

# Autonomiczne systemy wsparcia transportu drogowego<sup>1,2</sup>

**LESZEK KORNALEWSKI**

mgr inż., Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1,  
03-302 Warszawa,  
tel. +48 22 390 02 04,  
e-mail: lkornalewski@ibdim.edu.pl

**JACEK MALASEK**

dr inż., Instytut Badawczy  
Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1,  
03-302 Warszawa,  
tel. +48 22 390 02 02,  
e-mail: jmalasek@ibdim.edu.pl

**Streszczenie.** Bardziej efektywne i racjonalne wykorzystanie miejskiej powierzchni komunikacyjnej jest głównym celem rozwoju autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego. Zagadnienie to jest przedmiotem badań prowadzonych w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w ramach europejskiego projektu COST TU1102, o akronimie ARTS (Autonomic Road Transport Support Systems). Autonomiczne systemy wsparcia transportu drogowego służą realizacji m.in. następujących celów taktycznych: tworzenia systemów informacyjnych do poprawy zarządzania ruchem; wykorzystania nowych technologii telekomunikacyjnych do nadzoru ruchu; przewidywania zatorów drogowych; zmiany programów sygnalizacji świetlnej w reakcji na aktualną sytuację ruchową; dostosowywania podaży usług transportu zbiorowego do przewidywanego popytu; optymalizacji usług logistycznych. Wdrażaniu autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego towarzyszyć muszą działania przygotowawcze, polegające na rozwoju metod kształtowania zachowań komunikacyjnych, automatyzacji ruchu pojazdów i optymalizacji wykorzystania infrastruktury drogowej. Wyniki realizowanego przez IBDiM projektu europejskiego UDRIVE (European Naturalistic Driving and Riding for Infrastructure&Vehicle Safety and Environment), przedstawiające pogłębioną analizę przyczyn powstawania sytuacji niebezpiecznych w ruchu drogowym, z uwzględnieniem różnic kulturowych w poszczególnych krajach europejskich, podobnie jak i rezultaty dalszych doświadczeń z funkcjonowania pojazdów automatycznych w ruchu miejskim, stanowiąc będąc bardzo istotne przesłanki do udoskonalenia opracowywanych obecnie założeń realizacyjnych autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego. Zmianie zachowań komunikacyjnych podczas podróży miejskich służyć ma opracowywany przez autorów artykułu w ramach projektu ARTS inteligentny konsultant wyboru środka transportu.

**Słowa kluczowe:** system autonomiczny, zarządzanie ruchem drogowym, transport zrównoważony

## Wprowadzenie

Bardziej efektywne i racjonalne wykorzystanie miejskiej powierzchni komunikacyjnej jest głównym celem rozwoju autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego. Zagadnienie to jest przedmiotem badań prowadzonych w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów w ramach europejskiego projektu COST TU1102 o akronimie ARTS (Autonomic Road Transport Support Systems).

Zapewnienie mobilności ludzi i towarów jest bardzo kosztowne i coraz bardziej złożone. Jednym z głównych problemów społecznych naszych czasów jest zawodność sieci transportu drogowego, w wyniku zdarzeń drogowych, przeciążenia systemu lub braku zoptymalizowanych inteli-

gentnych systemów wsparcia zarządzania ruchem drogowym. Celem projektu ARTS jest zorganizowanie zespołu europejskich ekspertów z zakresu transportu, inżynierii ruchu, informatyki i socjologii w celu prowadzenia wspólnych badań i opracowania nowych sposobów projektowania systemów wsparcia transportu drogowego, opartych na idei systemów autonomicznych. Działanie takie daje możliwość połączenia ze sobą odmiennych nurtów badań w zintegrowaną dyscyplinę, stawiając państwa europejskie biorące udział w projekcie na czele rozwoju autonomicznych systemów transportu drogowego. Dodatkowo podejście takie ma szansę wpłynąć na inne dziedziny wiedzy, co może przełożyć się na inne obszary aplikacji, np. zarządzanie energią.

Autonomiczność stanowi bardzo poważne i stosunkowo nowe wyzwanie w zakresie projektowania, rozwoju i wdrażania współczesnych systemów wsparcia transportu drogowego i jest postrzegana jako przygotowanie do ich pełnej samodzielności decyzyjnej. Stosowane obecnie coraz powszechniej systemy automatyczne zwalniają operatora od konieczności realizacji zadań powtarzalnych (o określonej strukturze i kolejności wykonywania), prowadzących do osiągnięcia celu założonego uprzednio przez człowieka. Procesy autonomiczne w przeciwieństwie do automatycznych posiadają zdolność podejmowania decyzji, leżącą obecnie w gestii operatora systemu. Ta zdolność decyzyjności pozwala systemowi na znaną dotychczas głównie z powieści fantastycznych samodzielność, która jak nas straszono może doprowadzić do „buntu robotów”. Właściwości przyszłego, dobrze zaprojektowanego i w pełni bezpiecznego autonomicznego systemu inżynieryjnego to jego samo zarządzanie, samokonfiguracja, samonaprawa i samoopptymalizacja, ukierunkowane na realizację ogólnego celu strategicznego, mogącego dotyczyć najbardziej żywotnych interesów mieszkańców miast, takich jak:

- poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- eliminacji zatorów drogowych,
- ograniczenia hałasu i emisji spalin.

Idea systemu autonomicznego wywodzi się z obserwacji biologicznych (1), a w szczególności z analizy zachowań człowieka. Kiedy z jakichś względów (strach, rywalizacja sportowa itp.) stwierdzamy, że konieczny jest szybki bieg, nasz świadomy mózg podejmuje decyzję o prędkości, przyspieszeniach i momencie zatrzymania. Wsparcie dla tych decyzji strategicznych stanowi autonomiczny system na-

<sup>1</sup> © Transport Miejski i Regionalny, 2014.

