



prof. dr hab. Wojciech Paprocki  
Katedra Transportu SGH



mgr inż. Piotr Siwicki  
REDeT S.A. Warszawa

## Mobilność 4.0

# Auto na niewidzialnej smyczy

Zmiany w obszarze transportu drogowego oraz motoryzacji zostaną przyspieszone w najbliższych latach w wyniku kontynuacji takich trendów rozwojowych jak: wprowadzanie nowych napędów, upowszechnianie pojazdów autonomicznych i rozwiązań sieciowych bazujących na Internecie Rzeczy, wykorzystanie technologii Big Data oraz wprowadzanie nowych materiałów w procesach wytwarzania kwalifikowanych jako „Przemysł 4.0”.

Rozwijana jest nowa koncepcja tworzenia otwartych sieci w technologii ICT - Information and Communications Technology, obejmujących zarówno urządzenia ruchome, jak i infrastrukturę transportową oraz telekomunikacyjną, którą nazywa się „Mobilność 4.0”.

### Pojazdy autonomiczne

Pojazdy autonomiczne (self driving cars) stanowią podgrupę wśród robotów mobilnych. W samochodach osobowych najpowszechniejsze zastosowanie mają do tej pory systemy autonomicznego parkowania (driverless valet parking system) oraz utrzymywania stałej odległości od poprzedzającego pojazdu (Active Cruise Control with Stop&Go). Producenci samochodów osobowych oferujący takie systemy chcą przekonać kierowców, że nowe pojazdy są coraz bardziej bezpieczne i komfortowe. Wydaje się, że nabywcy samochodów osobowych są gotowi zapłacić więcej, jeśli są im udostępniane najnowsze rozwiązania, po części traktowane jako atrakcyjne gadżety.

Zanim na drogi wyjadą seryjnie produkowane pojazdy autonomiczne, a ich ruch zostanie prawnie uregulowany, uda się zapewne uzyskać różnorodne efekty ekonomiczne i społeczne, jeśli pojazdy w pierwszym etapie będą przystosowane jedynie do częściowo

zautomatyzowanego ruchu. Oczekuje się, że na tym etapie uzyska się zredukowanie liczby kolizji w ruchu, a tym samym ograniczeniu ulegnie liczba ofiar śmiertelnych i rannych i w związku z tym zmniejszą się koszty akcji ratunkowych, leczenia i rehabilitacji ludzi oraz koszty napraw pojazdów i innych przedmiotów/obiektów uszkodzonych podczas kolizji. W transporcie drogowym towarów zmniejszą się straty wynikające ze zniszczenia ładunków. Zwiększenie bezpieczeństwa i ograniczenie korków na drogach przyczyni się także do zmniejszenia kosztów pośrednich, m.in. kosztów opóźnionego dojazdu lub dostawy towarów - zarówno wśród uczestników kolizji, jak i osób oraz pojazdów oczekujących na drodze, na której doszło do kolizji.

W procesie rozwoju i popularyzacji techniki ruchu pojazdów autonomicznych ważną rolę odegra wdrażanie rozwiązań zaliczanych do Internetu Rzeczy (Internet of Things - IoT). Szczególnie ważne będzie zapewnienie wymiany danych, a następnie ich przetwarzanie i wykorzystywanie w zintegrowanych procesach sterowania pojazdami oraz sterowania ruchem, przy wykorzystaniu urządzeń Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) zainstalowanych w drodze (np. na odcinku autostrady) lub w wyodrębnionych częściach węzłów transportowych, w tym w centrach logistycznych lub zajezdniach.



## W przyszłości będą użytkowane pojazdy, które po zdefiniowaniu przez człowieka celu ich przemieszczenia się, samodzielnie podejmą decyzję, w jaki sposób wykonają to zadanie i ją zrealizują

### Od prototypu do pojazdu

Pomysł użytkowania pojazdów autonomicznych został przedstawiony w 1939 r. podczas wystawy General Motors Futurama w Nowym Jorku. Prototyp takiego pojazdu, którego ruch z prędkością do 130 km/h był sterowany przy wykorzystaniu pola magnetycznego wytwarzanego przy zastosowaniu kabli energetycznych wbudowanych w nawierzchnię drogi, przedstawiono w latach 60. minionego wieku.

Podstawową cechą, która jest przypisywana pojazdowi autonomicznemu (self-driving car), jest jego zdolność do poruszania się bez interwencji człowieka, który znajduje się w tym pojeździe lub pozostaje na zewnątrz. Prognozuje się, że w przyszłości będą użytkowane pojazdy, które po zdefiniowaniu przez człowieka celu ich przemieszczenia się, samodzielnie podejmą decyzję, w jaki sposób wykonają to zadanie i ją zrealizują. Będą przy tym reagować na sygnały z otoczenia i korygować swą decyzję, a także będą emitować sygnały do otoczenia, aby kreować odpowiednie sytuacje, np. współuczestnicząc w budowaniu optymalnych korytarzy transportowych w ramach Inteligentnych Systemów Transportowych.



