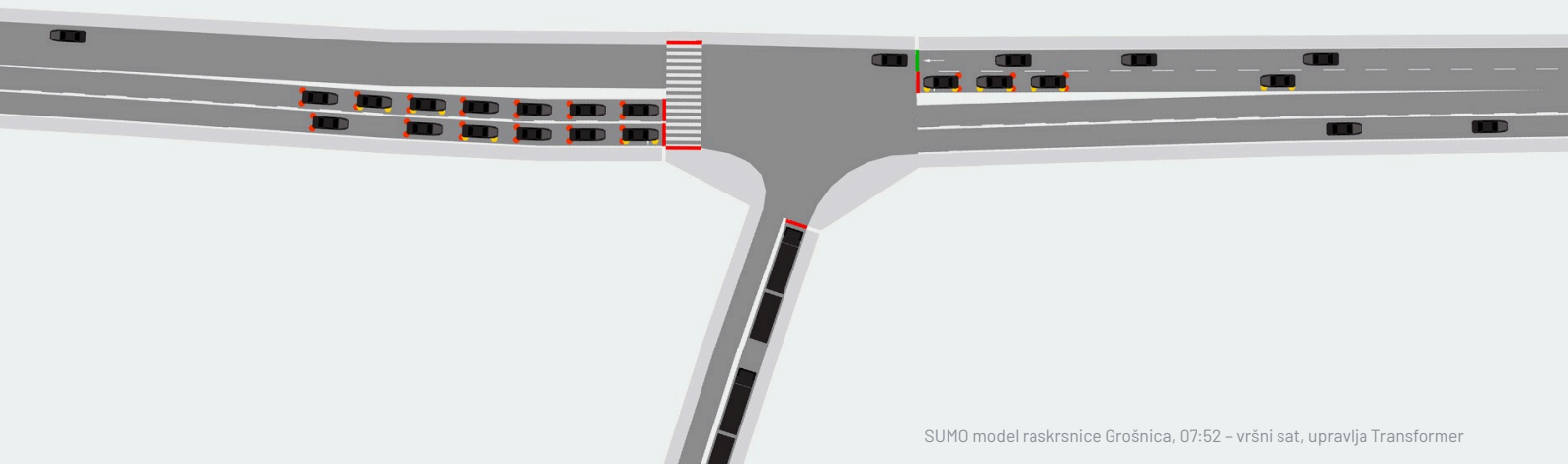


UPRAVLJANJE RASKRSNICOM METODAMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

SEMAFOR KOJI UČI SAM – TRANSFORMER I UČENJE PODSTICANJEM



SUMO model raskrsnice Grošnica, 07:52 – vršni sat, upravlja Transformer

Metode

FUZZY

Poredi broj vozila u trakama aktivnih i konfliktnih faza. Na osnovu 25 zadatih pravila odlučuje **produži trenutnu** ili **pređi na sledeću fazu**.

U svakom satu **5–8 %** manji gubici od algoritma

TRANSFORMER

Specijalna arhitektura neuronske mreže. Svake sekunde analizira stanje svih traka i odlučuje: produži ili prekini trenutnu fazu. Automatski se obučava unutar simulacije

Danju **7–12 %** manji gubici od algoritma



Uči sam,
u simulaciji



Svake sekunde:
produži ili prekini fazu



Bezbednost
definisana signalnim
planom



0,23 ms na
ARM Cortex-A72



Nova raskrsnica –
isti sistem

veštačka inteligencija

Kada preći na sledeću fazu?

FUZZY – 25 pravila piše inženjer

TRENTUTNA \ SLEDEĆA	prazno	malo	srednje	dosta	puno
prazno	0,2	0,4	0,6	0,8	1
malo	0	0,2	0,4	0,6	0,8
srednje	0	0	0,2	0,4	0,6
dosta	0	0	0	0,2	0,4
puno	0	0	0	0	0,2

Ponderisani prosek > 0,55 → **pređi**

TRANSFORMER – pravila je naučio sam

TRENTUTNA \ SLEDEĆA	0	1	2	3	4+
0	0,36	0,71	0,90	0,94	0,95
1	0,08	0,22	0,25	0,37	0,55
2	0	0	0	0	0,26
3	0	0	0	0	0,25
4+	0	0	0	0,01	0,26

Težina prelaska > 0,5.