<sup>2</sup> Wkład autorów w publikację: L. Kornalewski 50%, J. Malasek 50%.

szego organizmu, który w sposób całkiem dla nas nieświadomy i od nas niezależny optymalizuje tętno i wydzielanie potu. Nasz system autonomiczny pozwala w ten sposób skoncentrować się na celu nadrzędnym, jakim jest ucieczka przed niebezpieczeństwem lub chęć wygrania zawodów sportowych, bez konieczności rozpraszania się na zagadnieniach związanych z pracą naszego serca itp.

Autonomiczne systemy wsparcia transportu drogowego mają realizować m.in. następujące cele taktyczne:

- tworzenie systemów informacyjnych do poprawy zarządzania ruchem,
- wykorzystanie nowych technologii telekomunikacyjnych do nadzoru ruchu,
- przewidywanie zatorów drogowych,
- zmiany programów sygnalizacji świetlnej w reakcji na aktualną sytuację ruchową,
- dostosowywanie podaży usług transportu zbiorowego do przewidywanego popytu,
- optymalizacja usług logistycznych.

Wdrażaniu autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego towarzyszyć muszą działania przygotowawcze, polegające na rozwoju metod kształtowania zachowań komunikacyjnych, automatyzacji ruchu pojazdów i optymalizacji wykorzystania infrastruktury drogowej.

### Poprawa bezpieczeństwa ruchu

Możliwość wpływu rozwoju autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego na dużą poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego poprzez znaczące usprawnienie interakcji pojazdu i infrastruktury jest bezdyskusyjna. Inteligentna droga wybacząca błędy kierowcy i inteligentny, wkrótce już zapewne automatyczny, pojazd potrafiący tych błędów unikać, to potężny oręż w trudnej walce o osiągnięcie szwedzkiej „Wizji 0” – całkowitej eliminacji śmiertelnych ofiar wypadków drogowych.

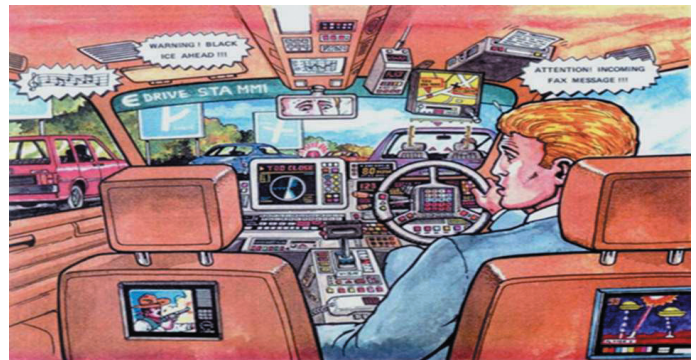
W roku 2006 podczas konferencji nt. bezpieczeństwa ruchu drogowego zorganizowanej przez Autoworld w Brukseli jeździłem pojazdem z automatyczną skrzynią biegów potrafiącym, dzięki zainstalowaniu w komputerze pokładowym mapy cyfrowej miasta z naniesionymi dozwolonymi prędkościami, automatycznie hamować zapędy kierowcy do zbyt szybkiej jazdy. Instalacja w samochodzie zbyt dużej liczby urządzeń elektronicznych (rys. 2), z których część ma za zadanie ułatwiać kierowcy podejmowanie trafnych decyzji, prowadzi jednak często do niebezpiecznego rozpraszania jego uwagi.

Testowane obecnie pierwsze samochody w pełni autonomiczne (fot. 1 i 2) wyglądają już całkiem inaczej i nie absorbują kierowcy nawet tylko koniecznością trzymania rąk na kierownicy. Jadąc własnym samochodem, po uprzednim zaprogramowaniu trasy podróży możemy już spokojnie oddać się przyjemności oglądania filmu na pokładowym telewizorze lub czytaniu prasy.

Pojazdy automatyczne, pomimo przejścia już pomyślnie szeregu testów w ruchu drogowym zarówno na terenie Stanów Zjednoczonych, jak i w Europie, budzą jeszcze cią-



Rys.1. Sieć powiązań kooperacyjnych projektu ARTS  
Źródło: na podstawie materiałów roboczych COST TU1102



Rys. 2. Rysunek satyryczny  
Źródło: [2]



Fot. 1. Automatyczny pojazd testowy produkcji amerykańskiej  
Źródło: [2]



Fot. 2. Automatyczny pojazd testowy produkcji niemieckiej  
Źródło: [2]



gle poważne obawy i wątpliwości. Jest zgoda na uwolnienie kierowcy od konieczności trzymania rąk na kierownicy i nóg na pedale hamulca (czy aby powszechna?), ale czy można kierowcę zwolnić z obowiązku myślenia i kontrolowania sytuacji na drodze? Czy ludzie chcą być pozbawieni przyjemności (dużej dla niektórych) kierowania pojazdem? Czy znacznie droższe od obecnych pojazdy automatyczne będą znajdowały nabywców?

Poza wątpliwościami lubiących prędkość i adrenalinę naśladowców *easy ridera* i obawami handlowców, poważny problem stanowią wątpliwości prawne. Czy prowadzenie (?) pojazdu automatycznego wymaga posiadania prawa jazdy? Jak to się ma do konwencji wiedeńskiej o ruchu drogowym z 1968 roku? Kto będzie odpowiadał w przypadku spowodowania przez pojazd automatyczny wypadku – osoba nim jadąca, producent czy autor *software*? Czy są obecnie jakieś instytucje zdolne do homologacji pojazdów automatycznych? A co na to powiedzą pozbawieni pracy liczni członkowie związków zawodowych kierowców?

