

ADAM RAMZA

Uniwersytet
Techniczno-Przyrodniczy
w Bydgoszczy
adam_ramza@o2.pl

Przyszłość podróżowania samochodem

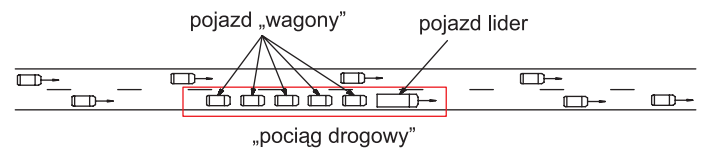
W 1997 r., na autostradzie w San Diego zademonstrowano przejazd 8 samochodów, poruszających się z prędkością 65 mil/h (ok. 105 km/h) w odstępach wynoszących 6,5 m.

Nie był to pokaz kaskaderski, ale jazda zamierzona w kolumnie, gdzie kierowcy, z wyjątkiem kierowcy pierwszego samochodu, nie wpływali na sposób prowadzenia pojazdu. Kolumna pojazdów była sterowana automatycznie, według prędkości, manewrów przyspieszania i hamowania oraz utrzymania się na pasie ruchu samochodu jadącego jako pierwszy. Samochody były sterowane przez systemy elektroniczne, które miały za zadanie reagować na ruchy pierwszego pojazdu i utrzymywać go w odpowiedniej kontroli podłużnej (prędkość, akceleracja, hamowanie) i bocznej (manewry kierownicą, utrzymanie pasa ruchu) względem pojazdu jadącego przed nim. Wszystkie pojazdy znajdowały się w stałej komunikacji radiowej, systemy sterujące danym samochodem były w pełni skoordynowane [11]. Ułożono scenariusz, w którym samochody mogły się odłączać od kolumny lub do niej przyłączać. Doświadczenie zakończyło się sukcesem (pojazdy jechały osobno, utworzyły zwartą kolumnę, rozdzieliły się) [11], co wróżyło optymistyczne dalsze wyniki badań.

Całość procesu utworzenia kolumny, jazdy w kolumnie przy niewielkich odstępach pod automatyczną kontrolą wyspecjalizowanych systemów względem pojazdu „lidera” i możliwość opuszczenia kolumny nazwano *platooning*¹. Model poruszania się samochodów w takim systemie zakłada istnienie pojazdu „lidera” i pojazdów „wagonów”. Dlatego też *platooning* nazywany jest „pociągiem drogowym” (rys.1).

Pojazdy „wagony” są w pełni kontrolowane podczas jazdy przez pojazd „lidera”. Następuje korekta ich jazdy w kierunku podłużnym (przyspieszenie, prędkość, hamowanie) i poprzecznym (odchylenie od osi pasa ruchu), względem trajektorii ruchu pojazdu „lidera”. Po przejściu kontroli przez „lidera”, kierowcy pojazdów „wagonów” mogą odpocząć w podróży, rozmawiać przez telefon, obsługiwać laptopa lub nawet czytać gazetę [7], [9]. W założeniu idei *platooning* „liderem” może być samochód ciężarowy lub autobus. Samochody osobowe mogą tylko się podłączać lub odłączać od „pociągu”. Istotne jest to, aby kierowca pojazdu „lidera” był specjalnie przeszkolony i posiadał stosowne uprawnienia

¹ *Platooning* (z ang. w wolnym tłumaczeniu „zgrupowanie”, w dosłownym „mała grupa żołnierzy w plutonie”) to także nowy trend badań sposobu poruszania się pojazdów na autostradzie oraz rozważań dotyczących poszukiwania optymalnych rozwiązań systemowych zwiększających bezpieczeństwo i przepustowość dróg szybkiego ruchu, np. [12].



Rys. 1. Model „pociągu drogowego”

do prowadzenia takiego układu pojazdów [7]. Podłączenie się do istniejącego pociągu lub jego utworzenie ma być płatne [9].

