

# Autonomní křižovatka

Autor: Jiří Kotal | Vedoucí: prof. RNDr. Roman Barták, Ph.D. | 2023



## 1. ÚVOD

Tato práce se zabývá problémem průjezdu co největšího množství autonomních aut skrze křižovatku. K řešení tohoto problému používá křižovatka centrální skříňku, která plánuje jednotlivým autům cesty pomocí *Multi-Agent Path Finding* (MAPF) algoritmů.

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je upravit existující MAPF řešení pro tento problém a následně porovnat kvalitu nalezených tras ve vytvořeném simulátoru. Algoritmy jsou porovnávány na různých tvarech křižovatky o různých velikostech. Práce zároveň zkoumá vlivy omezení tras.

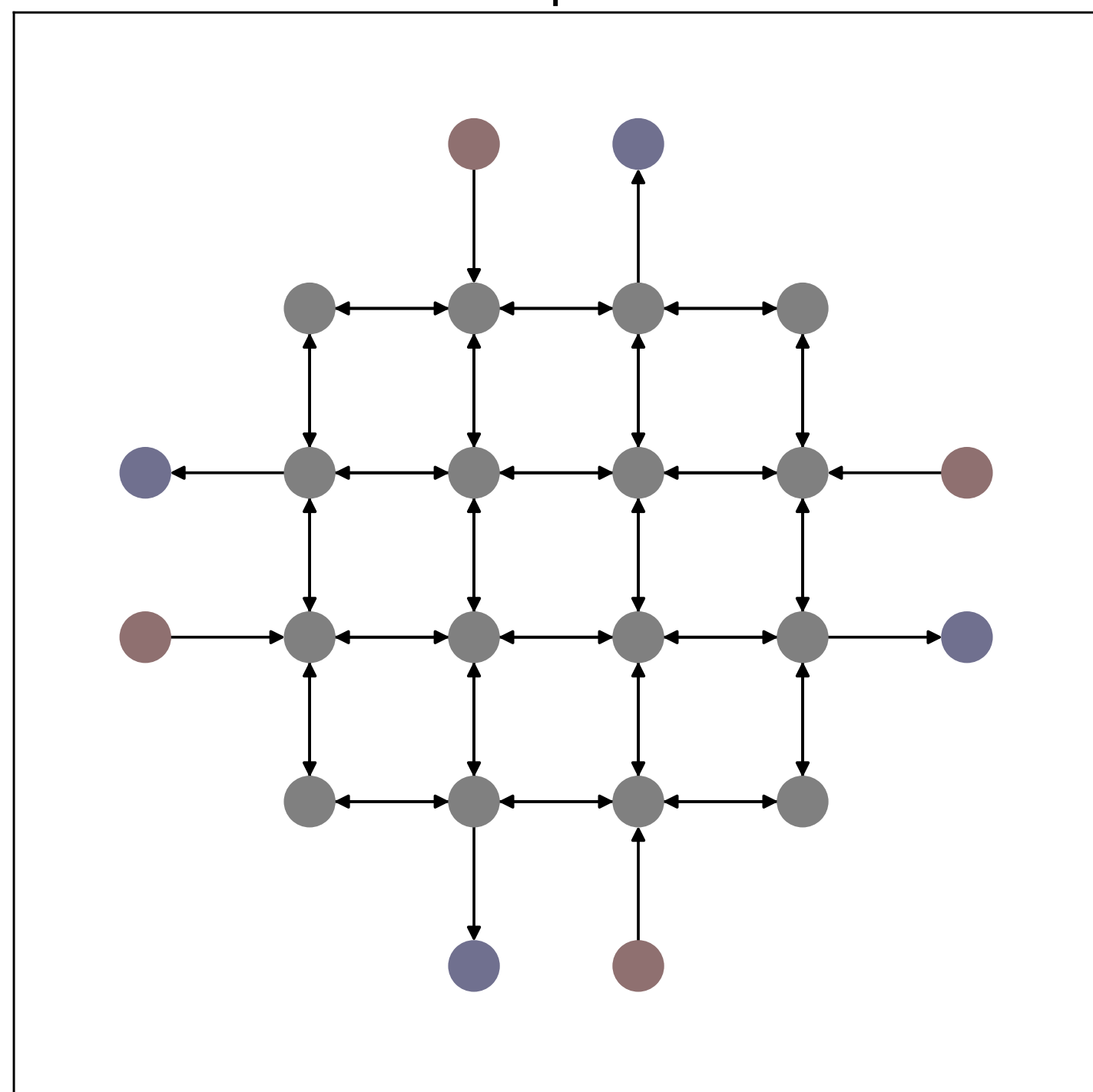