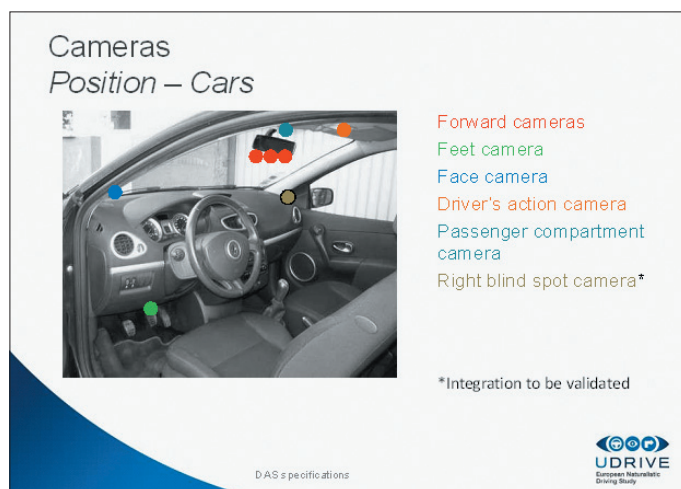
Czekając na wyjaśnienie tych licznych wątpliwości, w trosce o poprawę bezpieczeństwa ruchu, należy skoncentrować się na badaniach niebezpiecznych zachowań kierowców obserwowanych w ruchu rzeczywistym (czyli Naturalistic Driving Study). Temu zagadnieniu poświęcony jest obecnie jeden z największych unijnych projektów badawczych z dziedziny transportu – projekt o akronimie UDRIVE (European Naturalistic Driving and Riding for Infrastructure&Vehicle Safety and Environment), którego uczestnikami są autorzy artykułu.

Celem badawczym projektu UDRIVE jest opracowanie katalogu i rankingu zachowań kierowców prowadzących do zagrożeń bezpieczeństwa ruchu oraz wniosków odnośnie poprawy metod szkolenia, m.in. w zakresie ekologicznego stylu jazdy. Filmowa rejestracja sytuacji przedwypadkowych i drastycznie niebezpiecznych pozwoli również na opracowanie zaleceń przydatnych podczas projektowania i modernizacji infrastruktury drogowej i jej oznakowania.

W ramach projektu testowane będą w ruchu drogowym, przez okres 21 miesięcy, samochody osobowe, ciężarowe, motocykle i motorowery (3) wyposażone w kamery (rys. 3, 4 i 5), mikrofony oraz urządzenia pokładowe do rejestracji parametrów ruchu i zużycia paliwa. Z ośmiu kamer (zaznaczonych na rysunkach kółeczkami), zamontowanych w każdym z testowanych samochodów osobowych, 3 pokazują panoramiczny obraz drogi i sytuacji ruchowej przed pojazdem, jedna obraz sytuacji za pojazdem, a kolejne cztery: twarz kierowcy, położenie jego stóp, wnętrze pojazdu i martwe pole prawego lusterka bocznego. W pojazdach ciężarowych 8 kamer rozmieszczonych jest w sposób podobny jak w samochodzie osobowym. W przypadku motocykli instalujemy tylko 6 kamer: dwie pokazujące sytuację przed pojazdem, dwie obrazy boczne, jedna sytuację za motocyklem i kolejna skierowaną na twarz motocyklisty.

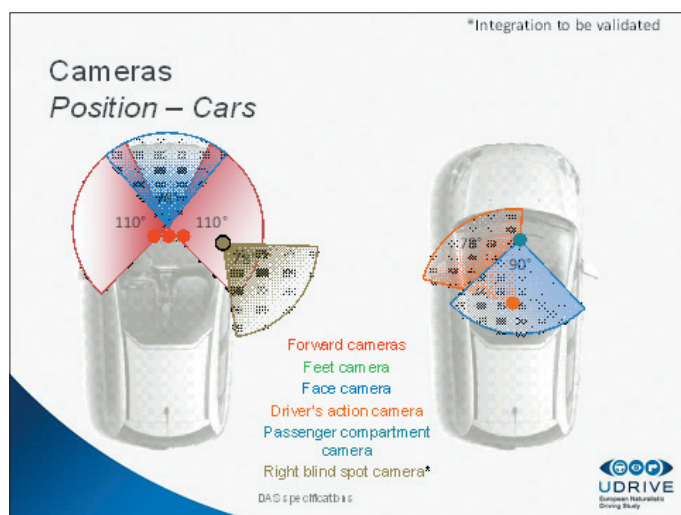
Wyniki projektu UDRIVE przedstawiające pogłębioną analizę przyczyn powstawania sytuacji niebezpiecznych w ruchu drogowym, z uwzględnieniem różnic kulturowych w poszczególnych krajach europejskich, podobnie jak i re-

zultaty dalszych doświadczeń z funkcjonowania pojazdów automatycznych w ruchu miejskim, stanowiąc będą bardzo istotne przesłanki do udoskonalenia opracowywanych obecnie założeń realizacyjnych autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego.



