

PG w szanghajskim rankingu  
dyscyplin naukowych 2020

Nowe oblicze Opery Leśnej  
w Sopotcie. Rozstrzygnięcie  
konkursu dla młodych  
architektów PG

O nadjeżdżającej rewolucji  
w transporcie



## O nadjeżdżającej rewolucji w transporcie

**Paweł Gora**

Wydział Elektroniki,  
Telekomunikacji  
i Informatyki

1,3 miliona – tyle osób rocznie na świecie ginie w wypadkach drogowych. Ponad 20 milionów zostaje rannych! 4 miliardy złotych – prawie tyle rocznie tracą kierowcy w 7 największych miastach w Polsce z powodu korków (a są to jedynie szacowane koszty straconego czasu i paliwa, bez uwzględnienia np. negatywnego wpływu na środowisko). Czy możemy coś z tym zrobić?

W przyszłości dzięki nowym technologiom transport będzie zorganizowany znacznie lepiej niż obecnie. Jeden z największych przełomów może nastąpić dzięki pojawieniu się na skalę masową pojazdów autonomicznych, czyli sterowanych przez program komputerowy, a nie przez człowieka. Zapewnią one znacznie większy poziom bezpieczeństwa, gdyż będą w stanie jeździć zawsze zgodnie z przepisami (a przepisy też mogą być trochę inne), będą miały więcej „sensorów” niż człowiek (kamery, radary, lidary oraz urządzenia do komunikacji z innymi uczestnikami ruchu i z infrastrukturą drogową), dzięki czemu będą rozpoznawać otoczenie skuteczniej niż wzrok człowieka. Czas reakcji takich pojazdów będzie krótszy, nie będą się one męczyć i dekoncen-

trować. Szacuje się, że dzięki temu liczba ofiar wypadków drogowych spadnie wielokrotnie, a ostatecznym celem jest „wizja zero”, w której ofiar wypadków nie ma wcale.

Pojazdy autonomiczne umożliwią transport osobom niepełnosprawnym, starszym i dzieciom, pracę lub odpoczynek podczas podróży, a także szybsze dostarczanie towarów i przesyłek. Pojawiają się już usługi autonomicznych taksówek zamawianych przez aplikację w telefonie – takie taksówki same po nas przyjadą i zawiozą nas do celu bezpiecznie i optymalną trasą. Jest to realizacja idei „mobilności na żądanie”, która sprawi, że będziemy potrzebowali mniej pojazdów i miejsc parkingowych. Przykład stanowi usługa Waymo uruchomiona w Phoenix w 2017 roku (fot. 1).

Warto jednak mieć na uwadze, że technologia pojazdów autonomicznych nie jest wciąż doskonała – co pewien czas słyszymy o kolejnych wypadkach z ich udziałem. Wydaje się, że jesteśmy wciąż dość daleko od stworzenia samochodów w pełni autonomicznych, które potrafiłyby jeździć bez udziału kierowcy w każdych warunkach. Nawet w istniejących już usługach autonomicznych taksówek najczęściej na fotelu kierowcy musi cały czas znajdować się człowiek, który byłby gotowy przejąć kontrolę nad pojazdem w razie problemów. Może się okazać, że stworzenie pojazdu, który mógłby zawsze i wszędzie jeździć bez udziału człowieka, jest niemal równie trudne jak stworzenie ogólnej sztucznej inteligencji, która poradzi sobie ze wszystkimi zadaniami (a przynajmniej z tymi, z którymi dobrze radzi sobie obecnie większość ludzi), trudno bowiem „nauczyć” programy komputerowe radzenia sobie we wszystkich możliwych sytuacjach na drodze, również tych spotykanych bardzo rzadko. Wydaje się, że znacznie bliższe

Fot. 1. Samochód autonomiczny Waymo

Źródło: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Waymo>





Fot. 2. Instalacja inteligentnego znaku drogowego opracowanego na Politechnice Gdańskiej w ramach projektu INZNAK. Inteligentny znak dokonuje wielosensorowego pomiaru ruchu drogowego i komunikuje się bezprzewodowo z innymi znakami tego typu w celu wyznaczenia zalecanej prędkości jazdy

Źródło: materiały własne Katedry Systemów Multimedialnych PG

wdrożenia w dużej skali są pojazdy, które będą funkcjonować na niższych poziomach automatyzmu i będą jeździć w większości warunków (ale nie we wszystkich) bez udziału człowieka, jedynie czasem potrzebując przejęcia kontroli przez kierowcę (wiele pojazdów już obecnie ma wbudowany pewien poziom automatyzmu, np. w celu utrzymywania stałej prędkości lub bezpiecznej odległości od innych pojazdów).