### Ruch mieszany

Zanim osiągnięty zostanie ten etap rozwoju i być może jedynie pojazdy autonomiczne będą w ruchu, wystąpią etapy przejściowe. W systemie transportowym będzie ruch mieszany obejmujący tradycyjne pojazdy z kierowcami oraz pojazdy autonomiczne. Wypada wspomnieć, że niektórzy eksperci, m.in. M. Müller kierujący fabrykami Porsche, uważają, iż pojazdy autonomiczne nie zostaną wprowadzone do eksploatacji przez wiele kolejnych dziesięcioleci z prostej przyczyny – ludzie lubią prowadzić samochód.

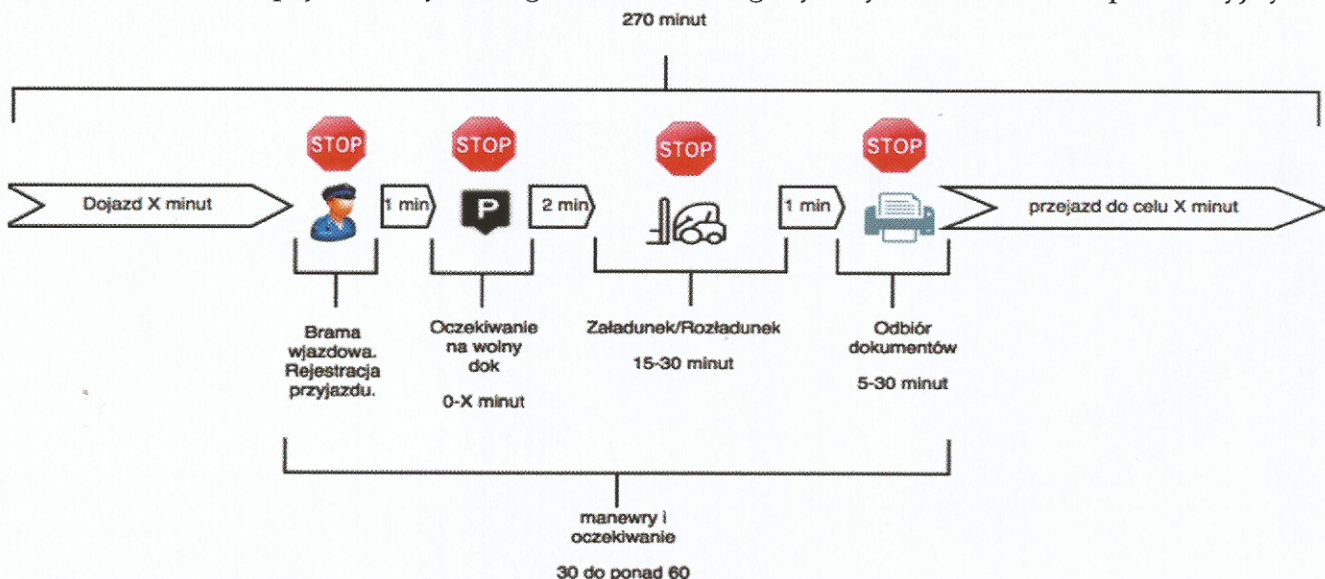
### Pomysły

Aktualnie obserwować można dwie drogi, którymi próbuje się osiągnąć cel przygotowania do produkcji seryjnej pojazdu autonomicznego. Jedną z nich jest projekt dotyczący pojazdu Google. Ten robot miałby samodzielnie analizować otoczenie i na podstawie

tej analizy wybierać tor i parametry jazdy. Bariery są tu jednak ograniczenia technologiczne w zakresie urządzeń zbierających dane z otoczenia (kamery, radary, Lidary itp.). Za podstawową słabość tego projektu można uznać dość wstępny stan zaawansowania prac nad stworzeniem sztucznej inteligencji, które to prace trwają już od kilku dekad i nikt nie jest w stanie przewidzieć, kiedy zostanie osiągnięty zadowalający etap rozwoju.

