

Rafał Kucharski

# Czy sztuczna inteligencja to sposób na rozwiązywanie problemów transportu w miastach?

## KONGRES MOBILNOŚCI 2025

**Kraków, 8-10 października**

X SYGNALIZACJA ŚWIETLNA 2025

VII INNOWACYJNY TRAMWAJ 2025

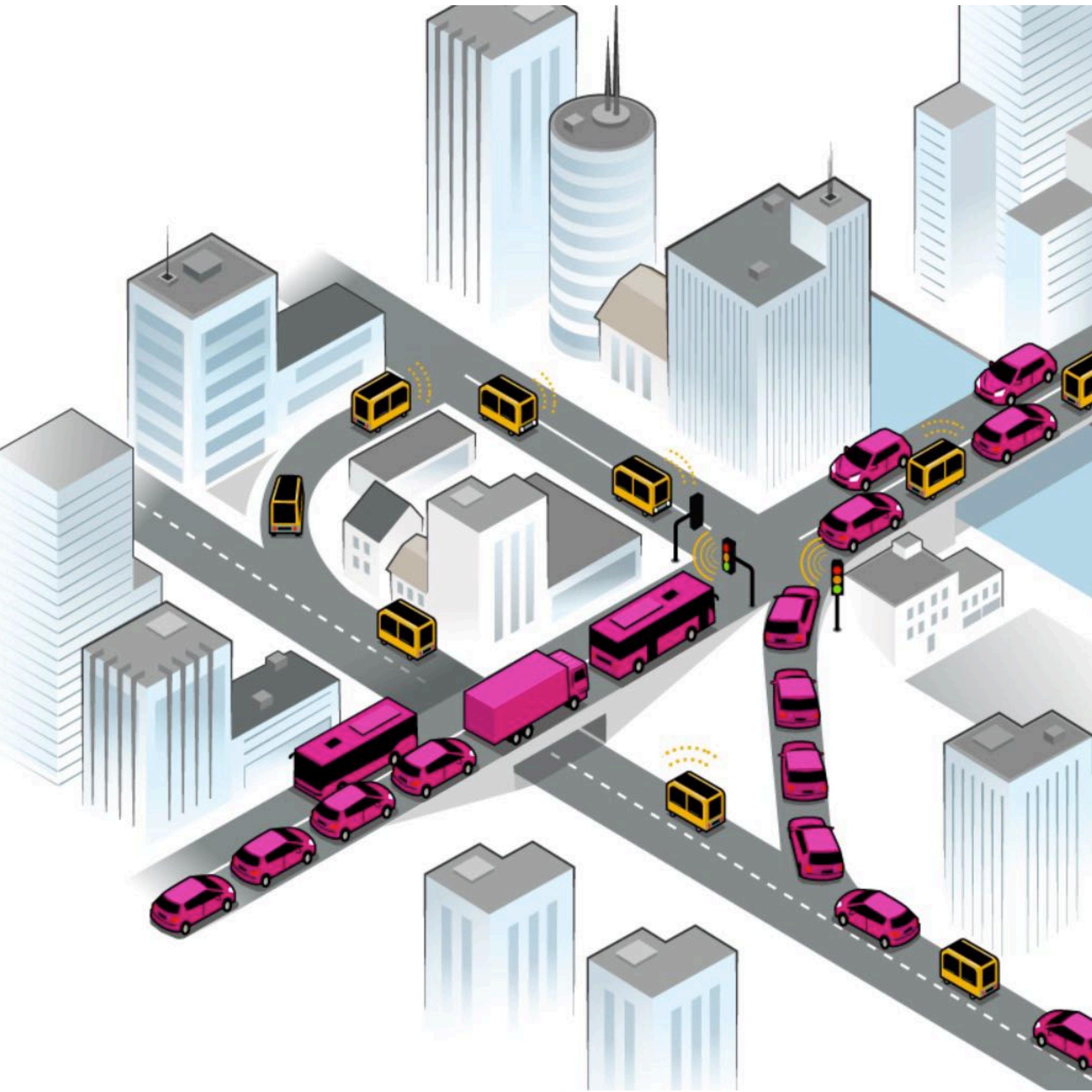
VI BUSPASY 2025

III PARKOWANIE 2025

[www.konferencjespecjalistyczne.pl](http://www.konferencjespecjalistyczne.pl)

# Agenda

1. czym są korki w miastach i skąd się biorą
2. czym różnić się będą korki pojazdów autonomicznych



Skąd się biorą korki?

Miasto to  
złożony system społeczny

# Miasto korki, tłok to nasze **decyzje**

- po co jadę? do pracy
- gdzie jadę? do Gliwic
- o której? na 9:00
- czym jadę? samochodem
- które? DTŚ