## 3. KŘIŽOVATKA

Pro použití MAPF algoritmů, byla křižovatka převedena na orientovaný graf. Při tomto převodu se rozdělí plocha křižovatky do bloků. Uprostřed každého bloku vznikne nový vrchol grafu, hrany se přidají mezi vrcholy sousedních bloků. Každý z možných vjezdů a výjezdů je reprezentován vlastním vrcholem. Tvar křižovatky je určen parametry *velikost křižovatky*, *počet vjezdů / výjezdů* a jejím *typem*.

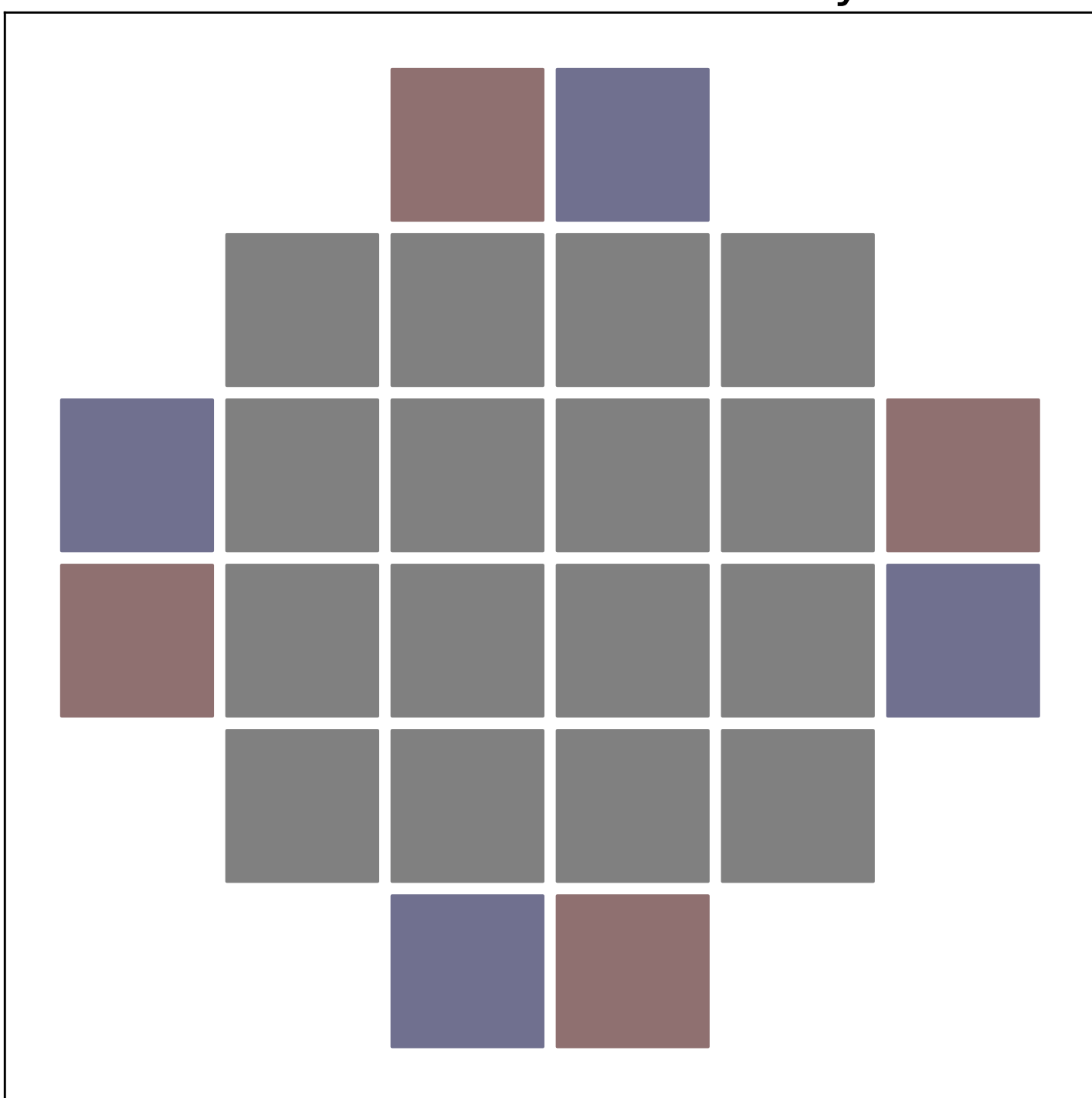
- Čtvercový typ křižovatky rozdělí plochu do čtvercových bloků
- Oktagonální typ rozšíří tuto čtvercovou mřížku o nové vrcholy reprezentující diagonální přejezdy
- Hexagonální typ rozdělí křižovatku se šesti stranami na hexagonální bloky.