Wyzwania związane z wdrażaniem idei „pociągów drogowych”

W Europie powstał program rozwoju idei *platooning* z inicjatywy Komisji Europejskiej. Projekt *SARTRE* (*Safe Road Trains for the Environment* – w dosłownym tłumaczeniu „pociągi drogowe w ochronie środowiska”) ma na celu wdrożenie idei „pociągów drogowych” oraz uświadomienie obywateli UE o korzyściach płynących z poruszania się samochodem w „pociągu drogowym” na drodze szybkiego ruchu. Realizację projektu rozpoczęto we wrześniu 2009 roku.

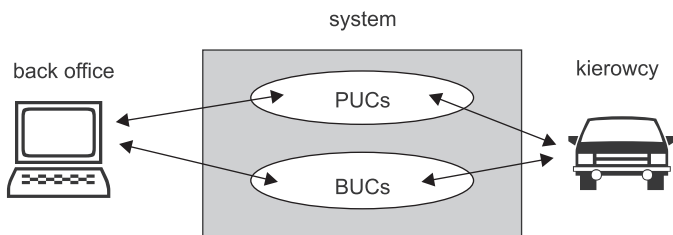
Jako partnerów w projekcie *SARTRE* wybrano hiszpańską korporację *Idiada and Robotiker* (elektronika i automatyka), niemiecki instytut *IKA* (uczelniany ośrodek badawczy), szwedzki *SP Technical Research Institute* i koncern *VOLVO*. Liderem partnerów jest angielska firma *Ricardo UK Ltd* – (przedsiębiorstwo wdrożeniowe innowacji i nowoczesnych rozwiązań technologicznych) [9].

Wśród głównych założeń opracowywanego systemu przyjęto następujące postulaty [9]:

- infrastruktura drogowa ma pozostać bez zmian;
- projektowanie autostrad w oparciu o niemieckie wytyczne *RAS-L*;
- sytuacja awaryjna to taka, w której następuje naruszenie porządku w „pociągu drogowym” w celu uniknięcia wypadku (tu pojawiają się dodatkowe założenia związane ze scenariuszem uniknięcia zdarzenia drogowego);
- minimalna długość „pociągu drogowego” to 2 pojazdy – „lider” i „wagon”;
- istnieje maksymalna długość „pociągu drogowego” – ze względu na złożenie procesu badań i zmiennych (synteza czynników ludzkich i specyfiki ruchu) nie jest obecnie określona empirycznie liczba pojazdów w „pociągu” (wstępnie zakłada się, że nie powinno być ich więcej niż 15);
- nie ma ściśle określonej długości luki między pojazdami w „pociągu”, jest ona dynamicznie dostosowywana podczas jazdy;

- autobusy i pojazdy ciężarowe nie mogą być pojazdami „wagonami”;
- kolejność pojazdów w „pociągu drogowym” pozostaje niezmienna (istnieje porządek w kolumnie);
- pojazd „lider” musi mieć automatyczną skrzynię biegów (ze względu na możliwość sterowania przyspieszeniem, prędkością, hamowaniem przez elektronikę);
- jeżeli wymagany czas reakcji na zdarzenia na drodze jest krótszy niż czas reakcji człowieka, system kontroli „pociągu drogowego” prowadzi pojazd i reaguje na bodźce.

Jednym z głównych założeń idei *platooning* jest także utworzenie komplementarnego systemu obsługi „pociągu drogowego”. Kontrolę nad prawidłowym funkcjonowaniem „pociągu drogowego” sprawuje nie tylko kierowca „lidera”, ale także kontroler w jednostce administrującej całym systemem (*back office*) [1]. Uproszczony schemat działania systemu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Uproszczony schemat działania systemu „pociągów drogowych”

PUCs (*platoon use cases*) – to grupa czynników związana z potrzebą tworzenia się lub rozwiązywania „pociągu drogowego”, podłączenia, pozostania, odłączenia pojazdu „wagonu”.