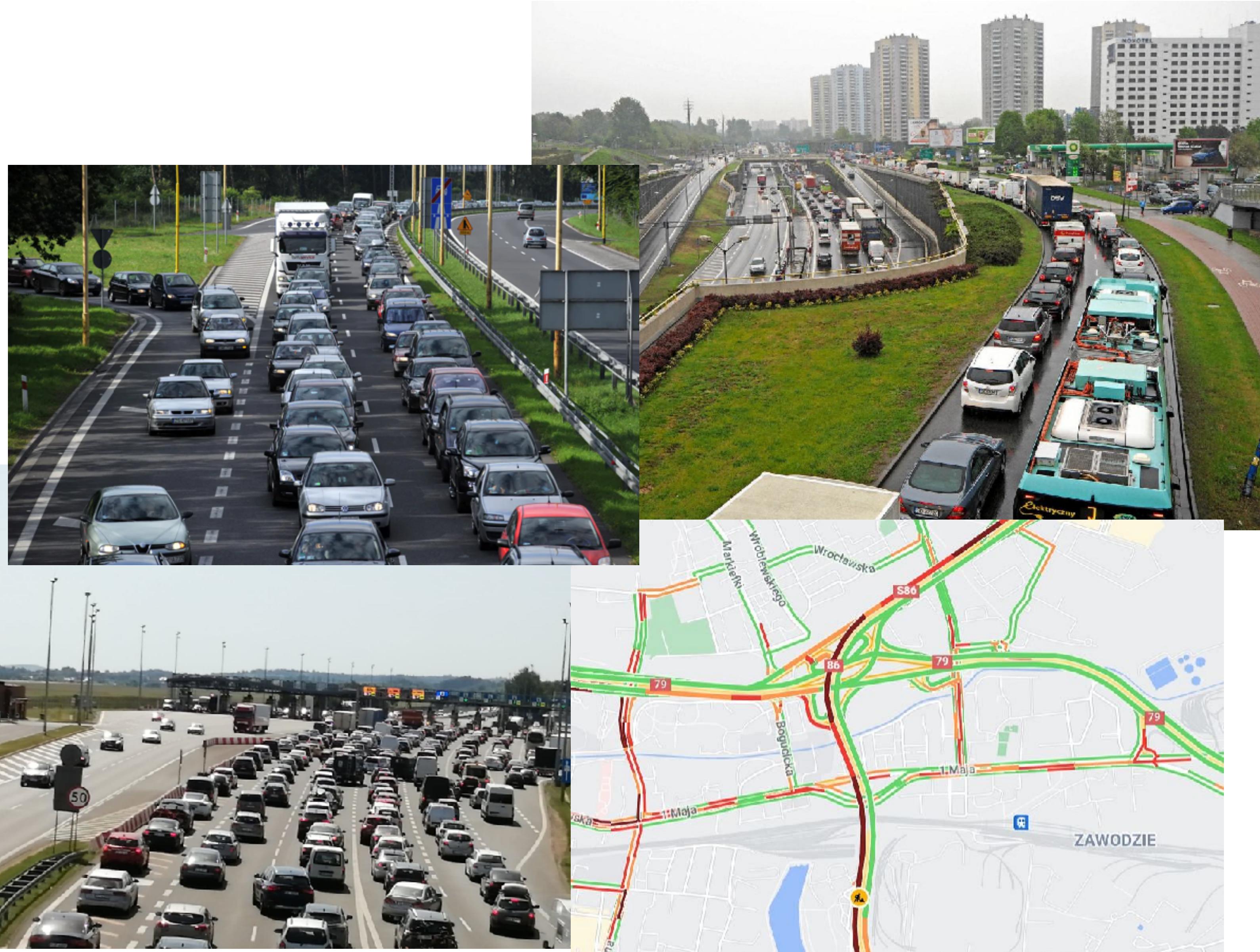
podejmowane przez miliony z nas **codziennie**



# Korki efekt ludzkich decyzji

jak nam idzie?

tak sobie



# Ludzkie wybory

efekt zbiorowy

wybieramy wspólnie, korkujemy wspólnie  
.... ale chcemy być **sprytni**

**teoria gier**



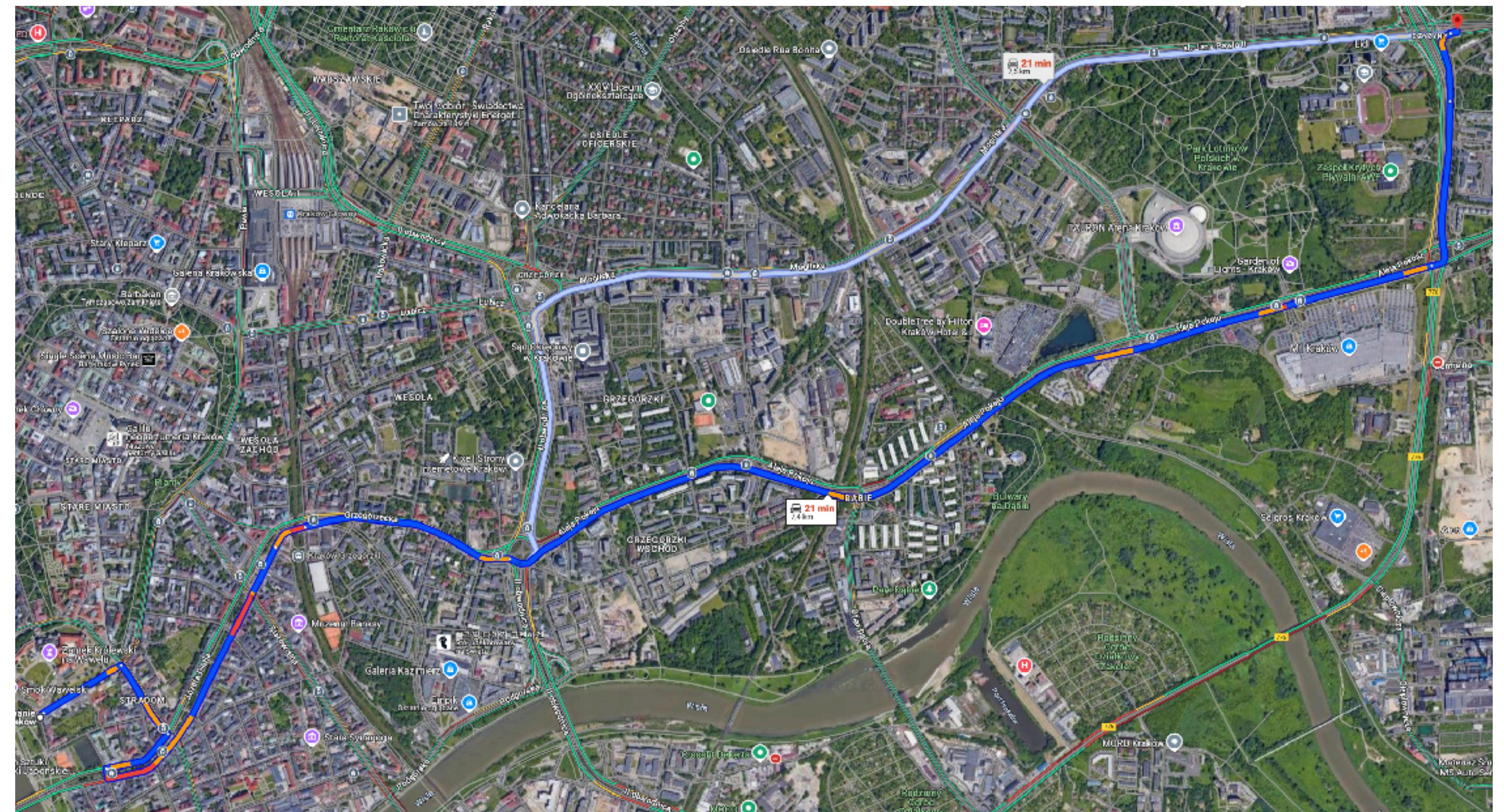
# Równowaga Nasha (1950)

równowaga Wardop'a (1952)