### Čtvercový typ

Grafová reprezentace



Vzhled reálné křižovatky



Ukázka křižovatky o velikosti 4 s jedním vjezdem (červená) a jedním výjezdem (modrá)

## 4. AUTO

Autonomní auto bylo zjednodušeno na obdélník o určité velikosti. Je schopné jet konstantní rychlostí, nebo stát na místě. Auto je vždy natočené ve směru jízdy. Validní trasa auta je dána posloupností vrcholů, která začíná v místě příjezdu a končí na správném výjezdu. Dvě auta jsou v kolizi, pokud je průnik jejich obdélníků neprázdný.

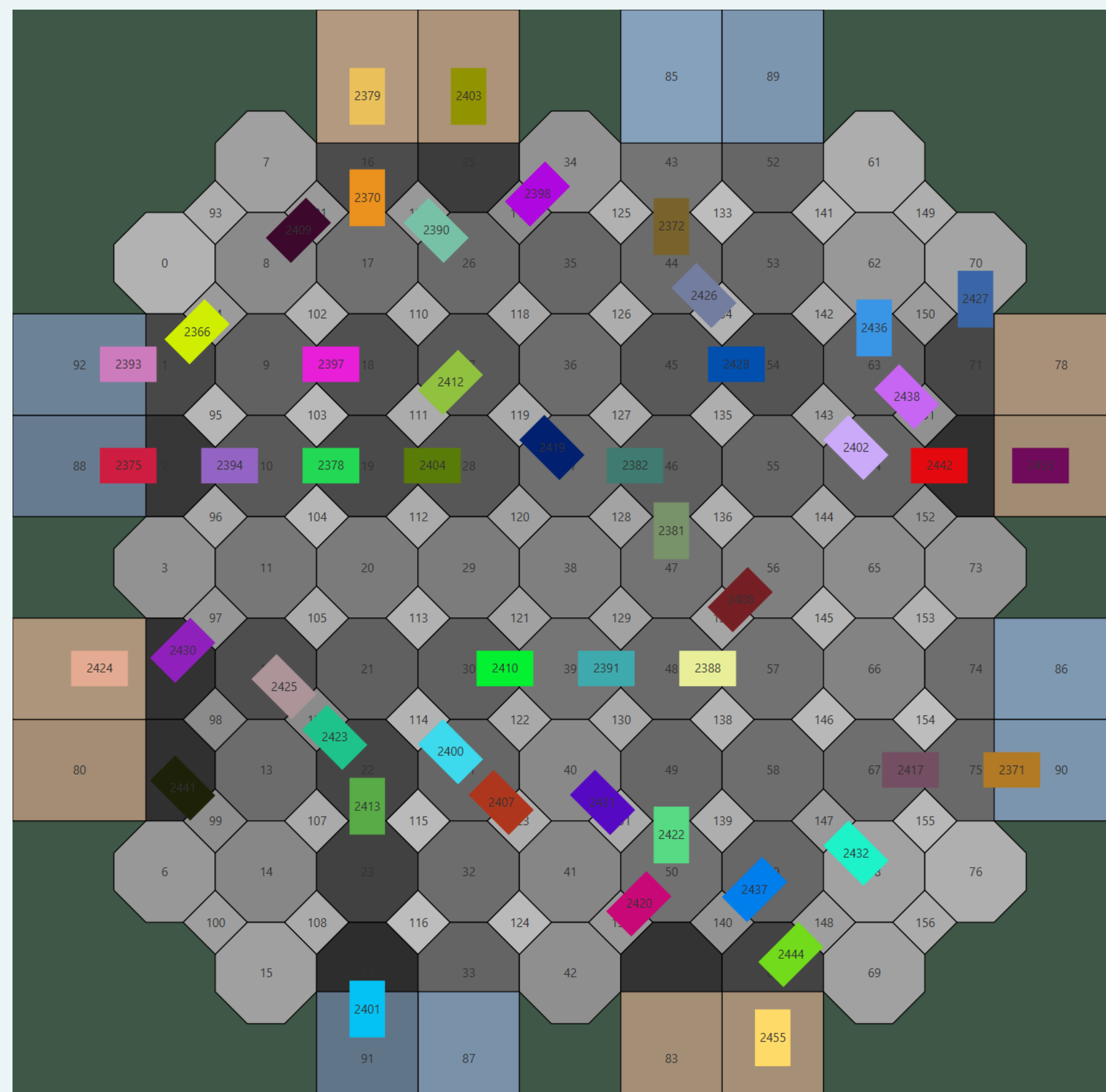
## 8. KONTAKT

E-mail: [jirikotal@vivaldi.net](mailto:jirikotal@vivaldi.net)

Repozitář se simulátorem: <https://github.com/Ji59/aim>

## 5. PRŮBĚH PLÁNOVÁNÍ

Plánování je rozděleno do diskrétních kroků. V každém kroku jsou náhodně vygenerována nová auta a jsou přidána do fronty čekajících aut. Algoritmus se poté pokusí naplánovat první auta ze všech front. Pokud se nepovede nalézt cestu, auto čeká dál. Během jednoho kroku přejede auto do sousedního vrcholu podle jeho naplánované trasy. Pokud auto vjede na cílový vrchol, je ze simulace odstraněno.



