



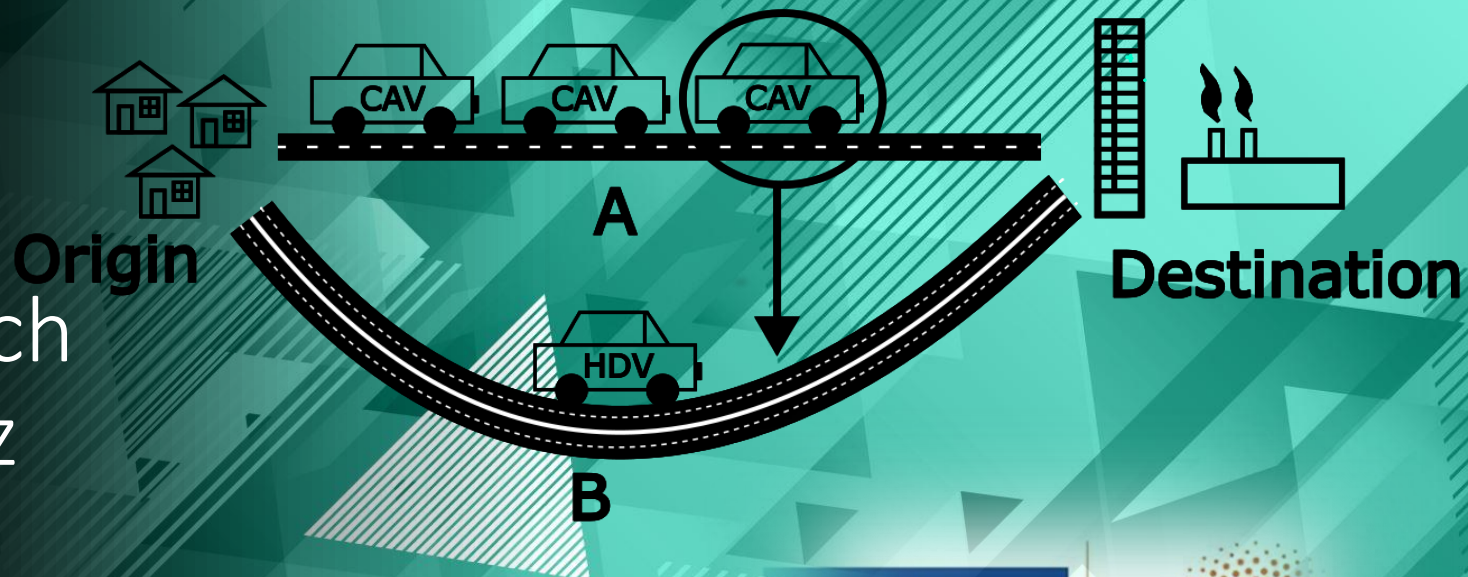
Wieloagentowe symulacje mieszanych układów złożonych z ludzi i samochodów autonomicznych.

Grzegorz Jamróż

wspólna praca z

Zoltán György Varga i Rafał Kucharski

Kraków, 7 czerwca 2024



COeXISTENCE

Wprowadzenie

Dlaczego?

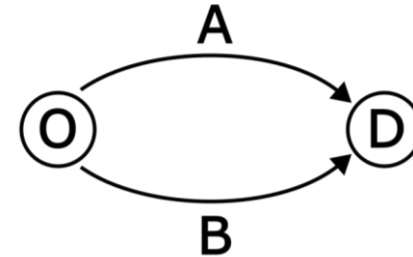
- Pojazdy autonomiczne (CAVy) **wchodzą** do miast
- Konsekwencje **społeczne**?

Co z tym zrobić?

- Modelowanie
- Symulacja
- Analiza matematyczna

Jak?