Którędy bym nie pojechał,  
będzie podobnie

**Wardrop:**

Żaden gracz (kierowca) nie  
może samodzielnie zmienić  
trasy tak, aby skrócić czas  
swojego przejazdu





**Miasto przyszłości to  
złożony system ludzi i maszyn**

# Przyszłość

## sztuczna inteligencja, pojazdy autonomiczne

w przyszłości decyzje transportowe  
(np. **któredu dojechać do celu**)  
oddamy sztucznej inteligencji  
**pojazdom autonomicznym:**

- komunikującym się ze sobą
- z dostępem do danych
- z siecią neuronową
- potencjalnie kooperacyjne



# COeXISTENCE

ERC Starting Grant @JU

**COeXISTENCE** sprawdza co stanie się gdy decyzje o podróżowaniu zaczną podejmować za nas roboty, czy też maszyny ze sztuczną inteligencją.

**Jak?**

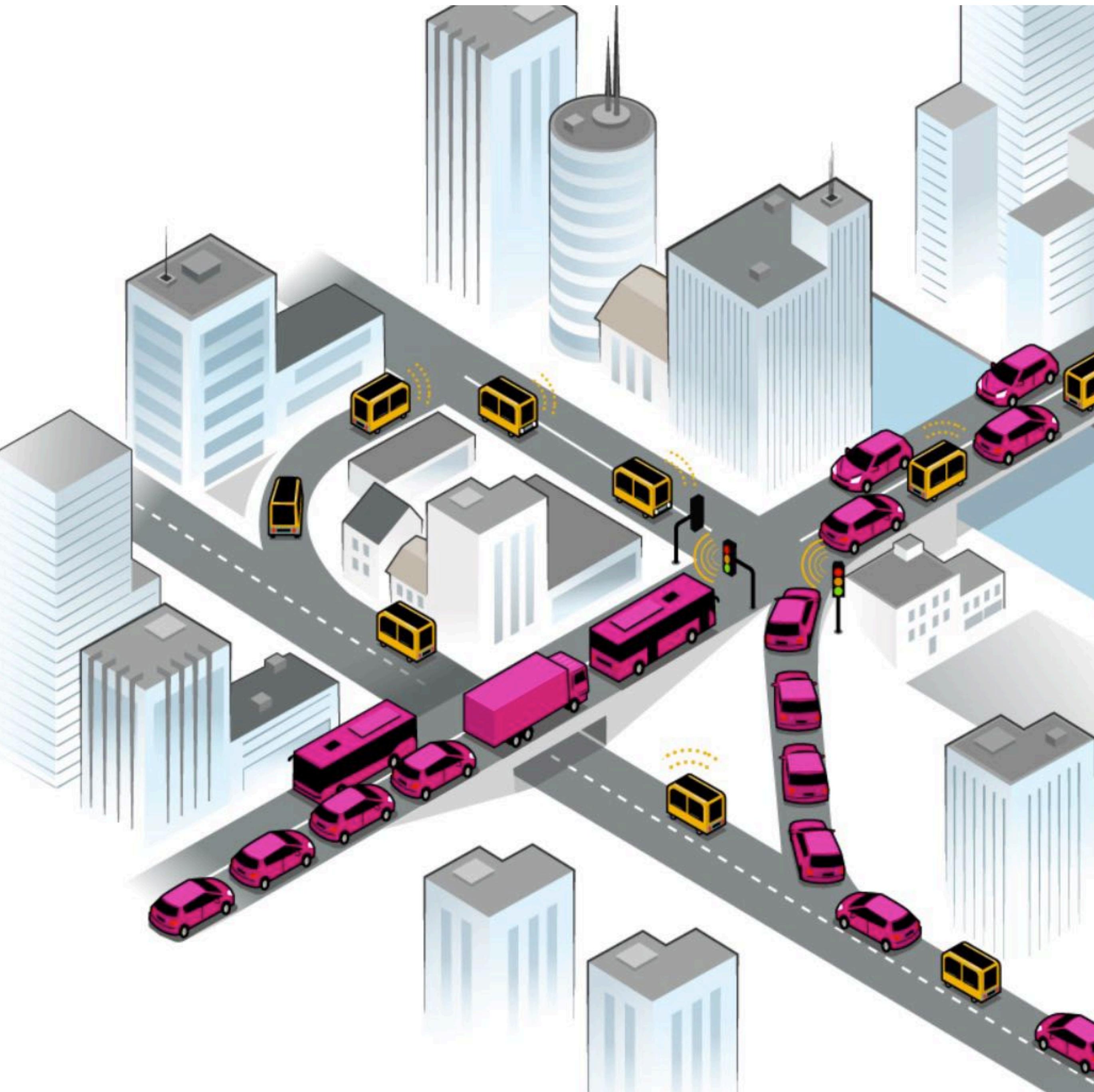
symulacje, algorytmy, uczenie maszynowe (RL), teoria gier, optymalizacja, modele wieloagentowe