Pojazdy autonomiczne będą mogły się również komunikować z infrastrukturą drogową (tzw. komunikacja V2I lub I2V) i między sobą (komunikacja V2V), aby synchronizować pewne manewry, np. wyprzedzanie, przybliżając nas jeszcze bardziej do „wizji zero” oraz poprawiając efektywność ruchu – będą bowiem podróżować w zwartych grupach, podobnie jak np. ławice ryb, zapewniając płynny przejazd. Dzięki komunikacji pojazd-infrastruktura można będzie łatwiej pozyskiwać dane o rzeczywistym ruchu i dane te będą lepszej jakości niż obecnie, co przyda się również do modelowania i zarządzania ruchem. Możliwe będzie również

zdalne kontrolowanie pojazdu, dzięki czemu w przyszłości być może nawet w pojazdach z niższych poziomów automatyzmu nie będą potrzebni ludzie siedzący cały czas za kierownicą, gotowi do przejęcia kontroli w krytycznym momencie – taka kontrola będzie mogła zostać przejęta zdalnie. Niesie to pewne zagrożenia, np. związane z bezpieczeństwem, istnieje bowiem ryzyko, że kontrola nad pojazdem mogłaby zostać przejęta przez nieodpowiednie osoby, o niedobrych zamiarach. Komunikacja między pojazdami może być jednak na początku dość uproszczona i sprowadzać się np. do przekazywania komunikatów o aktualnych położeniach pojazdów i ewentualnie planach dalszej jazdy, a w drugą stronę – np. komunikatów dotyczących rekomendowanych prędkości.

### Rekomendacja prędkości przy pomocy inteligentnych znaków drogowych

Nad tego typu zagadnieniami, a więc rekomendacją odpowiednich ograniczeń prędkości dla pojazdów (nie tylko dla pojazdów autonomicznych) pracują obecnie w Katedrze Systemów Multimedialnych na WETI w ramach projektu „Inteligentne znaki drogowo do adaptacyjnego sterowania ruchem pojazdów, komunikujące się w technologii V2X (INZNAK)”, koordynowanego przez prof. Andrzeja Czyżewskiego. Obecnie inteligentne znaki drogowo instalowane przy drogach – tzw. znaki zmiennej treści (ang. *Variable Message Signs*, fot. 2) – przekazują kierowcom głównie informacje w formie wizualnej, ale w przyszłości będzie możliwa bezpośrednia komunikacja znaków z pojazdami, co w przypadku pojazdów autonomicznych ma zapewnić pożądaną reakcję (a nie może tego zapewnić w przypadku kierowców-ludzi). Przy pomocy takich znaków można rekomendować np. ograniczenia prędkości, adaptując je do aktualnej sytuacji pogodowej (np. ograniczona widoczność, deszcz, śnieg), stanu nawierzchni (np. oblodzenie), warunków ruchu (np. duża liczba pojazdów), charakterystyki drogi (np. wzniesienie, ostry zakręt). W przypadku informacji komunikowanych bezpośrednio do pojazdów tego typu rekomendacje potencjalnie będą również spersonalizowane, tzn. dostosowane do konkretnego typu pojazdu, jego masy, aktualnej prędkości i spodziewanej długości ścieżki hamowania. Wszystko to ma na celu poprawę

bezpieczeństwa ruchu drogowego, zmniejszenie liczby wypadków i ich ofiar i przybliżenie nas jeszcze bardziej do „wizji zero”.