- Modele **wieloagentowe**
- Scenariusz **makroskopowy** z dwiema trasami



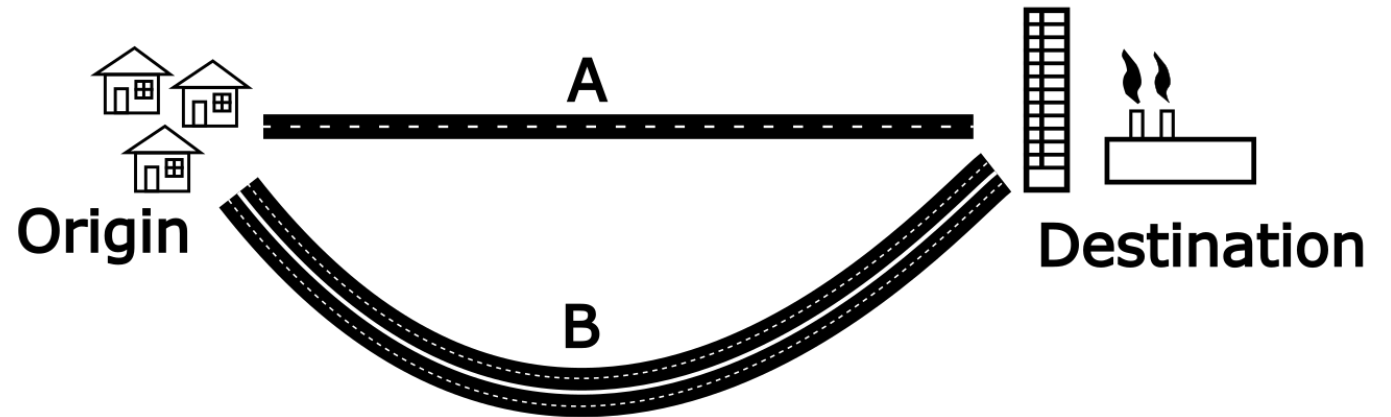
Wyniki

- **Polepszenie** warunków jazdy
- **Pogorszenie** warunków jazdy

Setup

System

- Dwie trasy, **A** i **B**
- 1000 pojazdów
- Codzienny wybór trasy, 400 dni



Typy pojazdów

- CAVy i HDVy (kierowane przez ludzi)
- HDVy są **samolubne** i **uczą się**
- CAVy tworzą **flotę**, mają pełną informację **kolektywnie optymalizują cel**

Czasy przejazdu

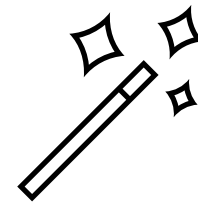
- $t(A) = 5 * (1 + (q_A/500)^2)$
- $t(B) = 15 * (1 + (q_B/800)^2)$
- User Equilibrium $q_A=755$ $q_B=245$
- System Optimum $q_A=597$ $q_B=403$

Kolektywne funkcje celu CAVów

$$M(j) = \gamma^{\text{CAV}} T^{\text{CAV}}(j) + \gamma^{\text{HDV}} T^{\text{HDV}}(j)$$

$M(j) \searrow \min$

Jak przewidzieć zachowanie HDVów?



γ^{CAV}	γ^{HDV}	Interpretacja	Cel optymalizacji
1	0	Samolubne	Minimalizacja sumarycznego czasu przejazdu CAVów
0	1	Altruistyczne	Minimalizacja sumarycznego czasu przejazdu HDVów
0	-1	Złośliwe	Maksymalizacja czasu przejazdu HDVów
1	< 0	Dysruptywne	Maksymalizacja HDVów i minimalizacja CAVów
1	1	Społeczne	Minimalizacja sumarycznego czasu przejazdu (system optimum)

$T^{\text{CAV}}(j)$, $T^{\text{HDV}}(j)$ – sumaryczny czas przejazdu CAVów/HDVów w dniu j

Model zachowania ludzi (HDVów)

$Q(i,r)$ – oszacowanie czasu
przejazdu na trasie r przez
HDV i

i – indeks HDV

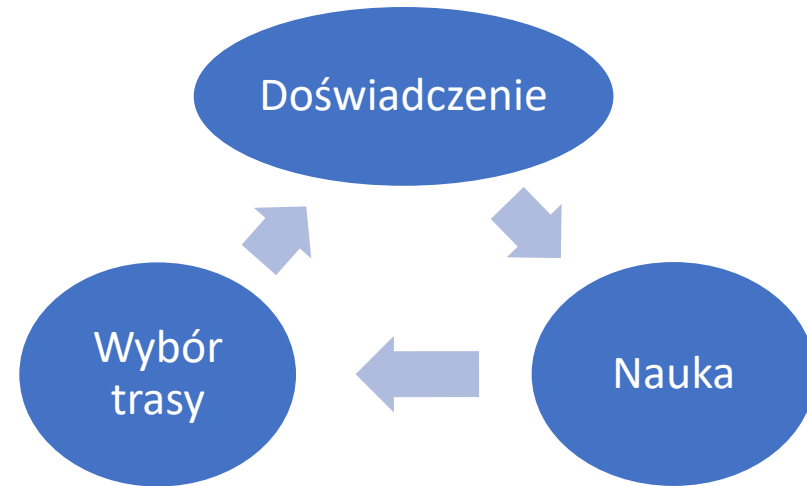
r – index trasy (A lub B)