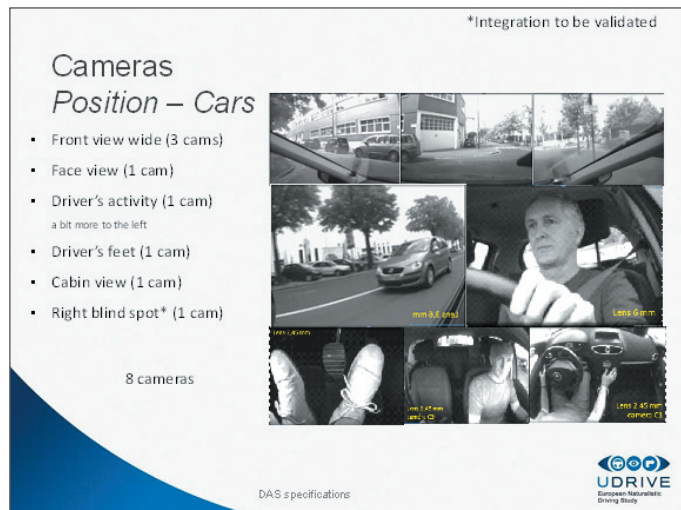
Rys. 3. Lokalizacja kamer we wnętrzu samochodu osobowego

Źródło: [3]



Rys. 4. Kąt widzenia poszczególnych kamer

Źródło: [3]



Rys. 5. Przykładowy obraz z ośmiu kamer

Źródło: [3]



## Optymalizacja wykorzystania infrastruktury drogowej

Wytyczne realizacji autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego tworzone są w oparciu o zalecenia Białej Księgi Transportu (4), dokumentu strategicznego Komisji Europejskiej z roku 2011, który przedstawia drogę wiodącą do tworzenia systemów transportu charakteryzujących się wysoką konkurencyjnością oraz dbałością o poszanowanie energii i ochronę środowiska naturalnego.

Projekt ARTS w swoich założeniach strategicznych uwzględnia m.in. następujące postulaty zawarte w Białej Księdze:

- tworzenie podstaw naukowych dla ustalania wpływu wyboru środka transportu na emisję gazów cieplarnianych;
- opracowanie metody wyceny kosztów kongestii, emisji transportowych i wypadkowości dla celów egzekwowania kosztów zewnętrznych podróży miejskich, w formie podatku lub opłat za korzystanie z infrastruktury drogowej;
- rozwój metod zarządzania ruchem, służących lepszemu wykorzystaniu miejskiej powierzchni komunikacyjnej.

Funkcje miejskich centrów zarządzania ruchem (fot. 3 i 4) powinny obejmować, poza realizacją zadań podstawowych związanych z zapewnieniem sprawnego i bezpiecznego kierowania potokami pojazdów, szereg zadań związanych z udogodnieniami dla uczestników ruchu drogowego, takich jak:

1. informowanie kierowców o długości trwania światła zielonego/czerwonego (fot. 5), co przyczynia się do poprawy płynności ruchu, zmniejsza liczbę wjazdów na czerwonym świetle i ułatwia realizację ekologicznego stylu jazdy;
2. informowanie pieszych o czasie wyświetlania światła zielonego (fot. 6) i o nadjeżdżających pojazdach uprzywilejowanych;
3. informowanie kierowców o wolnych miejscach parkingowych (fot. 7), co przyczynia się szczególnie w centrach miast do ograniczenia ruchu związanego z poszukiwaniem możliwości zaparkowania pojazdu;
4. informowanie o aktualnym stanie środowiska miejskiego (fot. 8).

Wykorzystywanie danych o zanieczyszczeniu środowiska w zarządzaniu ruchem (5) może:

- pozwolić na lepsze zrozumienie realnego wpływu ruchu drogowego na środowisko naturalne, umożliwiając bardziej efektywne zarządzanie ruchem;
- wspomagać definiowanie polityki transportowej i dokonywanie wyborów przez podróżnych, wywierając wymierny wpływ na stan zdrowia mieszkańców;
- ulepszyć zarządzanie środowiskowe na całym obszarze miasta np. poprzez przeciwdziałanie powstawaniu smogu i emisji ozonu;
- pomóc w przestrzeganiu przepisów unijnych dotyczących jakości powietrza i hałasu miejskiego.



Fot. 3. Jedno z największych europejskich centrów zarządzania ruchem, uruchomione w Madrycie w roku 2007



Fot. 4. Ekran główny centrum zarządzania ruchem w Madrycie



Fot. 5. Czasomierz na skrzyżowaniu w Toruniu



Fot. 6. Czasomierz dla pieszych w Toruniu



Fot. 7. Informacja o wolnych miejscach parkingowych na ekranie centrum zarządzania ruchem w hiszpańskim Burgos



Fot. 8. Tablica informacyjna na ulicy węgierskiego Sopronu

W projekcie ARTS korzystamy w tym zakresie głównie z długoletnich doświadczeń brytyjskich (6) w walce ze smogiem (fot. 9) i przełamywaniu trendu stabilizacji wartości emisji dwutlenku węgla, tlenków azotu i cząstek stałych (rys. 6).

Skuteczność współczesnych narzędzi zarządzania ruchem jest już obecnie imponująca, a należy się spodziewać, że jeszcze znacznie wzrośnie w wyniku pełnego wykorzystania możliwości nowych technologii (7) związanych z automatycznym pojazdem i inteligentną drogą (rys. 7 i 8).

Wyposażenie brytyjskiej autostrady M42 w obecnie dostępne urządzenia Inteligentnego Systemu Transportu (w ciągu dwóch lat kosztem 150 mln USD) spowodowało efekt możliwy do osiągnięcia poprzez poszerzenie jezdni kosztem 800 mln USD, co trwałoby 10 lat (8). Mamy nadzieję, że w przyszłości systemy autonomiczne potrafią ten efekt zwielokrotnić.