BUCs (*back office use cases*) – to zadania administracyjne i logistyczne związane z utworzeniem lub rozwiązaniem „pociągu drogowego”, opłatami za jazdę w pociągu drogowym, określeniu wspólnego celu podróży, zarejestrowaniem się pojazdu „wagonu” i „lidera”, sprawdzeniem czy kierowca „lidera” może prowadzić „pociąg drogowy”, poszukiwaniem potencjalnych lub istniejących „pociągów drogowych” pasujących do profilu (celu podróży) kierowcy pojazdu „wagonu”, analizowaniem i reagowaniem na sytuacje awaryjne [1].

Kierowca, dysponując samochodem wyposażonym w odpowiednie urządzenia (w pojeździe „liderze” m.in. system analizujący jazdę i wysyłający dane o drodze, pojeździe i kierowcy drogą radiową, także system GPS, w samochodzie „wagonie” m.in. odbiornik sygnału, elementy wykonawcze sterujące przepustnicą, układem kierowniczym i hamulcowym, urządzenia rejestrujące pozycje i identyfikujące kierowców) może się przyłączyć lub utworzyć „pociąg drogowy”. Może on otrzymać informacje z jednostki administrującej systemem o „pociągach drogowych” w jego obszarze, o potencjalnych celach podróży czy o zapotrzebowaniu na utworzenie „kolejnego pociągu”.

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z utworzeniem systemu „pociągów drogowych” [9].

Wśród czynników ludzkich, które mają być istotne w całym procesie tworzenia *platooning* wymienia się: [5]

- świadomość kierowcy o sytuacji w danym momencie na drodze i pracy całego systemu;

- zanik umiejętności prowadzenia pojazdu w wyniku częstej jazdy pojazdu w „pociągu drogowym”;
- zachowanie kierowcy i stopień ryzyka jego zachowań w danej sytuacji na drodze, jeśli ma świadomość, że system pracuje prawidłowo;
- przejście z trybu normalnej jazdy w tryb jazdy automatycznej za „liderem”;
- zachowania kierowcy pojazdu „wagonu” w sytuacji awarii systemu *platooning*.

Istotnym elementem badań nad „pociągiem drogowym” jest ustalenie odległości między pojazdami. Wg wyników ankiet [5] 73% badanych kierowców zaakceptowałoby lukę wynoszącą 10 m. 7,5-metrową lukę akceptuje ok. 54% badanych, 5 m odległości między pojazdami ok. 11%. 6,9% badanych akceptuje 2,5-metrową lukę. Należy dodać, że ponad 75% badanych czuje się niekomfortowo jako kierowcy pojazdu w odległości mniejszej niż 16 m do pojazdu z przodu, na-

Tabela 1. Zagadnienia związane z ideą *platooning*

Zagadnienie	Dane	Założenia i dotychczasowe ustalenia
maksymalna liczba pojazdów w „pociągu drogowym”	czynniki ludzkie, czynniki charakteryzujące ruch drogowy	zalecane maks. 15 pojazdów w „pociągu” i jeden „lider”
kierunek przyłączenia się pojazdu „wagonu” do „pociągu drogowego”	czynniki ludzkie, czynniki charakteryzujące ruch drogowy	przyłączenie powinno uwzględniać wszystkie możliwości – dojazd od tyłu, przyłączenie się od przodu i włączenie się z boku
możliwość wyprzedzania „pociągu drogowego”	czynniki ludzkie, zapotrzebowanie na wyprzedzanie, czynniki charakteryzujące ruch drogowy	jest rozważana możliwość wyprzedzania „pociągu drogowego”
tworzenie się „pociągów drogowych” na pasach ruchu przeznaczonych dla konkretnych użytkowników drogi	czynniki ludzkie, czynniki charakteryzujące ruch drogowy	„pociągi” mają się tworzyć na zwykłych pasach ruchu
reakcja „pociągu drogowego” na inny pojazd, jeśli ten pojazd siłą chce się przyłączyć do „pociągu drogowego”	analizy bezpieczeństwa, czynniki ludzkie, czynniki ekonomiczne, czynniki charakteryzujące ruch drogowy	„pociąg drogowy” wyprzedza ten pojazd, odłącza „wagony” za nim, zezwala na podłączenie
częstotliwość tymczasowego rozwiązania się „pociągu drogowego”	czynniki ludzkie, czynniki ekonomiczne, czynniki charakteryzujące ruch drogowy	akceptacja do 3 rozwiązań tymczasowych „pociągu drogowego” w ciągu 20 min.
kierowca nie przestrzega zasad poruszania się w „pociągu drogowym”	czynniki ludzkie, czynniki ekonomiczne, czynniki związane z bezpieczeństwem w ruchu drogowym	wysyłanie ostrzeżeń do tego kierowcy, nakładanie kar finansowych, w skrajnym przypadku zatrzymanie „pociągu drogowego”
możliwość sterowania pojazdem „wagonem” przez kierowcę w tym pojeździe	czynniki ludzkie, czynniki ekonomiczne, czynniki związane z bezpieczeństwem w ruchu drogowym	dopuszcza się, lub nie, w zależności od przypadku, czy sytuacja jest awaryjna, czy kierowca chce odłączyć się od „pociągu drogowego”