# Wyniki

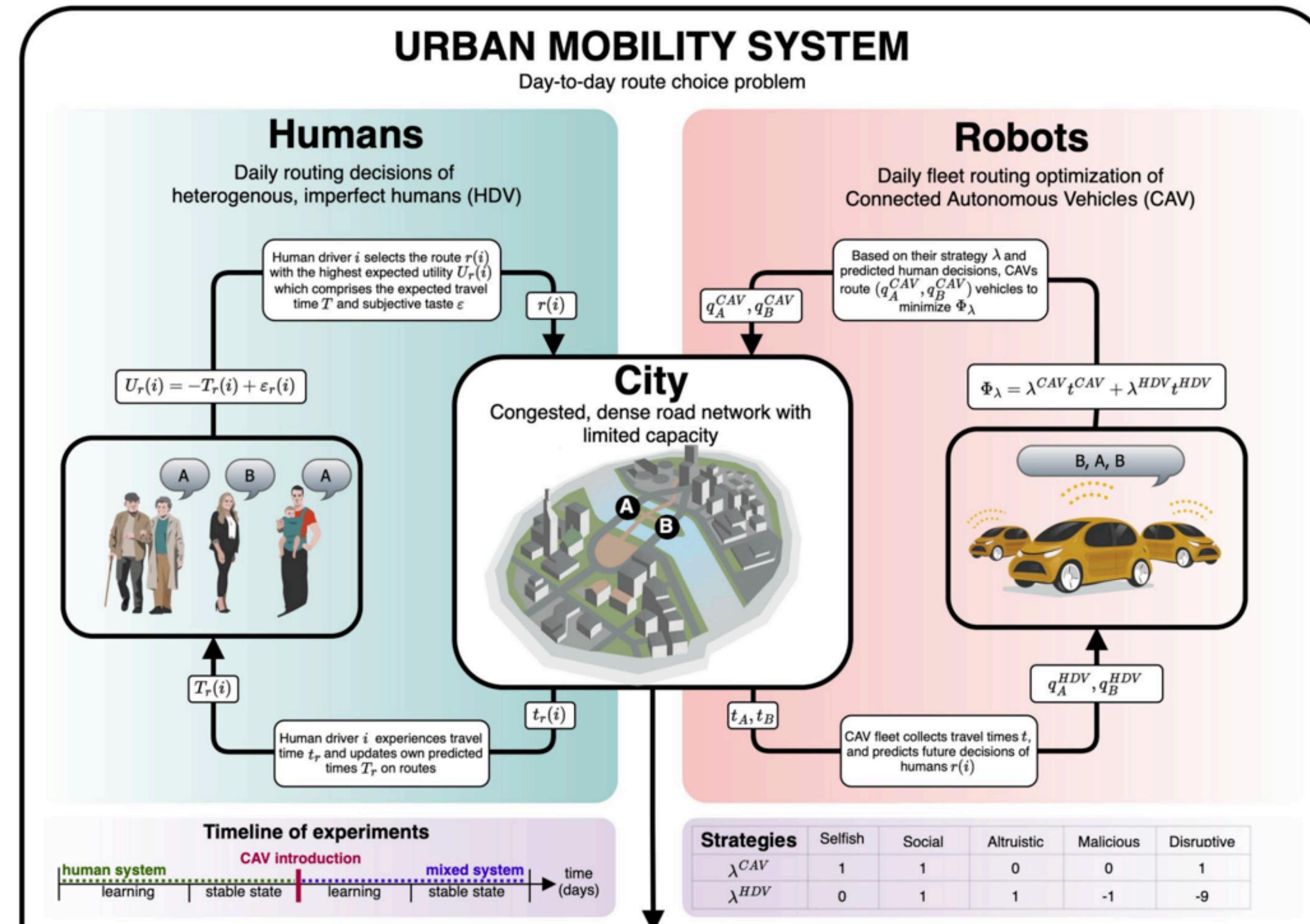
## badań i eksperymentów obliczeniowych

1. Możliwe strategie
2. Długi i trudni trening AI/ML
3. Koalicje - ekskluzywne kluby
4. Celowe oscylacje dla własnego zysku
5. Czynnik społeczny w funkcji celu



# Przyszłość

co zmieni AI w ruchu miejskim?