Doświadczenie

Podróż na trasie r , czas przeje. $t_r(q_r)$

Nauka, $\alpha = 0.2$

- $Q(i,r) \leftarrow (1-\alpha)Q(i,r) + \alpha t_r(q_r)$



Wybór trasy: ϵ -zachłanny, $\epsilon=0.1$

- $\text{argmin } Q(i, \cdot)$ z prawdopodob. $1-\epsilon$
- losowy z prawdopodob. ϵ



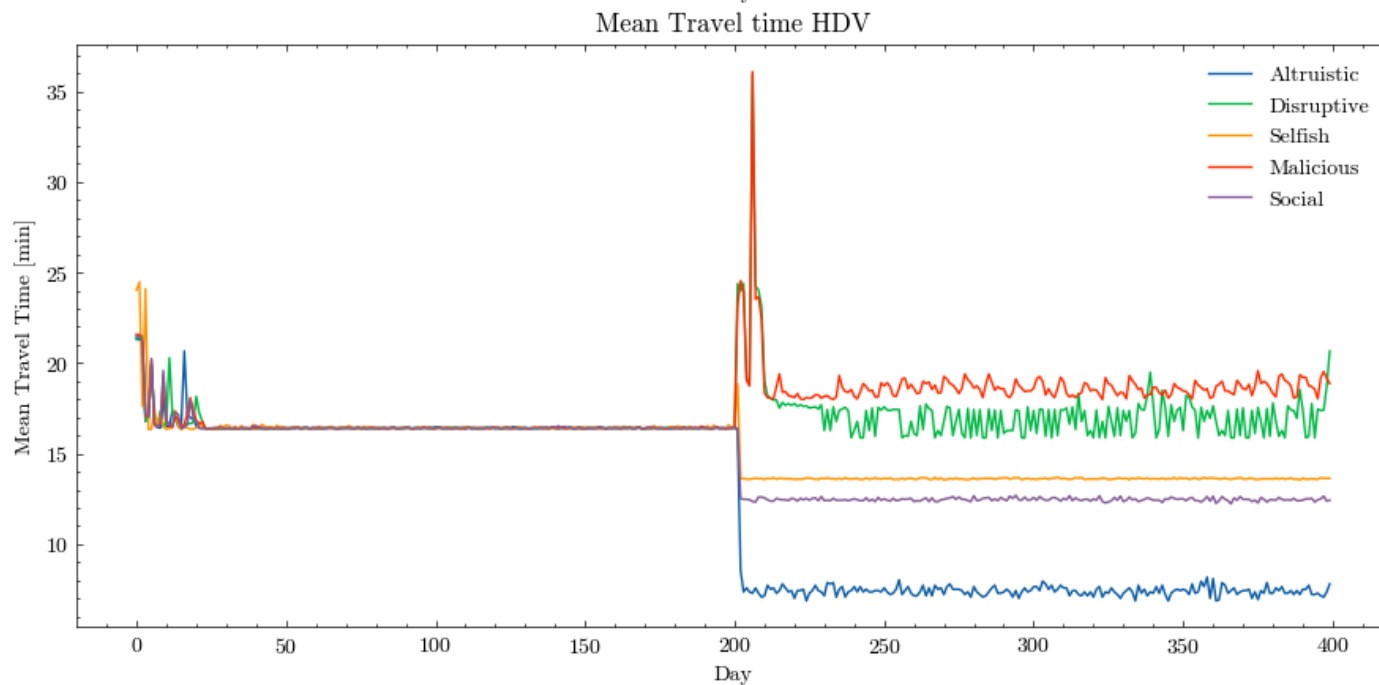
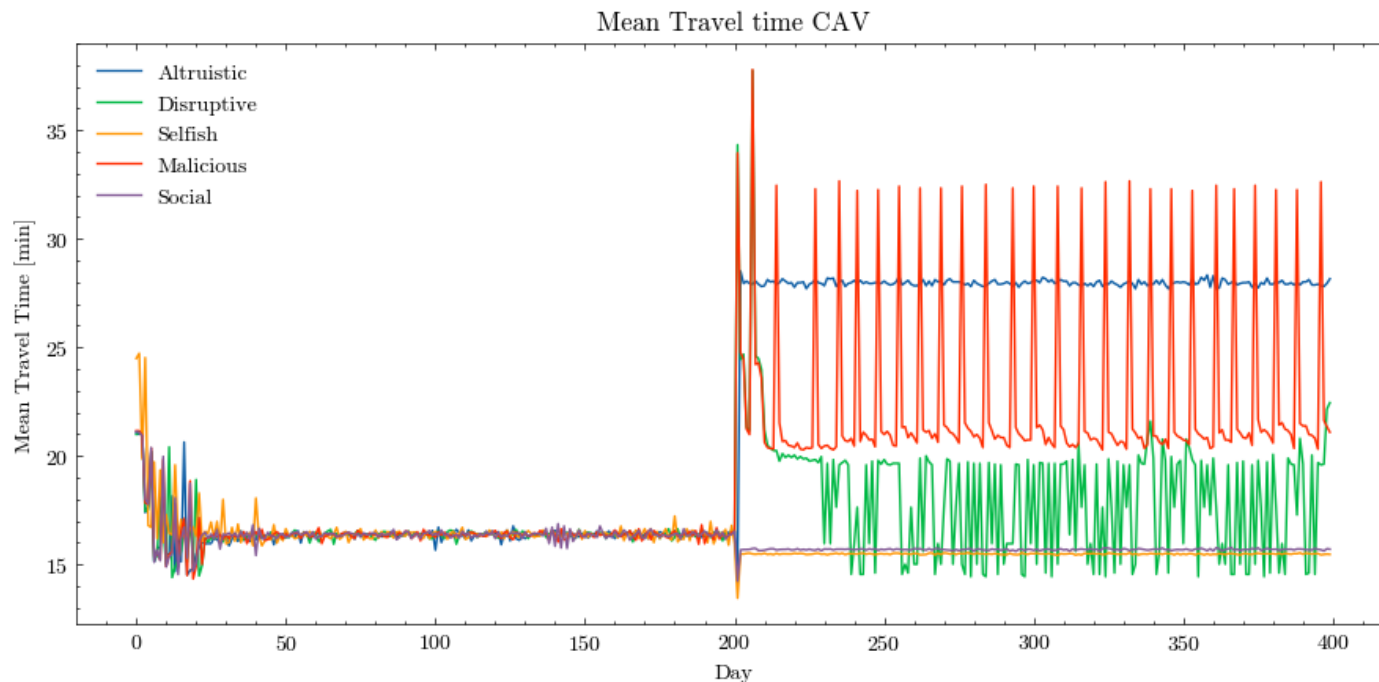
Wyniki: czasy przej.