### Modelowanie ruchu drogowego z udziałem pojazdów autonomicznych

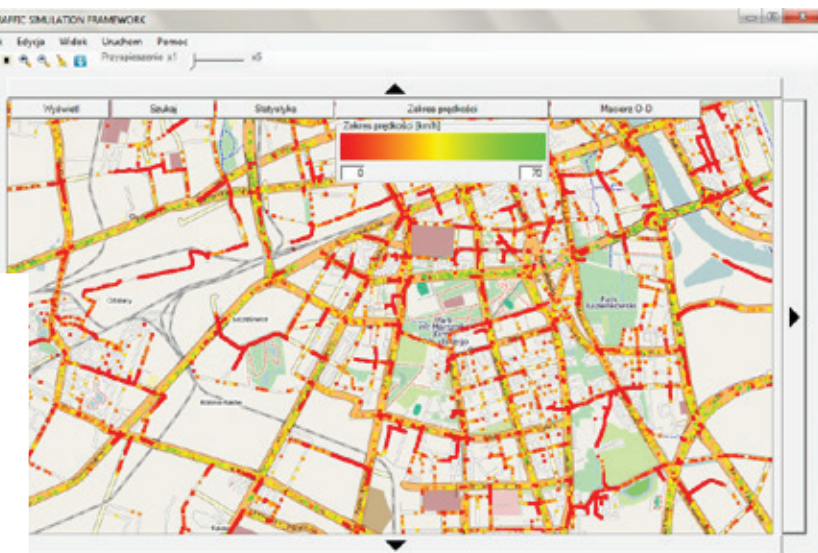
Prace nad pojazdami autonomicznymi trwają już od wielu lat. Pomysły zbudowania takiego pojazdu pojawiały się już w latach 20. XX wieku, a pierwsze realizacje (mające jeszcze relatywnie mały poziom automatyzmu) w połowie XX wieku. Istotny przełom nadszedł już w XXI wieku wraz z konkursem organizowanym przez DARPA, a następnie w 2009 roku, gdy prace w tym zakresie (a w kolejnych latach testy na drogach) rozpoczęła firma Google. To właśnie ta firma otrzymała w 2012 roku pierwszą licencję na autonomiczny pojazd, przeprowadziła pierwszy przejazd w pełni autonomiczny (bez udziału kierowcy, pojazdem bez kierownicy i pedałów) na publicznych drogach (w 2015 r.), z tej firmy wyrosła również usługa autonomicznych taksówek Waymo. Nad pojazdami autonomicznymi pracuje obecnie już dużo firm, zarówno z branży samochodowej, jak i informatycznej, i choć w sprzedaży są już np. bardzo zautomatyzowane pojazdy Tesli, trudno ocenić, kiedy doczekamy się wdrożeń na skalę masową.

W tej chwili dość dużym wyzwaniem jest rzetelne testowanie oraz standaryzacja technologii pojazdów autonomicznych. Różni produ-

cenci tworzą trochę inne pojazdy, bazujące na innych algorytmach. Trudno jeszcze obecnie je porównywać, trudno tworzyć standardy, trudno również tworzyć matematyczne modele ruchu takich pojazdów, aby mogły dostatecznie dokładnie opisywać ich zachowanie. Obecnie liczba prac badawczych na temat pojazdów autonomicznych rośnie z roku na rok bardzo szybko. Większość naukowców przeprowadzających te badania nie ma do dyspozycji danych pochodzących z rzeczywistych przejazdów pojazdów autonomicznych, nie ma więc możliwości rzetelnego kalibrowania modeli symulacyjnych. Jedną z konsekwencji jest to, że trudno ocenić rzeczywistą wartość prowadzonych badań naukowych. Trudno jest również wyciągać z otrzymywanych wyników jednoznaczne wnioski, które wskazywałyby np., jaki jest wpływ pojazdów autonomicznych na płynność ruchu, czasy przejazdu, ryzyko wypadków itp. Analizą tego typu matematycznych modeli ruchu pojazdów autonomicznych zajmuję się również naukowo, staram się m.in. projektować tzw. mikroskopowe modele ruchu, w których pojazdy są reprezentowane jako osobne byty poruszające się zgodnie z określonymi regułami i będące we wzajemnej interakcji (fot. 3). W takich modelach bada się m.in., jak pewne charakterystyki ruchu (np. czasy przejazdu) zależą od procentowego udziału pojazdów autonomicznych w ruchu. Analizą tego typu modeli zajmuję się m.in. w ramach projektu INZNAK, a także jako przedstawiciel Polski w akcji COST „Wider Impacts and Scenario Evaluation of Connected and Autonomous Transport”. W ramach projektu INZNAK opublikowałem niedawno m.in. pracę „Microscopic traffic simulation models for connected and automated vehicles (CAVs) – state-of-the-art”, w której wspólnie z naukowcami z Politechniki Krakowskiej, Edinburgh Napier University i National Technical University of Athens przeanalizowaliśmy dziesiątki prac naukowych na temat takich właśnie mikroskopowych matematycznych modeli ruchu.