Inną drogę wybierają niektóre przedsiębiorstwa niemieckie wspierane w ramach federalnych grantów przeznaczonych na rozwój nauki i techniki. W ramach tego kierunku badań przyjmuje się założenie, że można osiągnąć znaczne uproszczenie algorytmów podejmowania decyzji w pojazdach, jeśli infrastruktura sieci drogowej zostanie wzbogacona o instalacje telekomunikacyjne i dzięki temu zapewniona zostanie wzajemna wymiana danych między urządzeniami stanowiącymi element infrastruktury a urządzeniami pokładowymi pojazdów autonomicznych.

## Proces manewrów pojazdu użytkowego w centrum logistycznym lub zakładzie produkcyjnym.





### ► Bariery

Obok zagadnień technicznych istotne znaczenie mają kwestie prawne, a także rozpoznanie spontanicznych zmian społecznych, które mogą nastąpić wraz z upowszechnieniem pojazdów autonomicznych. Wśród kwestii prawnych podstawowe znaczenie ma określenie odpowiedzialności za szkody spowodowane w związku z przemieszczaniem się pojazdu autonomicznego. Prace nad regulacjami powiązane są z dyskusją o wyborze mniejszego zła. Uznając, że działanie człowieka i wyprodukowanych przez niego urządzeń jest źródłem zagrożenia dla człowieka i jego otoczenia, poszukiwane są rozwiązania ograniczania tego zagrożenia oraz skutków zdarzeń określanych jako niepożądane. W mediach prowadzona jest dyskusja, która dotyczy zagadnienia etycznego: czy w sytuacji konieczności doprowadzenia do kolizji w ruchu przez pojazd autonomiczny „mniejszym złem” jest czołowe zderzenie z pojazdem wiozącym czteroosobową rodzinę czy też uderzenie jadące obok rowerem dziecko.

### Pojazdy autonomiczne w magazynach

Jeśli się przyjmie, że prace nad zaprojektowaniem, wyprodukowaniem i upowszechnieniem pojazdów autonomicznych mogą trwać wiele lat, na rozważenie zasługuje upowszechnienie eksploatacji pojazdów, które mogłyby poruszać się autonomicznie jedynie

w przestrzeniach zamkniętych, gdzie nie nawarstwiają się ograniczenia techniczne oraz konflikty prawne, etyczne i socjologiczne. Technologia pojazdów autonomicznie poruszających się w przestrzeni zamkniętej, którą można dokładnie opisać, zdefiniować i oznaczyć, jest już w pełni dostępna. Z powodzeniem działają gotowe do powszechnego wdrożenia prototypy autonomicznych systemów parkowania, gdzie pojazdy autonomicznie, bez obecności i udziału człowieka przemieszczają się na wolne miejsce parkingowe, a następnie na sygnał dany przez człowieka wyjeżdżają stamtąd i podstawiają się do miejsca, gdzie oczekuje tego kierowca.

W przypadku wdrożenia projektu, którego efektem byłoby zapewnienie pojazdom użytkowym zdolności do poruszania się jako pojazdów autonomicznych w zamkniętej przestrzeni, np. na terenie zajezdni, centrum logistycznego lub na terenie fabryki, możliwe byłoby istotne zwiększenie efektywności użytkowania takiego taboru.

Wyposażenie takich obiektów w urządzenia ICT otworzy możliwość wymiany danych z pojazdami przystosowanymi do ruchu autonomicznego w ograniczonych warunkach, czyli właśnie podczas przebywania w zamkniętej przestrzeni.

Efektywność pracy taboru ciężarowego o DMC powyżej 3,5 t i autobusów zależy w znacznej mierze od przepisów regulujących czas pracy kierowców. Z różnych przyczyn (organizacyjnych i ekonomicznych) nie jest możliwe zapewnienie obsady kierującej pojazdem bez przerwy.

Najczęstszą sytuacją jest, że pojazd w ciągu doby jest kierowany przez jednego lub dwóch kierowców. Oznacza to jego wykorzystanie w ruchu maksymalnie w czasie 9 lub 18 godzin/ doby. Nominalny czas pozostawania w ruchu pojazdów użytkowych nigdy jednak nie jest osiągnięty, gdyż do niego zalicza się również czas poświęcony na różnorodne manewry i przerwy związane z obsługą techniczną pojazdów oraz czynnościami załadunku i rozładunku. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, do czasu jazdy kierowcy zalicza się wszystkie krótkotrwałe (do 15 minut) postoje, stąd każdy, nawet najmniejszy manewr odnotowany na tachografie przerywa kierowcy określony przepisami czas wypoczynku i zalicza ten czas do czasu jazdy.