Ukázka situace ze simulátoru na oktagonální křižovatce o velikosti 9 se 2 vjezdy a výjezdy.

## 6. ALGORITMY

Jsou základní 3 varianty algoritmů podle způsobu plánování:

- Sekvenční plánování jednoho auta po druhém
- Plánování všech nových aut z daného kroku
- Přeplánování jedoucích aut společně s novými auty

Implementované algoritmy:

- Safe Lanes* - základní algoritmus pro porovnání
- A\** - implementován ve všech třech variantách
- Conflict-Based Search* (CBS) - rozšíření *A\**
- SAT* - předvedení na MAX-SAT

Všechny algoritmy mají nastavitelné parametry, např. maximální délka trasy auta, povolení pro auta stát na místě, ...

## 7. VÝSLEDKY

Při běhu byl sledován počet zamítnutých aut, prodleva aut a čas plánování.

Měření ukázala, že neexistuje jediné nejlepší řešení a ani ideální nastavení parametrů. Výsledky byly závislé na typu a velikosti křižovatky. První varianta *A\** dává rychle dobré výsledky. Zbylé varianty *A\** byly velmi paměťově náročné. CBS se choval na menších křižovatkách velmi dobře. SAT algoritmy měly dlouhé časy plánování, avšak jako jediné plánovaly rychleji na plnějších křižovatkách.