Dni 1-200 – pr. wszystkie CAV na A

Dni 201-400 – optymalizacja

$T_0 = 16.4$ min, $N_{CAV}=730$, $N_{HDV}=270$

Case	$\bar{T}^{HDV}$	σ		$\bar{T}^{CAV}$	σ	
Selfish	13.6	~ 0	↓	15.5	~ 0	↓
Altruistic	7.4	~ 0	↓↓	28.0	~ 0	↑↑
Malicious	18.5	0.35	↑	22.4	4.06	↑↑
Disruptive	17.0	0.84	↑↓	17.9	2.36	↑↓
Social	12.5	~ 0	↓	15.7	~ 0	↓

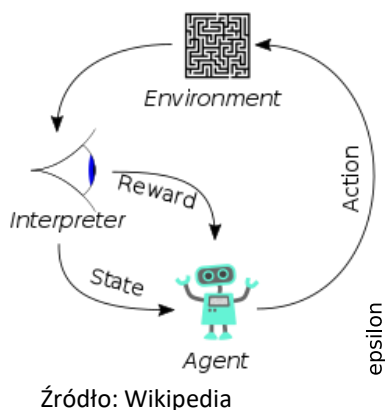


Wnioski

- CAVy, zmieniając strategię, mogą negatywnie wpłynąć na ludzi, którzy są w równowadze i potrzebują czasu na adaptację
- **Różne cele** CAVów mogą mieć **różny** wpływ na ludzi
- Działania CAVów mogą wytrącić układ z równowagi i spowodować oscylacje
- Strategie złośliwa i dysruptywna są kosztowne; jednak mogą one **zmienić wybory ludzi**
- Strategie społeczna i samolubna dają dość podobne wyniki (rozsądny wybór?)