## Wdrożenie procedury jazdy autonomicznej (bez kierowcy) w przestrzeni zamkniętej może być czynnikiem wywołującym znaczący (ponad 10%) wzrost efektywności wykorzystania eksploatowanej floty

### Studium przypadku

Przykład przedstawiono za pomocą rysunku, na którym widać okresy, kiedy kierowca ma teoretycznie możliwość odnotowania obowiązkowej przerwy w jeździe, jednakże w praktyce nie wykorzystuje się tych możliwości z różnych powodów, wśród których można wymienić: ryzyko „wypadnięcia z kolejki” podczas oczekiwania na załadunek lub rozładunek, konieczność natychmiastowego odjazdu spod doku załadunkowego, aby go nie blokować dla innych, brak odpowiedniej liczby miejsc parkingowych oraz ograniczony dostęp do wolnej powierzchni do manewrowania.

Z przedstawionego rysunku wynika, że autonomiczne poruszanie się pojazdu w trakcie manewrów związanych z załadunkiem i rozładunkiem, także w trakcie manewrów w bazie, pozwala na zaoszczędzenie do dwóch godzin czasu jazdy kierowcy. Ten czas może zostać wykorzystany na wykonanie jazdy stanowiącej realizację pracy przewozowej. Oznacza to, że wdrożenie procedury jazdy autonomicznej (bez kierowcy) w przestrzeni zamkniętej może być czynnikiem wywołującym znaczący (ponad 10%) wzrost efektywności wykorzystania eksploatowanej floty. Ma to szczególne znaczenie, jeśli w transporcie drogowym odczuwany jest brak kierowców. Dodatkowe dwie godziny jazdy dziennie oznaczają dla firmy przewozowej dodatkowy przychód na poziomie, który można szacować następująco: 120 km (dodatkowy przebieg w do-

bie) x stawka 3 PLN/km (standardowa stawka dla przewoźnika za przebieg) = 360 zł/dobę. W miesiącu oznacza to dodatkowy przychód w wysokości ponad 7000 zł, z czego po uwzględnieniu kosztów paliwa pozostaje nadwyżka (mająca charakter krańcowej marży brutto) w wysokości nie mniej niż 3500 zł dla każdego środka transportu. W skali trzech lat dodatkowa marża na jednym pojeździe wyniesie odpowiednio 126 000 zł, co przy szacowanych nakładach inwestycyjnych na wyposażenie samochodu w odpowiednie serwomechanizmy, sensory i komputer sterujący z oprogramowaniem w wysokości do 50 000 zł powinno być atrakcyjną propozycją z punktu widzenia każdej firmy przewozowej.

Analizując dostępne materiały na ten temat, wydaje się, że podstawową barierą dla wdrożenia tego rozwiązania jest brak odpowiedniego modelu matematycznego, w oparciu o który mógłby zostać stworzony algorytm sterujący serwomechanizmami podczas manewrowania samochodem. W transporcie samochodowym mamy najczęściej do czynienia z zestawami ciągnik + naczepa lub samochód + przyczepa, przy czym ich konfiguracja może ulegać różnym modyfikacjom. Wraz ze zmianami konfiguracji, ulegają też zmianom kluczowe parametry wymagane dla prawidłowego obliczenia manewrów. Do tych parametrów należą m.in.: długość zestawu, promień skrętu, liczba i położenie osi zestawu. Od nich uzależniony jest sposób manewrowania zestawu w sposób autonomiczny. ■

INTERNATIONAL TRANSPORT & LOGISTICS®  
**OMEGA Pilzno**  
 GODAWSKI & GODAWSKI

**OPERATOR LOGISTYCZNY**

**25**

**LAT DOŚWIADCZENIA**

**700**

**CIĄGNIKÓW SIODŁOWYCH**

**70 000 m<sup>2</sup>**

**POWIERZCHNI MAGAZYNOWYCH**

### NASZE USŁUGI

▶ [WWW.OMEGA-PILZNO.COM.PL](http://WWW.OMEGA-PILZNO.COM.PL)

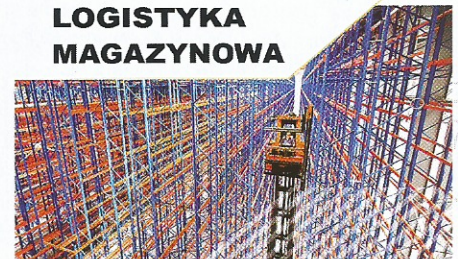
#### TRANSPORT DROGOWY



#### TRANSPORT MORSKI



#### LOGISTYKA MAGAZYNOWA



**GRUPA OMEGA PILZNO**

ul. Kraszewskiego 44,  
39-220 Pilzno

tel. (+48 14) 670 71 24,  
(+48 14) 672 20 23

fax: (+48 14) 672 19 94

e-mail: [info@omega-pilzno.com.pl](mailto:info@omega-pilzno.com.pl)