W przypadku modelowania ruchu drogowego bardzo trafne jest powiedzenie „All models are wrong, but some are useful”, każdy matematyczny model ruchu jest tylko pewnym mniej lub bardziej dokładnym przybliżeniem rzeczywistości i najczęściej stanowi pewien kompromis: niektóre charakterystyki ruchu mogą być odwzorowywane lepiej, dokładniej, szybciej, kosztem innych. Dlatego właśnie

Fot. 3. Wizualizacja mikroskopowej, wieloagentowej symulacji ruchu (w tym przypadku: na mapach Warszawy) w programie Traffic Simulation Framework



istotne jest analizowanie poszczególnych modeli ruchu i ocena ich przydatności pod kątem określonych zastosowań. Istotna jest również możliwość porównywania różnych modeli i wyników prac naukowych, dlatego też postulujemy m.in. utworzenie pewnych standardów, np. zbiorów danych, trajektorii, przy pomocy których można weryfikować modele ruchu, zbiorów sieci drogowych, na których można przeprowadzać testy i porównywać wyniki. Z uwagi na bardzo dużą już w tej chwili (i rosnącą bardzo szybko) liczbę prac naukowych na temat pojazdów autonomicznych i komunikujących się, postulujemy również utworzenie repozytorium prac naukowych dotyczących pojazdów autonomicznych, aby łatwo było porównywać wyniki eksperymentów przeprowadzanych przez różne zespoły badawcze, przy pomocy różnych danych wejściowych, różnych modeli, założeń i wartości parametrów, a także aby łatwo było identyfikować „luki badawcze” – problemy naukowe, które nie zostały jeszcze dostatecznie dobrze zbadane w obszarze modelowania i symulacji ruchu z udziałem pojazdów autonomicznych i komunikujących się. Tematem opracowania takiego repozytorium badań naukowych zajmujemy się z kolei w ramach wspomnianej akcji COST „Wider Impacts and Scenario Evaluation of Connected and Autonomous Transport”.

Pojazdy autonomiczne są z pewnością niezwykle ciekawą technologią, która może przyczynić się do znacznego spadku liczby wypadków i ich ofiar – szacuje się, że ok. 90 proc. wypadków jest obecnie spowodowanych błędem człowieka, więc być może uda się wyeliminować dużą ich część. Jest to jednak również technologia bardzo złożona i pomimo wielu już lat jej rozwoju cały czas pozostaje do rozwiązania wiele problemów badawczych, technicznych, prawnych i organizacyjnych, aby pojazdy autonomiczne mogły wjechać bezpiecznie na drogi.

*Mariusz Figurski*

Wydział Inżynierii  
Lądowej i Środowiska

## WRF METEOPG w nowym serwisie pogodowym IMGW-PIB

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy po 13 latach od debiutu serwisu prezentującego prognozę pogody w Polsce pod nazwą „Pogodynka” zdecydował się na budowę nowego serwisu pogodowego.

Do prac zapoczątkowanych w drugiej połowie 2019 roku zostali zaproszeni pracownicy Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska – prof. Mariusz Figurski, kierownik interdyscyplinarnego zespołu METEOPG, oraz dr inż. Grzegorz Nykiel, którzy realizują od 2017 roku projekt obliczeniowy w Centrum Informatycznym TASK „Parametryzacja i opracowanie mezoskalowego numerycznego modelu pogody WRF wysokiej rozdzielczości z asymilacją danych meteorologicznych i GNSS”. W ramach projektu został opracowany wysokorozdzielczy model i portal pogodowy WRF METEOPG ([www.meteopg.pl](http://www.meteopg.pl)) bazujący na zmodyfikowanej wersji mezoskalowego modelu WRF rozwijanej we współpracy z National Center for Atmospheric Research. System prognozowania pogody WRF METEOPG w ciągu doby uruchamiany jest dla czterech głównych terminów synoptycznych: 00, 06, 12 i 18, z czasem prognozy wynoszącym 60 godzin dla wszystkich siatek obliczeniowych. System operacyjnie pracuje na superkomputerze TRYTON, wykorzystując 24 węzły obliczeniowe.

Prognozy z WRF METEOPG udostępniane są do IMGW-PIB na mocy podpisanego poro-