### Kształtowanie zachowań komunikacyjnych

Zmianie zachowań komunikacyjnych podczas podróży miejskich służyć ma opracowywany przez autorów artykułu w ramach projektu ARTS inteligentny konsultant wyboru środka transportu (STP – Smart Travel Planner).

Mobilne usługi informacyjne dla podróżnych, stanowiące źródło kompleksowych informacji na temat podróży podczas jej trwania lub podejmowania decyzji o wyborze środka transportu, są już dostępne w wielu miastach. Z nowych inicjatyw warto wymienić opracowany w ramach programu UE NICHES+ (9) projekt dla norweskiego miasta Trondheim.

Projekt mobilnych usług informacyjnych dla Trondheim przewiduje realizację następujących usług:

- lokalizacja autobusów na sieci ulicznej;
- informacja o autobusach wyświetlana w pojazdach i na przystankach;
- otrzymywanie informacji SMS-owej o czasie przyjazdu oczekiwanego autobusu na konkretny przystanek;
- aplikacja mapowa na smartphonie z lokalizacją autobusów w czasie rzeczywistym.

Tęgo typu usługi wymagają zintegrowania komunikacji mobilnej, technologii bezprzewodowej, internetowej, satelitarnej i komputerowej. Decyzja o wprowadzeniu mobilnych usług informacyjnych dla podróżnych, zarówno w Trondheim, jak i w innych miastach) wiąże się z szeregiem korzyści zarówno dla podróżnych, jak i dla przedsiębiorstw transportu zbiorowego.

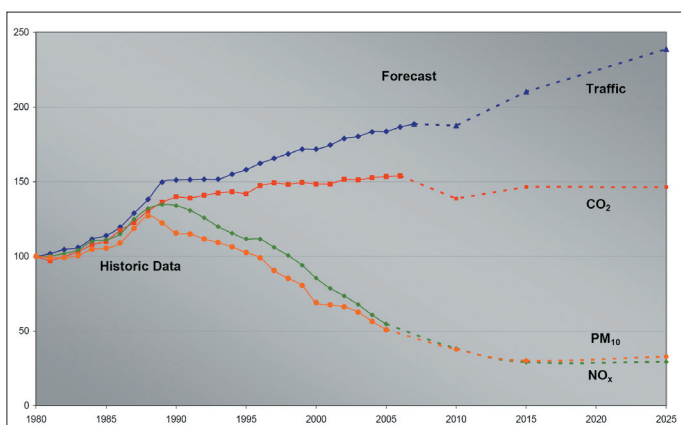
Korzyści dla podróżnych to:

- uatrakcyjnienie transportu publicznego poprzez skrócenie czasu podróży dzięki oferowaniu alternatywnych opcji w przypadku problemów na trasie,
- ułatwienie dostępu do transportu publicznego wielu różnym użytkownikom,
- zapewnienie szerokiego zakresu informacji w czasie trwania podróży,
- zwiększenie pewności osiągnięcia celu podróży w założonym czasie.

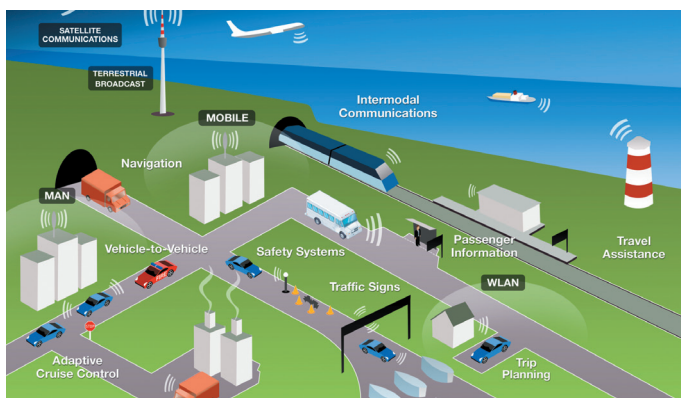
Rys. 8. Idea inteligentnej drogi wyposażonej w sensory monitorujące wielkość, prędkość i strukturę ruchu, wilgotność nawierzchni (gofoleź!) i emisję spalin oraz kontrolujące odstęp między pojazdami i trzymanie się wybranego pasa ruchu



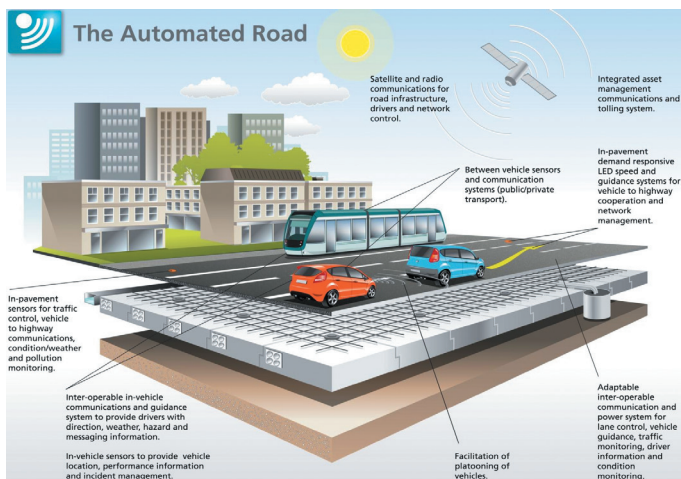
Fot. 9. Londyński smog z lat 50  
Źródło: [6]



Rys. 6. Trendy brytyjskich emisji transportowych  
Źródło: [6]



Rys. 7. Środowisko technologiczne pojazdu automatycznego  
Źródło: [7]





Dla operatorów najbardziej istotne jest to, że mobilne usługi informacyjne powodują:

- zwiększenie atrakcyjności transportu zbiorowego,
- ułatwienia we wprowadzaniu zmian w usługach i lepszym dostosowywaniu ich do aktualnych potrzeb podróżujących,
- zwiększenie bezpieczeństwa dzięki lepszemu skoordynowaniu systemu reagowania w sytuacjach awaryjnych,
- większą skuteczność realizacji celów związanych z ochroną środowiska dzięki dostarczaniu informacji skłaniających ludzi do dokonywania bardziej ekologicznych wyborów środka transportu.