Perspektywy (wybrane)

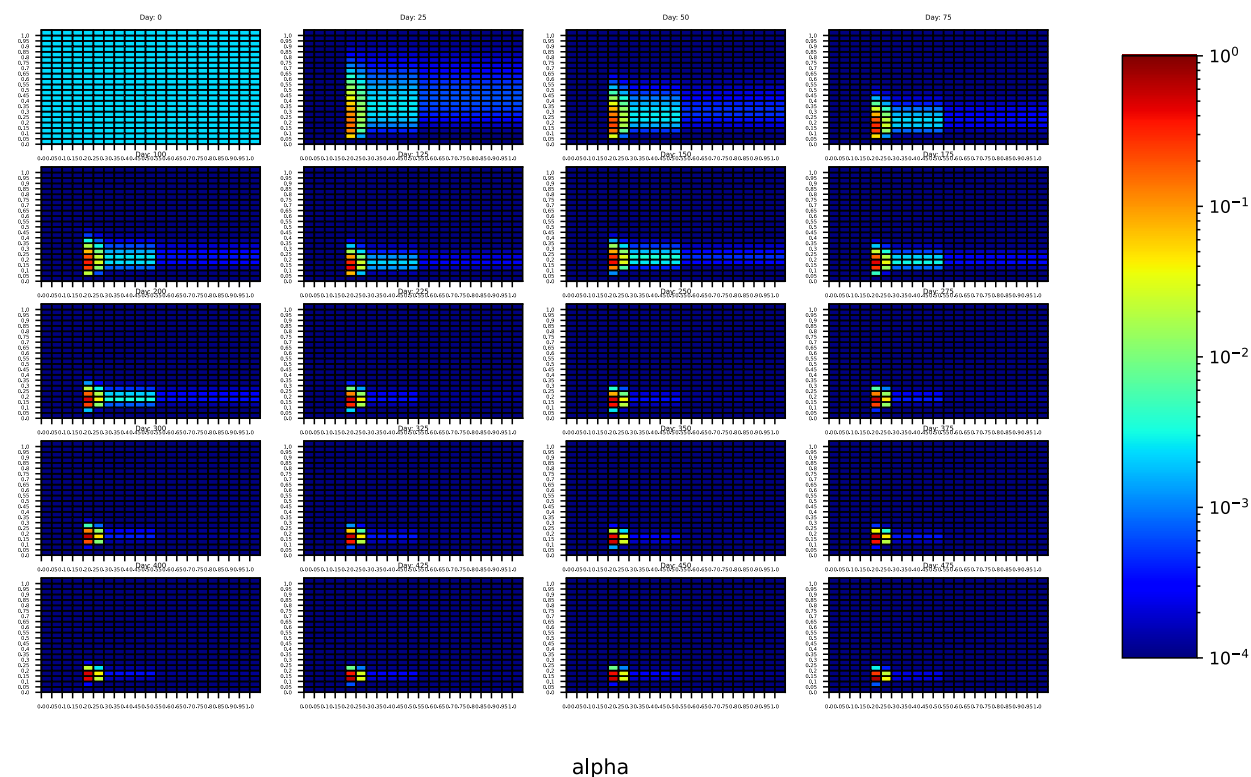
Uczenie ze wzmocnieniem



Symulacja realistycznej sieci miejskiej w SUMO, wiele tras, różne czasy wyjazdu

Uczenie i estymacja Bayesowska

(alpha,epsilon) belief density; True values: epsilon: 0.1 alpha: 0.2





Dziękuję za
uwagę!



This research is financed by the European Union within the Horizon Europe Framework Programme, ERC Starting Grant COeXISTENCE no. 101075838