tomiast zdecydowanie niebezpiecznie czuli by się, gdyby luka ta wynosiła mniej niż 7 m. Dla ok. 91% badanych, prędkość podróży w „pociągu drogowym” może wynosić 90 km/h.

Wykonano także badania dotyczące kierowców pojazdów poruszających się w pobliżu „pociągu drogowego”, ale nie uczestniczącym w nim. Wynika z nich, że ok. 73% badanych traktowałoby „pociąg drogowy” 5+1 (5 „wagonów” i „lider”) jako normalną sytuację (możliwość manewrów) na autostradzie.

Dla „pociągu” 15+1 już nieco ponad połowa badanych (55%) deklaruje, że taka grupa pojazdów nie wpływałaby na sposób jazdy innych pojazdów. Stąd wynika, że „pociąg drogowy” nie powinien być dłuższy niż 15+1 pojazdów [9], [5].

W związku z potrzebą wykonania dokładnych analiz zdecydowano się na badania terenowe. Na miejsce pierwszych doświadczeń wybrano tor badawczy *Applus+Idiada Proving Ground* w Hiszpanii, w okolicach miasta El Vendrell, ok. 70 km na południowy zachód od Barcelony. Jest to największy w Europie poligon doświadczalny dla pojazdów. Można tam badać zachowania pojazdów przy dużych prędkościach, hałas komunikacyjny, jazdę po mokrej nawierzchni, jazdę po nawierzchniach zniszczonych, jazdę terenową, hamowanie itp. [2], [6]. W I etapie testów będzie sprawdzane funkcjonowanie systemu obsługi „pociągów drogowych”, zachowanie się ich w ruchu, bezpieczeństwo ruchu drogowego, potrzeby logistyczne całego systemu i jego obsługi, zachowania kierowców różnych płci, wieku, wzrostu, umiejętności prowadzenia pojazdu itp.

W związku z istotą programu *SARTRE*, należałoby przeprowadzić badania *platooning* w prawdziwych warunkach, na drodze. Ustalono poligon badań na 12-kilometrowym odcinku autostrady C-32 niedaleko Barcelony. Znajdują się na tym odcinku typowe elementy autostrad – punkt poboru opłat, tunele, zjazdy i wjazdy na autostradę.

Niewątpliwie wyzwaniem dla inżynierów jest program działania w momencie podłączenia się potencjalnego pojazdu „wagonu” do „pociągu drogowego” i zadeklarowanie potencjalnego pojazdu „lidera” o utworzeniu całego „pociągu drogowego”. W programie *SARTRE* przeprowadzono wirtualne próby różnych sytuacji (na specjalnym symulatorze), gdzie analizowano możliwe scenariusze działania elementów składowych, jak i całego systemu zarządzania „pociągami drogowymi”. Utworzono także specjalny program badań wzajemnej współpracy urządzeń elektronicznych i kierowców (*HMI: Human – machine interface*) w pojazdach, które będą technicznie przygotowane do podróży w „pociągu drogowym”. W praktyce ma to oznaczać sposób komunikacji między kierowcą a urządzeniami pokładowymi w samochodzie, przeznaczonymi do utworzenia lub podróży w „pociągu drogowym”.