Interesujące dla ewentualnych polskich naśladowców może być to, że koszty realizacji projektu i jego eksploatacji przez okres 5 lat oszacowano w przypadku tego 165-tysięcznego miasta na 15 milionów euro, przy czym 7,8 miliona euro stanowią koszty inwestycyjne, 3,2 koszty osobowe, a 4 miliony euro koszty operacyjne. Spodziewane efekty wdrożeniowe miejskiej polityki transportowej (której ważnym elementem jest poprawa usług informacyjnych) do roku 2018 (w porównaniu z rokiem 2008) to:

- wzrost liczby osób korzystających z komunikacji autobusowej o 33%,
- zmniejszenie natężeń ruchu drogowego o 4%,
- zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o 20%,
- zwiększenie prędkości autobusów w centrum miasta o 25%,
- zmniejszenie liczby podróży dokonywanych samochodem osobowym o 8%,
- zmniejszenia hałasu ulicznego o 15%,
- zmniejszenie liczby wypadków drogowych o 20%.

Naszą koncepcję inteligentnego konsultanta wyboru środka transportu (STP) różnią od omówionej powyżej cztery cechy podstawowe:

- STP będzie działał w oparciu o ściśle spersonalizowany portal internetowy,
- STP koncentrować się będzie na ekologicznym aspekcie wyboru środka transportu,
- uczestnicy programu będą nagradzani za proekologiczne zachowania komunikacyjne,
- STP jest z założenia inwestycją samofinansującą się.

STP ma być rzetelnym doradcą w sprawie optymalnego wyboru środka transportu i trasy podróży miejskiej, działającym w oparciu o:

- informacje o aktualnych warunkach ruchu na drogach i trasach komunikacji publicznej;
- informacje o wypadkach drogowych i utrudnieniach ruchu spowodowanych prowadzeniem robót drogowych;
- informacje o utrudnieniach w funkcjonowaniu transportu zbiorowego, spowodowanych strajkiem, awarią sieci trakcyjnej itp.;

- informacje z miejskich stacji monitoringu ekologicznego odnośnie stanu zanieczyszczeń i poziomu hałasu ulicznego;
- informacje o stałych i aktualnych ograniczeniach i preferencjach osoby korzystającej z usług STP.

W celu dokładnego dopasowania oferowanych opcji podróży do potrzeb konkretnego użytkownika, jego konto osobiste w portalu internetowym STP zawierać będzie następujące informacje:

- adres zamieszkania i miejsca pracy/nauki,
- godziny pracy/nauki,
- informacje o innych okresowych podróżach obowiązkowych (zawożenie dzieci do szkoły, udział w zajęciach np. sportowych itp.),
- posiadanie biletu okresowego komunikacji miejskiej,
- zwyczaj korzystania z roweru własnego lub roweru miejskiego,
- akceptowany dystans podróży pieszej lub rowerowej w zależności od warunków pogodowych,
- typ i rocznik posiadanego samochodu (do kalkulacji emisji),
- preferowany parking typu P+R,
- ewentualne członkostwo załogi carpoolu lub korzystanie z car-sharingu,
- akceptowany limit czasu podróży,
- akceptowany koszt podróży (dla usług typu taxi lub call-a-ride).

W przypadku zaistnienia specjalnych okoliczności (np. konieczność zabrania ciężkiego bagażu) portal STP powinien być o tym uprzedzony.

Przed każdą podróżą uczestnik programu otrzymuje informację o optymalnym sposobie dotarcia do celu na smartphonie, a w przypadku korzystania z samochodu również na ekranie nawigacji satelitarnej. Trasa przejazdu samochodem zostanie wytyczona z uwzględnieniem aktualnych warunków ruchu i parametrów emisji odnotowywanych przez stacje monitoringu zanieczyszczenia środowiska. W przypadku wyboru podróży środkami transportu zbiorowego otrzymamy sugerowaną trasę dojścia do najbliższego przystanku i z przystanku końcowego, numer linii z godziną odjazdu, miejsce ewentualnej przesiadki i sposób kontynuacji podróży. W przypadku podróży pieszej lub rowerowej jej optymalna trasa zostanie wytyczona na mapie, spodziewany czas dotarcia do celu podany zostanie w oparciu o zapamiętane średnie prędkości jazdy lub marszu.

Uczestnictwo w programie stanowić będzie forum rywalizacji internautów o osiągnięcie najlepszych wyników w przeciwdziałaniu zanieczyszczaniu środowiska miejskiego. Każda podróż będzie przeliczana na punkty wynikające z porównania jej „ślądu węglowego” z podróżą odbytą na tej samej trasie typowym dla danego miasta samochodem osobowym. Osoby osiągające najlepsze wyniki będą promowane w mediach lokalnych i nagradzane przez miasto możliwością udziału w różnych atrakcyjnych wydarzeniach, biletami na organizowane przez miasto koncerty lub dostę-

pem do tzw. dóbr rzadkich (np. miejsce dla dziecka w preferowanym przedszkolu)

Korzystanie z samochodu elektrycznego będzie w kalkulacji efektu środowiskowego traktowane jak podróz środkami transportu zbiorowego, czyli nieco gorzej niż rowerem lub pieszo, a znacznie lepiej niż pojazdem spalinywym. Wyższą ocenę uzyska osoba korzystająca z samochodu wyposażonego w ograniczniki *eco-drivingu* (ekologicznego stylu jazdy) lub z zainstalowanym np. systemem *Traffic Light Assistant* – optymalizującym prędkość i zużycie paliwa w zależności od aktualnej fazy programu na zbliżającym się skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną.