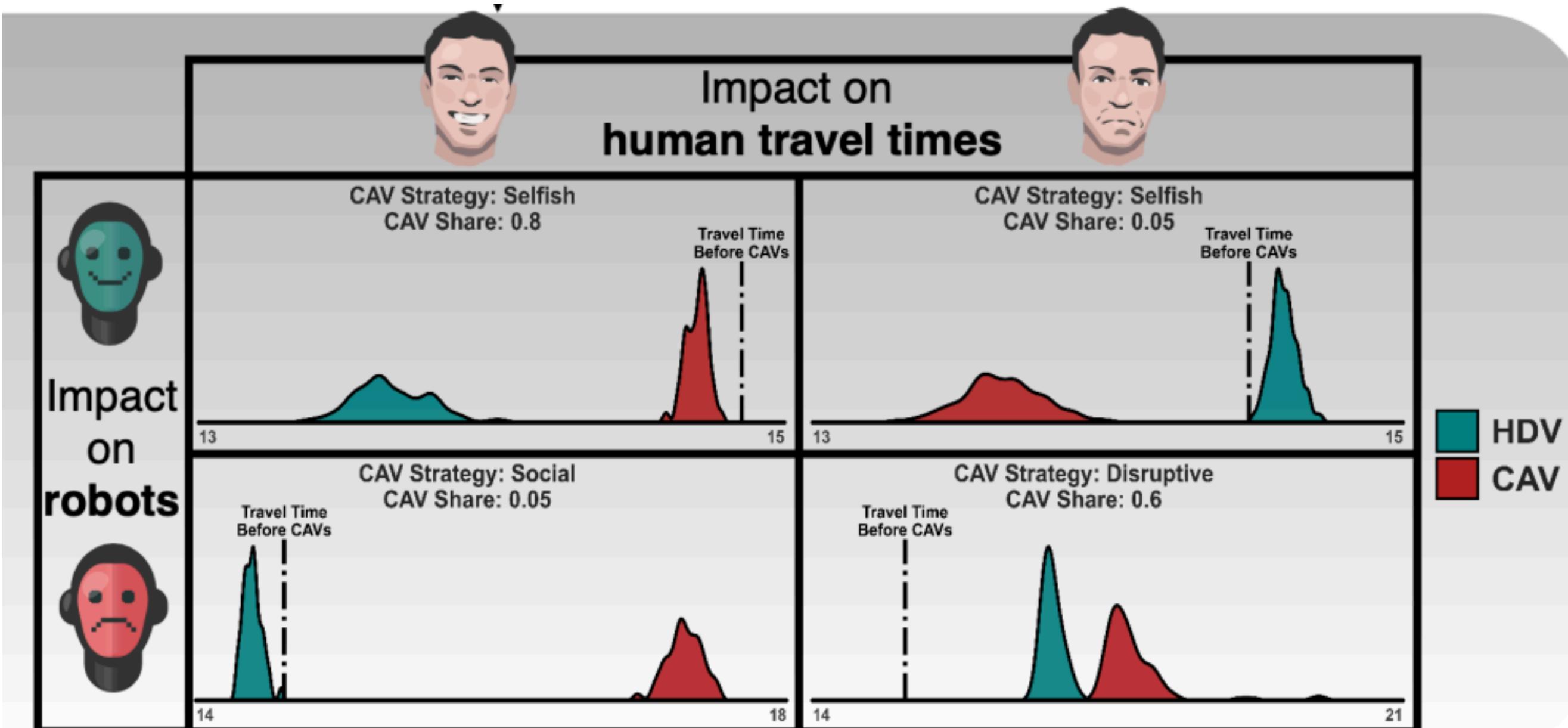
# Wyniki

## różne strategie i udziały

w zależności od strategii i udziału, pojazdy autonomiczne, wyposażone w sztuczną inteligencję,

mogą:

- wykiwać nas  
**dojechać do celu szybciej niż my**
- pomóc nam  
**wszyscy dojedziemy szybciej**
- poświęcić się dla nas  
**my dojedziemy szybciej**
- wszystko zepsuć  
**wszyscy dojedziemy wolniej**

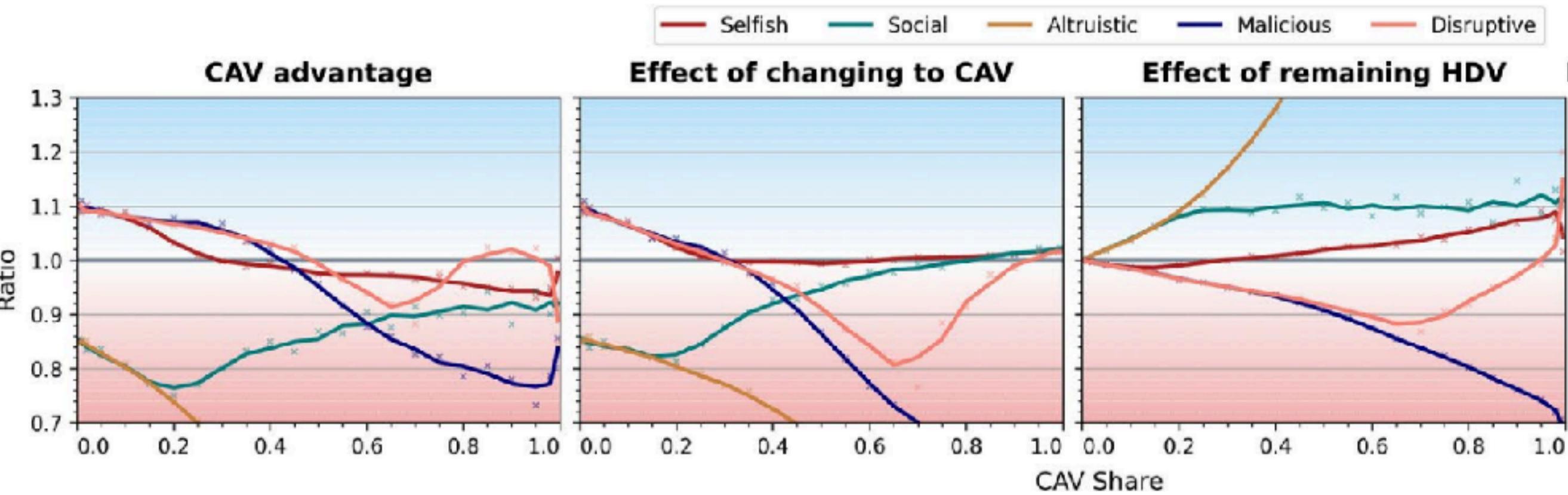


# Wyniki

## wpływ pojazdów autonomicznych na ruch

Wybory pojazdów autonomicznych (CAV), które zastępują daną część pojazdów prowadzonych przez ludzi (HDV), znacznie różnią się od wyborów pozostałych HDV.