Zagadnienia techniczne w pojazdach

Komunikacja między całym systemem w idei *platooning*

W rozwoju programu *SARTRE* przewiduje się zastosowanie kompleksowego systemu wymiany danych między pojazdami w „pociągu drogowym”, między pojazdami mającymi utworzyć pociąg oraz między pojazdami i jednostką administrującą systemem. Urządzenia komunikacji pojazd – pojazd oznaczono *V2V (vehicle to vehicle)*, natomiast komunikację z systemem zarządzania *V2I (vehicle to infrastructure)*.

Przewiduje się radiowy system komunikacji danych na częstotliwości 5,9 GHz, połączony z protokołem *CAN* (protokół opracowany przez firmę Bosch z myślą o zastosowaniach w przemyśle samochodowym, np. przesyłanie informacji o przepalanej żarówce do komputera pokładowego w samochodzie i poinformowanie kierowcy).

Do przesyłania danych, między pojazdem a jednostką administrującą systemem, przewiduje się wykorzystanie pasma 2,4 GHz lub technologii *UMTS* (standard telefonii komórkowej) [1].

Wyposażenie pojazdów

Projekt *SARTRE* zakłada wykorzystanie radarów pracujących na paśmie 76 GHz oraz kamer, montowanych z przodu samochodu, sprzężonych z głównym sterownikiem kontroli w samochodzie. Komputer otrzymujący dane z radarów i czujników (np. odległość do poprzedzającego pojazdu, prędkość jazdy) na ich podstawie będzie sterował elementami wykonawczymi, takimi jak siłownik kierownicy, siłownik przepustnicy, zautomatyzowana pompa hamulcowa, które mają za zadanie utrzymać kontrolę w „pociągu drogowym”.

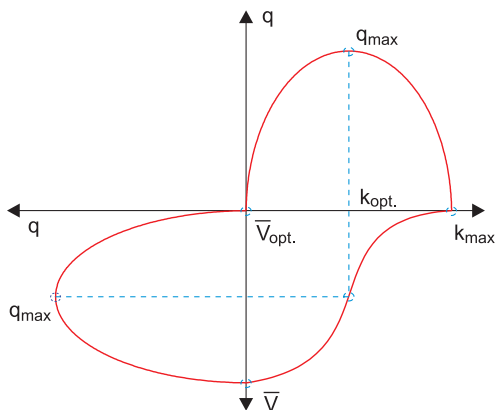
Systemy w pojazdach mają być kombinacją systemów kontroli indywidualnej (pojedynczego samochodu, sposobu jego poruszania się w „pociągu drogowym” jako elementu składowego) i systemów kontroli globalnej, związanej z pojazdem „liderem” i całym „pociągiem drogowym”. Ponadto samochody w systemie powinny być wyposażone w czujniki pasa ruchu (reagujące na odchylenia pojazdu w ruchu od osi pasa lub osi grupy pojazdów) [1].

W przypadku awarii któregokolwiek z czujników musi być zapewniony odpowiedni scenariusz działania systemu, a w skrajnym przypadku nawet działania kierowcy pojazdu, dlatego określono pewne wymagania reagowania systemu sterowania na usterki lub błędy czujników. W całej idei system musi wykryć błąd i go usunąć lub zareagować odpowiednim elementem wykonawczym w pojeździe. W skrajnym przypadku system zwiększy odległość między pojazdami i poinformuje kierowcę w pojeździe, że niezbędna jest jego interwencja (np. opuszczenie „pociągu drogowego” i zatrzymanie pojazdu w bezpiecznym miejscu), przy czym jednocześnie zostanie wysłana informacja do pozostałych pojazdów o zaistniałym problemie.

