magdalena Tomczyk – studentka na Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach. Ukończyła studia licencjackie na kierunku Logistyka w biznesie, obecnie w trakcie studiów magisterskich na kierunku Gospodarka cyfrowa.

Spis literatury

- Algarni, A., Thayanathan, V. (2022). Autonomous vehicles: The cybersecurity vulnerabilities and countermeasures for big data communication. *Symmetry*, 14(12), 2494.
- Amadeo, R. (2017). *Google's Waymo invests in LIDAR technology, cuts costs by 90 percent*. Ars Technica. <https://arstechnica.com/cars/2017/01/googles-waymo-invests-in-lidar-technology-cuts-costs-by-90-percent/> (dostęp: 11.12.2024).
- Anderson, J. M., Kalra, N., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., Oluwatola, O. A. (2016). Autonomous vehicle technology. A guide for policymakers. *Rand Corporation*, 55–56.
- Ashari, A. E., Chan, D., Lampkins, J., Perry, A., Strelnikoff, S., Valiente, R., Xu, J. (2023). Robust perception and visual understanding of traffic signs in the wild. *IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems*, 611–625.
- BBC News. (2004). *Desert race too tough for robots*. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/3512270.stm> (dostęp: 8.12.2024).
- Brzozowski, M. (2022). *Samochody autonomiczne, sensory otoczenia i problemy percepcji*. Bielsko-Biała: Wydawnictwo Naukowe ATH.
- Butler, L., Yigitcanlar, T., Paz, A. (2020). How can smart mobility innovations alleviate transportation disadvantage? Assembling a conceptual framework through a systematic review. *Applied Sciences*, 10(18), 6306. <https://doi.org/10.3390/app10186306>
- Carnegie Mellon University. (2008). *Advancing the field*. <https://www.cmu.edu/homepage/computing/2008/summer/advancing-the-field.shtml> (dostęp: 11.12.2024).
- Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców. (2019). *Prawa jazdy i uprawnienia w 2019 roku*. <https://www.gov.pl/web/cepik/prawa-jazdy-i-uprawnienia-w-2019-roku> (dostęp: 12.10.2024).
- Chan, C. Y., Nowakowski, C., Shladover, S. E., Tan, H. S. (2015). Development of California regulations to govern testing and operation 71 of automated driving systems. *Transportation Research Record*, 2489, 137–144.
- Choromański, W., Grabarek, I., Kozłowski, M., Czerepicky, A., Marczuk, K. (2020). *Samochody autonomiczne i systemy transportu autonomicznego*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Currie, G., Faisal, A., Kamruzzaman, M., Yigitcanlar, T. (2019). Understanding autonomous vehicles. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1), 45–72.

- Drażkiewicz, B. (2024). *Brakuje kierowców! Jak rozwiązać największy problem w transporcie drogowym?* Polski Instytut Transportu Drogowego. https://pitd.org.pl/news/brakuje-kierowcow-jak-rozwiazac-najwiekszy-problem-w-transporcie-drogowym/#llu_kierowcow_brakuje_w_Polsce (dostęp: 6.12.2024).
- Ge, Y., Shao, Y., Wang, J., Yu, R. (2019). A survey of vehicle to everything (V2X) testing. *Sensors*, 19(2), 334. <https://doi.org/10.3390/s19020334>
- Girdhar, M., Hong, J., Moore, J. (2023). Cybersecurity of autonomous vehicles: A systematic literature review of adversarial attacks and defense models. *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, 4, 417–437.
- Grzeszak, J. (2022). Branża TSL w obliczu autonomizacji i wojny. *Policy Paper*, 4, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.
- Institution of Mechanical Engineers. (2023). *Public receptions: autonomous vehicles – survey results*. <https://www.imeche.org/policy-and-press/reports/detail/public-perceptions-autonomous-vehicles---survey-results> (dostęp: 12.12.2024).
- Juraeva, G., Mirzaev, N., Hamroev, R., Rustamov, M. (2023). *Transport features of logistics*. E3S Web of Conferences 402, 01016.
- Klochowicz, T. S. (2018). Pojazdy autonomiczne a moralność sztucznej inteligencji. *Journal of TransLogistics*, 4(1), 205–212.
- KPMG International. (2020). *2020 Autonomous Vehicles Readiness Index*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf> (dostęp: 10.12.2024).
- Land Transport Authority. (2019). *Joint Media Release by the Land Transport Authority (LTA), Enterprise Singapore, Standards Development Organisation & Singapore Standards Council – Singapore Develops Provisional National Standards to Guide Development of Fully Autonomous Vehicles*. <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/newsroom/2019/1/2/joint-media-release-by-the-land-transport-authority-lta-enterprise-singapore-standards-development-organisation-singapo.html> (dostęp: 4.12.2024).
- Loi, E. (2024). *LTA to test self-driving minibuses, goods vehicles on Singapore's roads: Chee Hong Tat*. <https://www.straitstimes.com/singapore/transport/lta-to-test-self-driving-minibuses-goods-vehicles-on-singapores-roads-chee-hong-tat> (dostęp: 4.12.2024).
- Ma, Y., Wang, Z., Yang, H., Yang, L. (2020). Artificial intelligence applications in the development of autonomous vehicles: A survey. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 7(2), 315–329.
- Neumann, T. (2018). Perspektywy wykorzystania pojazdów autonomicznych w transporcie drogowym w Polsce. *Autobusy*, 12, 787–794.
- NHTSA's National Center for Statistics and Analysis. (2018). *Critical Reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*. <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812506> (dostęp: 12.12.2024).