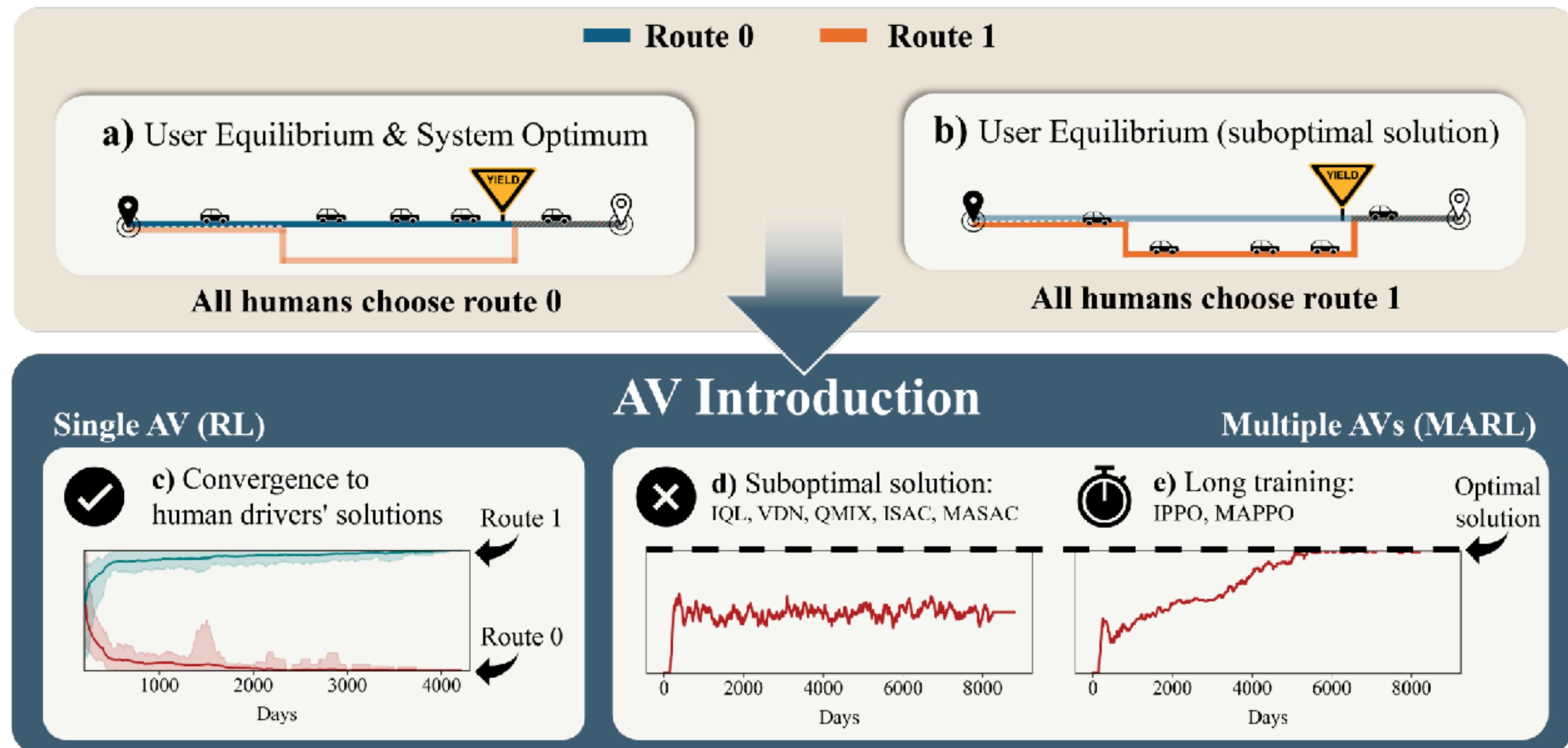
- Średni czas podróży zarówno HDV, jak i CAV może się zwiększać lub zmniejszać
- Jeśli flota CAV stosuje strategię egoistyczną, może poprawić swój zbiorowy czas podróży kosztem kierowców ludzkich, gdy udział CAV jest niewielki.
- Przy dużym udziale CAV strategia egoistyczna lub społeczna stosowana przez CAV może prowadzić do poprawy czasów podróży dla wszystkich kierowców. Odbywa się to jednak kosztem zmniejszonej sprawiedliwości.
- Populacje kierowców ludzkich o niskim poziomie błędu percepcyjnego mogą być mniej podatne na wykorzystanie przez inteligentne floty CAV niż bardziej zróżnicowane i mniej optymalne populacje.
- Silnie zatłoczone systemy, w których wybory HDV i CAV mają tendencję do upodabniania się, mogą być mniej podatne na eksploatację przez CAV. Natomiast sieci niezatłoczone mogą być łatwo wykorzystywane przez maszyny.



# Wyniki

## Trening AI/ML

- Nawet w trywialnych przypadkach trening trwa bardzo długo
- pojazdy potrzebują tysięcy iteracji (dni) aby znaleźć optima
- rozwiązanie często degeneruje się do suboptimalnej równowagi
- nie mamy wystarczająco dokładnych symulatorów (Visum w Vissimie)