*Eco-driving* jest jednym z głównych postulatów autonomicznych systemów wsparcia transportu drogowego. Jego znaczenia dla poprawy środowiska miejskiego, zwiększenia przepustowości dróg i zmniejszenia wypadkowości nie sposób przecenić. Korzyści wynikające z ekologicznego stylu jazdy dla środowiska i poszanowania energii obrazują najlepiej następujące dane:

- bezpośrednio po odbyciu treningów z *eco-drivingu* zużycie paliwa spada aż o 25%, stabilizując się później na poziomie 7%;
- *eco-driving* pozwala statystycznemu kierowcy na zmniejszenie kosztów paliwa o 10%, co przy tankowaniu co tydzień 30 litrów benzyny oznacza roczne oszczędności w wysokości około 800 zł;
- potencjał *eco-drivingu* to zmniejszenie europejskiej emisji CO<sub>2</sub> o 50 mln ton, co oznacza roczne oszczędności w wysokości 20 miliardów euro;
- *eco-driving* ogranicza też hałas uliczny. Jeden samochód jadący przy 4000 obrotach/min powoduje hałas równy 32 samochodom jadącym na wyższym biegu przy 2000 obrotach/min.

W staraniach o pełen sukces programu STP, musi być zaangażowanych w każdym mieście szereg współpracujących ze sobą partnerów, z których każdy ma do spełnienia inną rolę:

1. Korzystający z internetowego portalu STP muszą informować portal o zamiarze podróży i starać się zachować przyjęte w programie normy społecznego współżycia.
2. Duży pracodawcy powinni wspierać telepracę, zmniejszać pojemność parkingów samochodowych, partycypować w kosztach pracowniczych biletów okresowych komunikacji miejskiej i zapewnić odpowiednią infrastrukturę rowerową (zadaszone parkingi, prysznic itp.).
3. Zarząd transportu miejskiego musi stale poprawiać jakość świadczonych usług i dostosowywać podaż do rosnącego popytu oraz przekazywać miejskiemu centrum kontroli ruchu wszystkie dane operacyjne (m.in. dotyczące lokalizacji pojazdów na trasie).
4. Miejskie centrum kontroli ruchu musi informować w czasie rzeczywistym o utrudnieniach w ruchu, wolnych miejscach parkingowych i o prędkości ruchu na poszczególnych odcinkach podstawowego układu sieci drogowej.
5. Miejski wydział ochrony środowiska musi przekazywać bieżące dane z miejskich stacji monitoringu środowiskowego.

6. Operator STP działający w ramach miejskiego centrum zarządzania ruchem zaleca sposób dokonania podróży w oparciu o dane gromadzone i przetwarzane przez centrum zarządzania ruchem.
7. Media powinny promować proekologiczne zachowania komunikacyjne, wykorzystując do tego cele brytów i doświadczenia przewodzących w rankingu internetowym uczestników programu.
8. Urząd miasta ma realizować ciągle uaktualnianą politykę rozwoju zrównoważonego transportu miejskiego i kalkulować zyski/oszczędności budżetowe wynikające ze zmian zachodzących w zachowaniach komunikacyjnych mieszkańców.

Samofinansowanie programu STP (po uprzednim zaciągnięciu kredytu na jego rozwój) polegać ma na realizacji następującego modelu biznesowego. Wydział finansowy urzędu miasta kalkuluje zyski wynikające z mniejszego ruchu samochodowego, porównując je z kosztami spłaty rat zaciągniętego kredytu. W rubryce zysków mieścić się będą zarówno oszczędności inwestycyjne, jak i korzyści równie istotne, choć mniej wymierne:

- niższe koszty inwestycji i remontów drogowych,
- nowe miejsca pracy w sektorze high-tech,
- oszczędności na czasie podróży, co podwyższa standard życia w mieście i przyciąga inwestorów,
- zdrowsze środowisko miejskie, co wpływa na mniejsze koszty leczenia,
- mniejsza liczba wypadków i zdarzeń drogowych,
- bardzo w Europie ceniony Green City Image.

Oszczędności uzyskane przez miasto w wyniku zakończonego sukcesem wdrożenia programu STP powinny być przeznaczane wyłącznie na:

- dalszy rozwój środków transportu przyjaznych środowisku, a więc przede wszystkim szynowego transportu zbiorowego, infrastruktury rowerowej i parkingów typu P+R;
- zwolnienia podatkowe dla uczestniczących w programie dużych pracodawców;
- różnego rodzaju nagrody dla uczestników programu wyróżniających się sukcesami w zmianie swoich zachowań komunikacyjnych na bardziej przyjazne środowisku.

Dwie podstawowe zasady współzawodnictwa uczestników programu STP są następujące:

- koszty środowiskowe każdej podróży zarejestrowanej w programie STP są porównywane z emisją generowaną na tej samej trasie przez typowy dla danego miasta samochód osobowy;
- koszty społeczne/zewnętrzne każdej podróży, zawierające koszty emisji spalin i hałasu oraz koszty wynikające z przyczynienia się do wydłużenia czasu podróży innych uczestników ruchu i zwiększenia ryzyka zaistnienia wypadku drogowego, są wyliczane kwotowo i zamieniane na punkty dodatnie lub ujemne.