- Rudnik, S. (2017). Kierunek rozwoju regulacji prawnych pojazdów autonomicznych w ramach prac Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (UNECE) oraz Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego (ITU). *Autobusy*, 6, 1262–1266.
- SAE International. (2018). *Updated SAE J3016 Visual Chart*. <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles> (dostęp: 10.12.2024).
- SAE International. (2021). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016_202104*. https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ (dostęp: 10.12.2024).
- Seetharaman, A., Patwa, N., Jadhav, V., Saravanan, A. S., Sangeeth, D. (2020). Impact of factors influencing cyber threats on autonomous vehicles. *Applied Artificial Intelligence*, 35(2), 105–132. <https://doi.org/10.1080/08839514.2020.1799149>
- Shladover, S. E. (2018). Connected and automated vehicle systems. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 22, 190–200.
- Ting, L., Zaiqiang, K. (2017). The effect of self-driving car on urban traffic. *American Journal of Computational Mathematics*, 7, 149–156. <https://doi.org/10.4236/ajcm.2017.72013>
- TLP i SpotData. (2023). *Transport drogowy w Polsce 2023*. <https://tlp.org.pl/wp-content/uploads/2023/07/raport-transport-drogowy-w-polsce-2023.pdf> (dostęp: 10.12.2024).
- Toyota. (2013). *Toyota motor corp. and Lexus showcase advanced active safety research vehicle at CES*. <https://media.toyota.ca/en/releases/2013/toyota-motor-corp-and-lexus-showcase-advanced-active-safety-research-vehicle-at-ces.html> (dostęp: 8.12.2024).
- Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks cywilny (Dz.U. z 1964 Nr 16, poz. 93 z późn. zm.). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu19640160093> (dostęp: 4.12.2024).
- World Economic Forum. (2018). *The Global Risks Report 2018*. 13th Edition. <https://www.weforum.org/publications/the-global-risks-report-2018/> (dostęp: 3.12.2024).

Development of autonomous vehicle technology according to Polish drivers

Abstract: Autonomous vehicles have become one of the market's offerings in response to the developmental barriers facing transport. Harbingers of the coming change included research and experiments that have been going on for almost a century, newer and newer technological solutions appearing in passenger cars, or the slow updating of traffic laws. The purpose of this article is to identify expectations and concerns of Polish drivers in relation to the development and implementation of autonomous vehicles and to compare the results with global leaders in the implementation of autonomisation. It outlines the history of vehicle autonomisation, its design, barriers to implementation and the

potential impact of the development of this technology on the economy. The article presents the results of a survey to verify Polish drivers' attitudes towards transport autonomisation. The results are contrasted with the results of a similar study conducted in the UK – a country at the top of the ranking of readiness to implement autonomous vehicles. The survey results indicate that Poles are more open to the development of autonomous vehicle technology. The public's attitude will require an intensification of public authorities' efforts aimed at their successful implementation, as is the case, for example, in Singapore.

Keywords: transportation, autonomous vehicles, modern technologies.

JEL Classification: L62, L91, R41.