# Wyniki

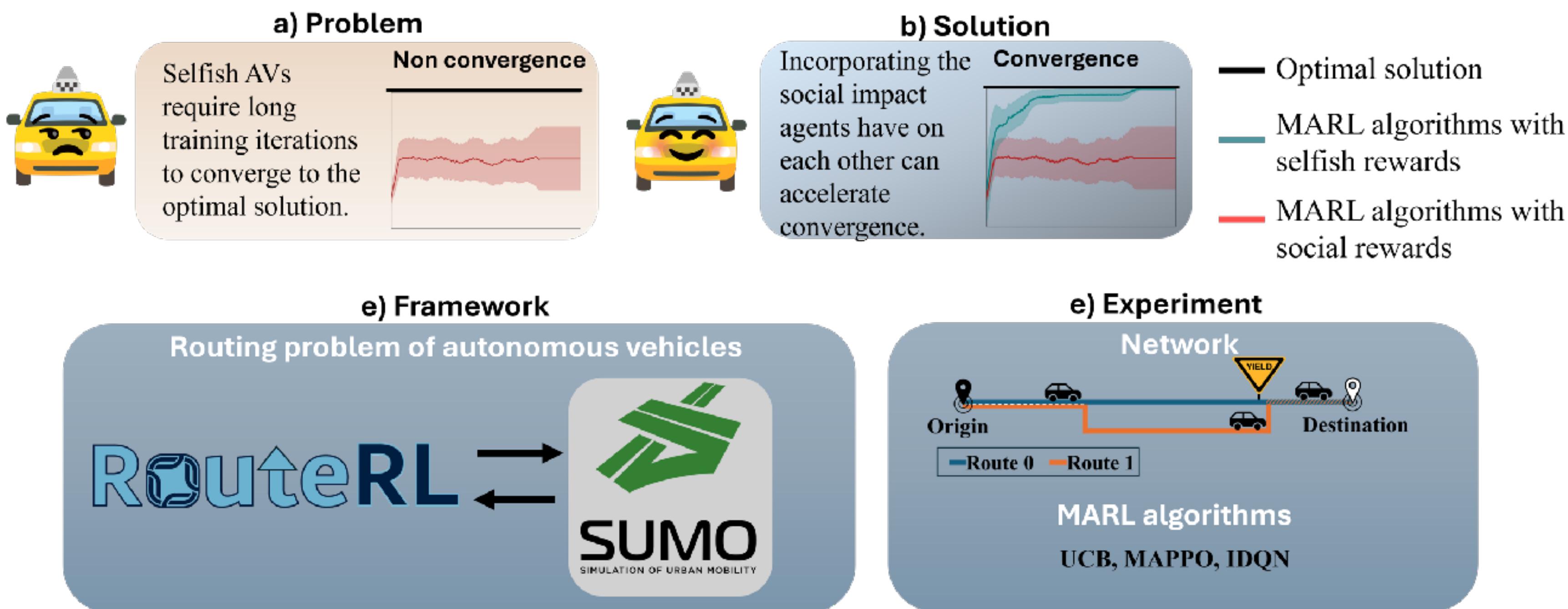
## Czynnik społeczny

Nie warto być **egoistą** (tak jak w Wardropie) i minimalizować jedynie własny czas przejazdu

Dodanie elementu **systemowego** do nagrody:

1. polepsza czas treningu (krócej) algorytmów AI/ML
2. zwiększa sprawność systemu
3. stabilizuje

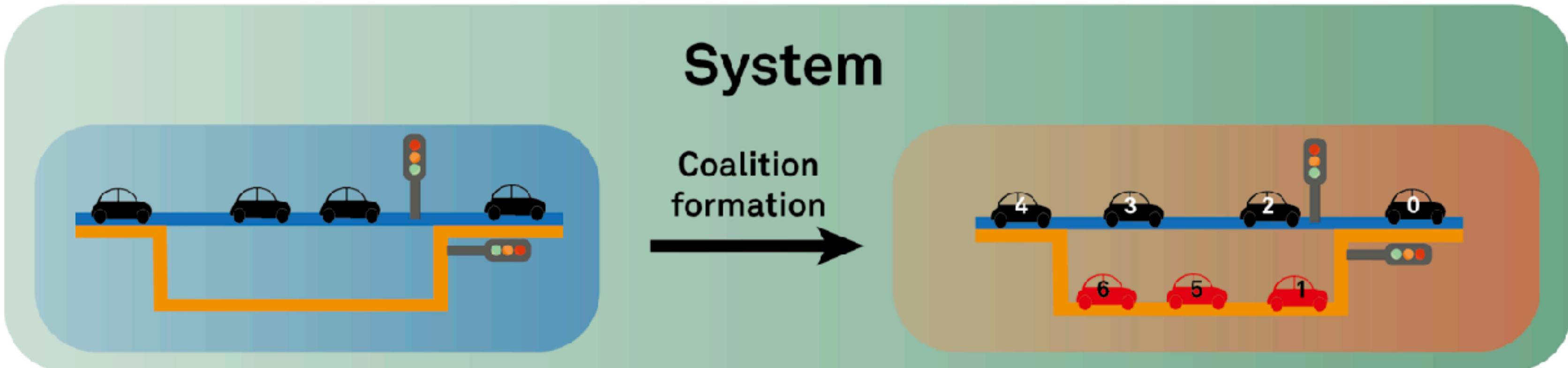
**nagroda = czas przejazdu + wpływ na całkowity czas przejazdu**



# Wyniki

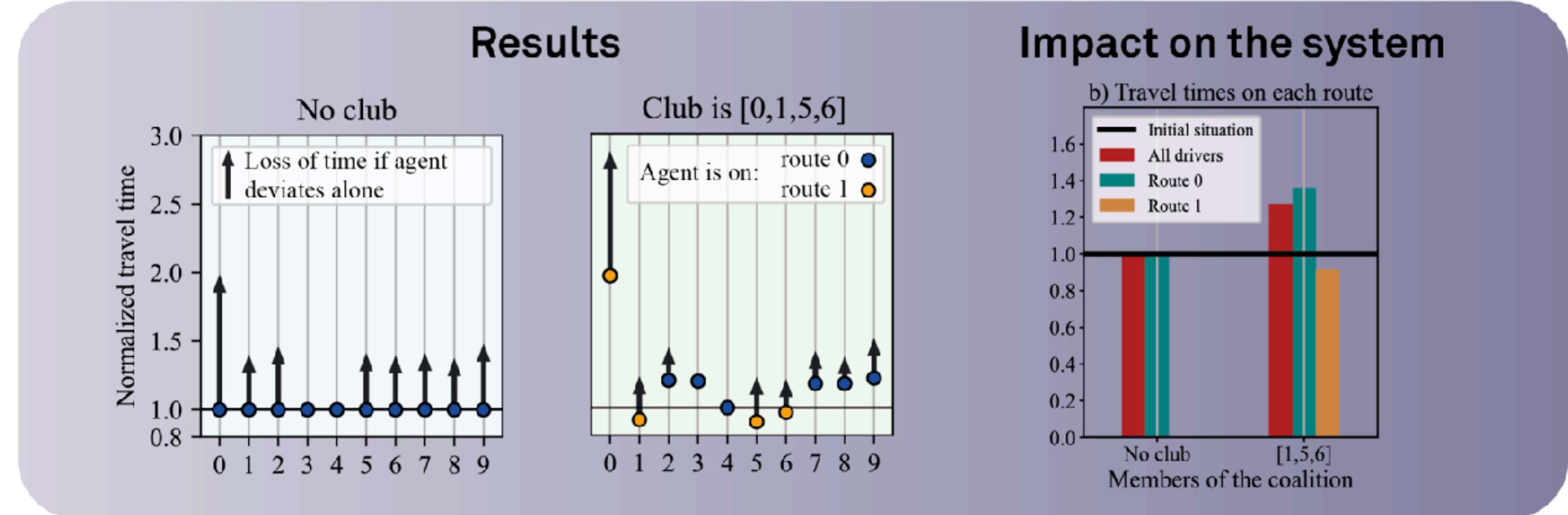
## Koalicje

Co jeśli flota będzie mogła wspólnie, w koorydnicji podejmować decyzje o wyborze ścieżek?