Problematyczna może się wydawać sytuacja, w której następuje awaryjne hamowanie „pociągu drogowego”. Przy niewielkich odstępach między pojazdami, manewr ten może się wydawać bardzo niebezpieczny. Pod wpływem pełnej kontroli pojazdu „lidera” nad pojazdem „wagonem” zagrożenie, wbrew pozorom, pozostaje na stosunkowo niskim poziomie [9], [5]. Droga hamowania poszczególnych pojazdów może się różnić w zależności od stanu opon czy lokalnego (w danym punkcie) stanu nawierzchni, jednak najważniejsze jest to, że kierowca pojazdu „lidera” rozpoczyna manewr hamowania, a pojazdy „wagonu” na ten manewr reagują. Dzięki kontroli automatycznej czas reakcji w „wagonach” spada niemal do zera, ponieważ hamuje system kontroli, a nie kierowca. Przy odpowiednio dobranej częstotliwości próbkowania radarów i kamer z przodu pojazdu można zachować odpowiedni poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego, nawet w przypadku awaryjnego hamowania.

Korzyści podróżowania w „pociągu drogowym”

Rozważając i analizując powyższe wyniki badań, można skorzystać ze znanego, fundamentalnego wykresu ilustrującego zależność między średnią prędkością strumienia (\bar{v}), gęstością (k) i intensywnością ruchu (q) [3] (rys 3).

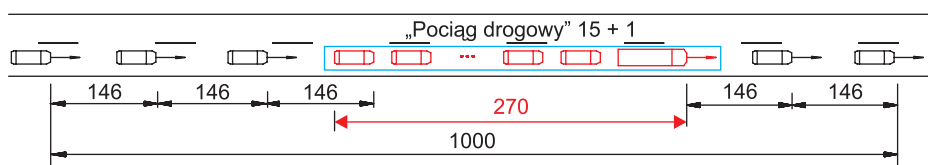


Rys. 3. Podstawowe zależności między natężeniem, prędkością i gęstością strumienia pojazdów

Przy wzroście gęstości ruchu, spada średnia prędkość strumienia pojazdów i natężenie ruchu. Korzystając z wytycznych estymacji przepustowości (np. [3], [4]) autostrad i dróg ekspresowych przy małych pochyleniach podłużnych i na odcinkach między węzłami, przy średniej prędkości samochodów osobowych wynoszącej 90 km/h, natężenie krytyczne poziomu swobody ruchu A (PSR A) wynosi 630 s.o./h/pas przy gęstości ruchu równej 7 s.o./km/pas. Zakładając, że maksymalna długość samochodu osobowego to 6 m, odstęp między „wagonami” 10 m, a długość pojazdu ciężarowego 20 m, maksymalna długość (przy układzie 15+1) „pociągu drogowego” wyniesie ok. 270 m. W ruchu swobodnym odstęp między samochodami osobowymi wynosi od 5 do 9 m [10]. Przy gęstości ruchu wynoszącej 7 s.o./km/pas (PSR A dla $V = 90$ km/h [3], [4]) odstęp powinien wynieść ok. 146 m. Na rysunku 4 zilustrowano hipotetyczną sytuację ruchu swobodnego samochodów osobowych wraz z „pociągami drogowymi”.

Z rysunku wynika, że łączna liczba pojazdów na długości 1 km wynosi 21, po przeliczeniu na pojazdy umowne 22 E/km/pas. Graniczna gęstość ruchu przy PSR A wzrasta ponad trzykrotnie. Oznacza to, że o tyle samo wzrosłoby natężenie krytyczne dla PSR A, a więc, przepustowość prawego pasa. Wynika stąd, że występowanie „pociągów drogowych” nie ograniczałoby warunków swobody ruchu panujących na drodze, mimo zwiększenia ilości pojazdów (natężenia i gęstości ruchu).