## Podsumowanie

Należy sądzić, że przedstawiony w artykule zakres możliwości oferowany przez inteligentnego konsultanta wyboru środka transportu jest w stanie, w znacznie większym stopniu niż ma to miejsce przy korzystaniu z systemów obecnie dostępnych, przyczynić się do zmiany zachowań kierowców, poprawy środowiska miejskiego i warunków ruchu. W tym przypadku koszty systemu będą jednak znacznie wyższe niż w przedstawionym przykładzie Trondheim i mimo spodziewanych korzyści nie każde miasto będzie na to stać.

Każde miasto zainteresowane wdrożeniem usługi STP powinno przeprowadzić analizę kosztów i korzyści, mając świadomość, że możliwe jest etapowanie aktywacji poszczególnych funkcji systemu i przesunięcie wdrożenia finalnego nawet na odległą przyszłość – zbieżną z horyzontem czasowym pierwszych kompleksowych systemów autonomicznego wsparcia transportu drogowego, czyli po roku 2030. Należy ponadto pamiętać, że osiągnięcie pełnego sukcesu będzie musiało być poprzedzone profesjonalnie opracowaną kampanią medialną i szerokimi konsultacjami społecznymi, mającymi na celu wyjaśnienie wszystkich pojawiających się wątpliwości.

Potwierdzenie naszych założeń odnośnie możliwości skutecznego ograniczania społecznych kosztów transportu można odnaleźć w wykonanym przez Aalto University opracowaniu dla Helsinek (10). Celem przeprowadzonych tam analiz była ocena realnych możliwości poprawy energetycznej efektywności transportu miejskiego w wyniku stworzenia atrakcyjnej alternatywy dla poruszania się po mieście samochodami. Zmiana zachowań komunikacyjnych kierowców miałyby nastąpić w wyniku podjęcia następujących działań:

- stałe dostosowywanie podaży (pojemności środków transportu zbiorowego) do obserwowanego/zgłaszanego popytu,
- uruchomienie bardziej efektywnego elektronicznego narzędzia planowania podróży „od drzwi do drzwi”,
- uruchomienie systemu taksówek zbiorowych podjeżdżających na wezwanie telefoniczne.

Fiński system wspomagania planowania podróży, którego idea jest nieco podobna do naszego STP, bazowałby na zestawie następujących informacji:

- mapy układu drogowego i linii komunikacji miejskiej;
- lokalizacja aktualnych zdarzeń drogowych;
- obserwowane prędkości ruchu na wybranych odcinkach sieci drogowej;
- rozkłady jazdy komunikacji zbiorowej z aktualnymi opóźnieniami;
- dostępne miejsca parkingowe;
- możliwości oferowane przez system *carpooling*;
- czasy dojazdu do i z przystanków komunikacji miejskiej, obliczane przy założeniu średniej prędkości pieszo 4 km/godz.;
- warunki meteorologiczne.

Oszczędności energii w transporcie miejskim oszacowane zostały w oparciu o uśrednione potrzeby energetyczne mieszkańca dużej aglomeracji miejskiej, który dziennie zużywa 195 KWh energii na następujące cele:

- 21% na podróże samochodem i ruch pojazdów ciężarowych,
- 6% na podróże transportem zbiorowym,
- 15% na niezwykle energochłonne podróże samolotowe,
- 25% na wytwarzanie dóbr konsumpcyjnych,
- 19% na ogrzewanie i klimatyzację,
- 2% na oświetlenie,
- 8% na produkcję żywności,
- 3% na gadzety,
- 2% na cele obronne.

Oszczędności energetyczne wynikające z korzystania z komunikacji miejskiej zamiast z pojazdów indywidualnych oszacowano w oparciu o następujące założenia:

- prywatne samochody osobowe stanowią 50% ruchu pojazdów;
- transport zbiorowy potrzebuje na 1 pasażerokilometr 20% energii zużywanej przez samochód osobowy;
- korzystając przez jeden dzień w tygodniu z transportu miejskiego zamiast z samochodu oszczędzamy 5% przypadającego na nas wydatku energetycznego związanego z transportem naziemnym.

Przyjęto ponadto następujące założenia dotyczące osiągniętego skrócenia czasu podróży miejskich:

- korzystanie z narzędzi planowania podróży powoduje skrócenie jej czasu z powodu wyboru optymalnej trasy i przyczynienia się do zmniejszenia liczby zatorów drogowych,
- czas podróży jest ściśle skorelowany z konsumpcją energii,
- 5% redukcji czasu podróży oznacza 5% zaoszczędzonej energii.

## Literatura

1. Kotsialos A., *Major technological challenges of ARTS*, Durham University, 2012.
2. Parkes A., *Automated driving*, TRL 2013.
3. Val C., *Cameras positions*, CEESAR, 2013.
4. *White Paper on Transport: Roadmap to a single European transport area – towards competitive and resource-efficient transport system*, European Commission 2011.
5. *Using environmental Pollution Data in Traffic Management Centers*, NICHES + 2010.
6. Longhurst J.W.S., *Managing transport induced urban air quality*, The University of the West of England, Bristol 2012.
7. *European Cities and Regions Networking for New Transport Solutions*, POLIS, [www.polis-online.org](http://www.polis-online.org)
8. Dia H., *How to save €300bn a year*, Thinking Highways, Nr Sept/Oct 2013.
9. *Implementing mobile travel information services for the public*, NICHES+ Champion City Trondheim 2010.
10. Saikkonen H. z zespołem, *TrafficSense – Energy efficient traffic*, Aalto University, 2012.