## Powstaną koalicje:

1. atrakcyjne dla członków
2. pogarszające sprawność systemu
3. elitarne



# Wyniki

## Oscylacje

**Jeśli flota autonomiczna będzie miała za cel maksymalizować swój udział w rynku - dobrą drogą do osiągnięcia tego celu będzie... destabilizacja**

## Mixed CAV strategies - HDV perspective

Two equivalent routes *A* and *B*

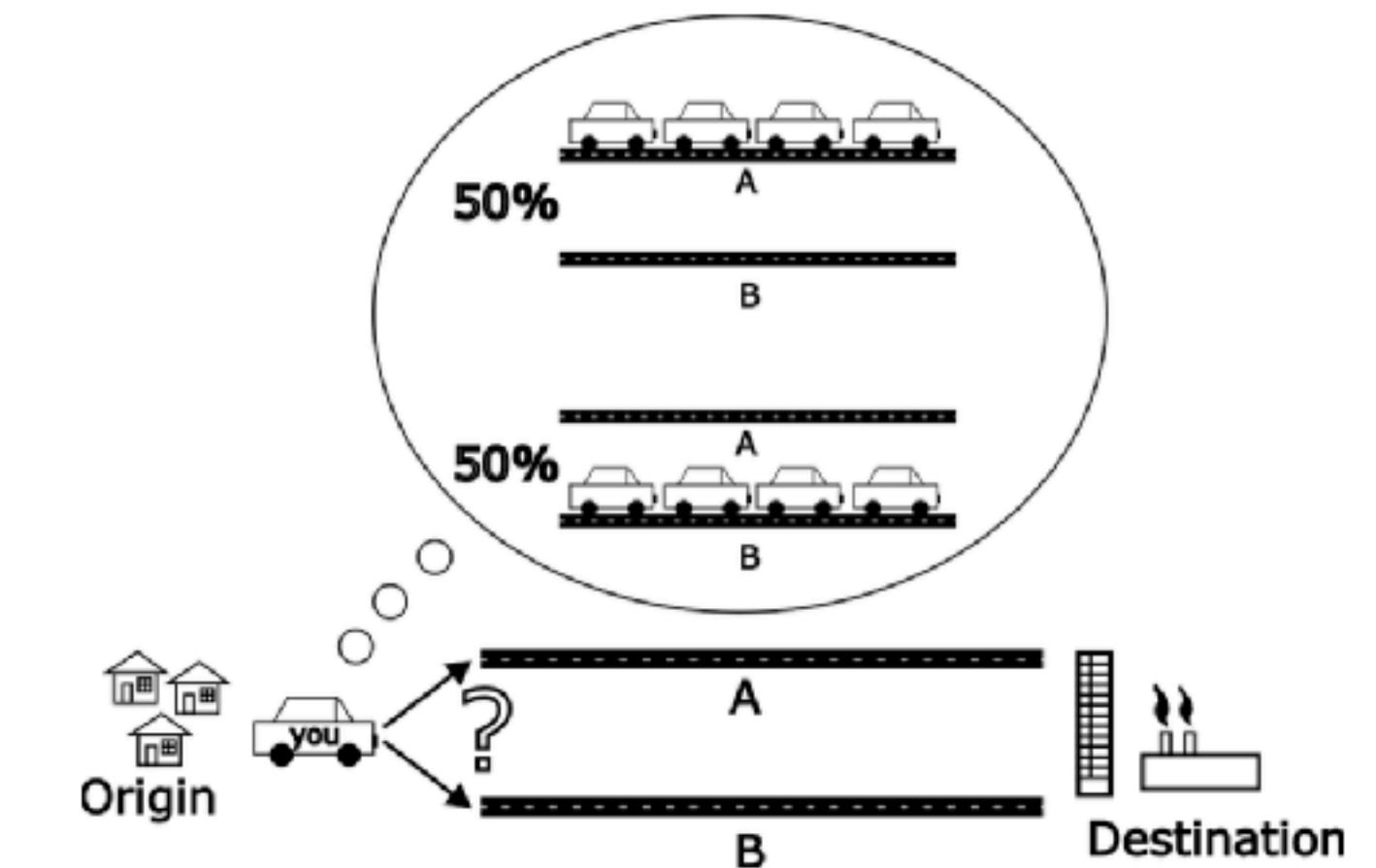
### Route A

- ▶ Congested (prob. 50%)
- ▶ Free flow (prob. 50%)

### Route B

- ▶ Congested (prob. 50%)
- ▶ Free flow (prob. 50%)

Which route do you choose?



**Doesn't matter!  
It's bad anyway.  
I'd rather switch to CAVs which offer better experience/utility.  
Even if I don't like the idea of CAVs...**

# Podsumowanie

w przyszłości decyzje transportowe (np. który drogi dojechać do celu) oddamy sztucznej inteligencji **pojazdom autonomicznym**

**Zmieni to zasady gry, sprawiedliwość, rolę człowieka, rolę miasta.**

Może doprowadzić do bardziej

- efektywnych?
- sprawiedliwych?
- oligarchicznych?
- kapitalistycznych?

to zależy od nas (i od wyników badań eksperymentalnych które nas przestrzegą zawczasu)



# Dziękuję za uwagę

Rafał Kucharski  
[rafal.kucharski@uj.edu.pl](mailto:rafal.kucharski@uj.edu.pl)  
[www.rafalkucharskilab.pl](http://www.rafalkucharskilab.pl)



## KONGRES MOBILNOŚCI 2025

**Kraków, 8-10 października**

X SYGNALIZACJA ŚWIETLNA 2025

VII INNOWACYJNY TRAMWAJ 2025

VI BUSPASY 2025

III PARKOWANIE 2025

[www.konferencjespecjalistyczne.pl](http://www.konferencjespecjalistyczne.pl)