Badania wykazały, że przy zmniejszeniu luki między pojazdami jadącymi w kolumnie, maleje zużycie paliwa, a więc jest



Rys. 4. Sytuacja pojazdów w warunkach ruchu swobodnego

to kolejną korzyść „pociągów drogowych”. Oszacowano, że oszczędności mogą wynosić nawet 20%. Wiąże się to z ograniczeniem wpływu działania oporów powietrza. Pojazd „lider”, większy i szerszy tnie masy powietrza tworząc za sobą układ podciśnienia [8]. Pojazdy „wagon”, znajdując się w takim układzie podlegają obniżonym siłom oporu powietrza, co przekłada się na obniżone zużycie paliwa.

Wspomina się także o wpływie na bezpieczeństwo ruchu drogowego [11]. Poruszanie się pojazdów, które są kontrolowane przez system reagujący na ruchy kierowcy pojazdu „lidera” sprawia, że maleje prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez kierowcę pojazdu osobowego uwzględniając fakt, że kierowcy pojazdów „liderów” muszą być specjalnie przeszkoleni.

Podsumowanie

Wyniki badań symulacyjnych, analizy praktyczne i teoretyczne pozwalają optymistycznie oceniać pomysł „pociągów drogowych”. Ze względu na specyfikę badań i rozwiązań technologicznych, wdrożenie uniwersalnego, komercyjnego systemu wymaga jeszcze wielu badań oraz opracowania rozwiązań szczegółowych. Zwiększenie przepustowości, oszczędność paliwa, zwiększenie bezpieczeństwa pozwala wierzyć, że ambitny pomysł będzie sukcesywnie i trwale wdrażany, a być może za 15 czy 20 lat nawet w Polsce będzie możliwość czytania gazety czy przeglądania stron internetowych przez kierowcę w samochodzie jadącym z prędkością ponad 100 km/h.

Bibliografia

- [1] Bergenhem C., Huang Q., Benmimoun A., Robinson T., *Challenges of Platooning on Public Motorways*, 17 Światowy Kongres Inteligentnych Systemów Transportowych, 25-29.10.2010, Busan, Korea
- [2] Dávila A., Nombela N., *SARTRE: Safe Road Trains for the Environment*, Konferencja Personal Rapid Transit PRT, 21-23.09. 2010, London Heathrow
- [3] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego*, WKiŁ, Warszawa 2008
- [4] Instrukcja obliczania przepustowości dróg I i II klasy technicznej, „Transprojekt” Kraków sp. z o.o., Warszawa 1995
- [5] Larburu M., Sanchez J., *SAFE ROAD TRAINS FOR ENVIRONMENT: Human factors' aspects in dual mode transport systems*, 17 Światowy Kongres Inteligentnych Systemów Transportowych, 25-29.10.2010, Busan, Korea
- [6] Materiały ze strony internetowej www.idiada.com
- [7] Materiały ze strony internetowej www.sartre-project.eu
- [8] Prochowski L., *Pojazdy Samochodowe – mechanika ruch*, WKiŁ, Warszawa 2005
- [9] Robinson T., Chan E., Coelingh E., *Operating Platoons On Public Motorways: An Introduction To The SARTRE Platooning Programme*, 17 Światowy Kongres Inteligentnych Systemów Transportowych, 25-29.10.2010, Busan, Korea
- [10] Szczuraszek T. Studia z zakresu inżynierii nr 62, *Prędkość pojazdów w warunkach drogowego ruchu swobodnego*, wydawnictwo PAN, Warszawa 2008
- [11] Ulotka informacyjna *Vehicle Platooning and Automated Highways*, California PATH, sierpień 1997, San Diego, USA
- [12] Widodo A., Hasegawa T., *A Study on The Effective Road Capacity and The Modified Road Capacity: New Evaluation Parameters For Traffic Flow Evaluation*, Międzynarodowa Konferencja Inteligentnych Systemów Transportowych, 5 – 8.10.1999 Tokio, Japonia ■