

Interná záverečná správa

Projekt: Implementácia adaptívneho systému riadenia dopravy (Online Learning Engine)

Typ projektu: Interný výskumno-vývojový project - Adaptive Traffic Signal Control (ATSC)

Číslo projektu: 2024-02

Obdobie realizácie: január 2024 – december 2025

Tím: 3 FTE (1× Machine Learning Engineer, 1× Data Engineer, 1× Backend Developer)

1. Zhrnutie

Projekt Adaptive Traffic Signal Control (ATSC) úspešne implementoval inteligentný riadiaci modul pre dynamickú optimalizáciu svetelnej signalizácie. Na rozdiel od tradičných statických plánov, náš systém využíva Online Reinforcement Learning, ktorý v reálnom čase modifikuje signálne plány na základe aktuálnych dopravných podmienok. Pilotná prevádzka potvrdila signifikantné zníženie kongescií a zvýšenie priepustnosti kritických uzlov o viac ako 15 %.

2. Technická špecifikácia a metodológia

Jadrom systému je dedikovaný engine postavený na architektúre Deep Reinforcement Learning (DRL). Systém nefunguje na báze pevných pravidiel „ak-potom“, ale neustále sa učí optimálne správanie prostredníctvom spätnej väzby z prostredia.

2.1 Architektúra riešenia

Systém spracováva dáta v trojstupňovom cykle:

Stav (State): Vstupom sú dáta z indukčných slučiek a inteligentných kamier (počet vozidiel, dĺžka kolóny, rýchlosť prítoku).

Akcia (Action): Engine rozhoduje o predĺžení zelenej fázy, zmene poradia fáz alebo aktivácii špeciálneho režimu pre špičku.

Odmena (Reward): Systém maximalizuje globálnu plynulosť dopravy penalizáciou dĺžky kolón a kumulatívneho času čakania.

2.2 Online Learning Engine

Využitý model pracuje v režime kontinuálneho učenia, čo umožňuje systému adaptovať sa na:

- Sezónne zmeny (napr. znížená rýchlosť počas zimy).
- Náhle výkyvy (nehody, cestárske práce).
- Dlhodobé trendy (zmena nákupného správania, nové administratívne centrá v okolí).

3. Validácia prostredníctvom stochastických simulácií

Vzhľadom na potrebu overenia stability systému pred reálnym nasadením bola vykonaná rozsiahla séria testov v mikrosimulačnom prostredí. Testovanie prebiehalo na stochasticky generovaných dopravných scenároch, ktoré simulovali náhodné výkyvy v hustote premávky, neočakávané prekážky a variabilitu v správaní vodičov.

3.1 Výsledky simulačných testov

Nižšie uvedené dáta predstavujú priemerné hodnoty získané z 1 000 simulovaných hodín prevádzky v porovnaní s tradičným statickým riadením.

Key Performance Indicator (KPI)	Statické riadenie (Baseline)	ATSC Online Engine	Zmena (Delta)
Priemerné zdržanie (Delay)	58,2 s	41,5 s	-28,7 %
Dĺžka kolóny (95. percentil)	145 m	98 m	-32,4 %
Priepustnosť križovatky	2 450 voz./hod.	2 820 voz./hod.	+15,1 %
Odhadovaná spotreba paliva	100 %	89,5 %	-10,5 %

3.2 Robustnosť a stabilita učenia

Simulácie potvrdili, že algoritmus vykazuje vysokú mieru konvergencie. Vďaka online učeniu sa engine dokázal adaptovať na náhodne generované špičky (napr. simulované dopravné nehody alebo náhle nárasty dopravy v náhodných smeroch) do 3 až 5 cyklov zmeny svetelnej signalizácie.

4. Krízové scenáre a bezpečnosť

Systém bol podrobený stresovým testom odolnosti voči výpadkom senzoričných dát:

- Fail-safe mechanizmus: Pri vstupe chybných alebo nekompletných dát sa systém automaticky prepína na certifikovaný fixný plán.
- Prioritizácia IZS: Modul prioritného prejazdu je nadradený AI enginu, čo zaručuje bezpečnosť kritických zložiek.

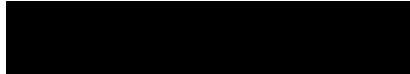
5. Záver a ďalší postup

Výsledky zo simulačných modelov jednoznačne potvrdzujú technologickú prevahu adaptívneho riadenia nad fixnými systémami. Stochastické testy preukázali, že model je pripravený na nasadenie v reálnej mestskej infraštruktúre bez rizika destabilizácie dopravy.



Štúrova 11, 811 02 Bratislava
IČO: 50482831, DIČ: 2120349000
synaptiqsro@gmail.sk | +421 948 123 456

V Bratislave dňa 24.03.2026



SynaptIQ s.r.o.
Marek Žilinský – konateľ spoločnosti