Sličan oblik – prelazi se kad mnogo vozila čeka, a malo ih je u aktivnoj fazi. Jednu mapu je definisao inženjer, a drugu je mreža **naučila sama**. Transformer ima različita pravila za svaku od faza.

REZULTATI U KALIBRISANIM SUMO MODELIMA

5 do 8 %

Manji vremenski gubici **Fuzzy** u odnosu na Algoritam na Grošnici, u svakom satu (23 do 52 % u odnosu na Fix LISA)

7 do 12 %

Manji vremenski gubici **Transformer** u odnosu na Algoritam danju na Grošnici (24 do 41 % u odnosu na Fix LISA)

0,23 ms

traje donošenje odluke Transformerom na procesoru ARM Cortex-A72 – na raspolaganju je cela sekunda

Grošnica, Kragujevac – zahtev i gubici

Fix LISA Algoritam Fuzzy Transformer

Zahtev [voz/h] V30 V10 V20

Vremenski gubici [s/voz], prosek 10 ponavljanja

trening

zahtev za učenje



07-08 h

jutarnji vršni sat



16-17 h

popodnevni vršni sat

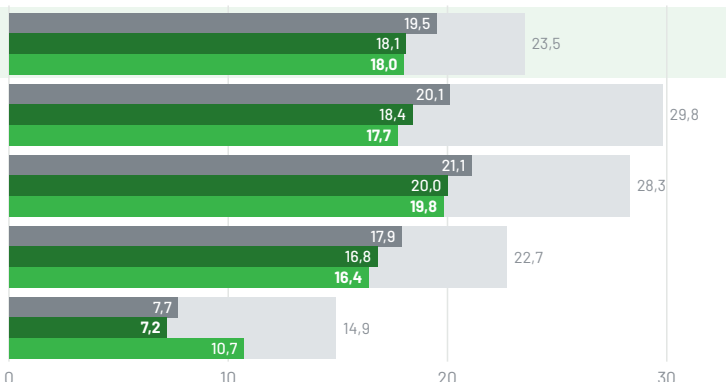


21-22 h

večernji vanvršni sat



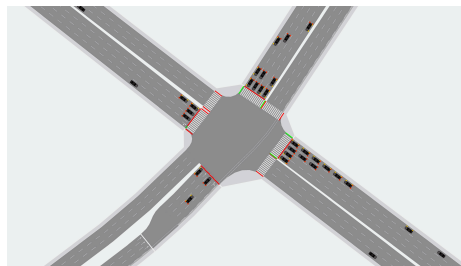
03-04 h (noć)



GENERALIZACIJA NA NOVE ZAHTEVE

Transformer je učio je isključivo na **trening zahtevu** (2 715 voz/h, obim se u svakoj epizodi slučajno menjao 0,05–2×). Najbolji je na tri realna sata, sa drugačijim obimom i drugačijom raspodelom po smerovima, koje **nikada nije video**. Na drugoj raskrsnici se trenirao na satima 08-09, 16-17 i 21-22, a najbolji je i u dva scenarija koja nisu bila deo treninga: noć i saturacija.

Bulevar Vudroa Vilsona, Nikolaja Kravcova, Beograd – druga raskrsnica [s/voz]



Transformer je obučen iznova, 24, umesto 8, ulaznih parametara umesto 8. Najbolji je noću (35 % u odnosu na Algoritam), u 16-17 h i u saturaciji (31 %). Fuzzy koristi ista pravila i prag kao na Grošnici, bez podešavanja – ostaje bolji od Algoritma u svakom satu.

03-04 h (noć)

123 voz/h

08-09 h

2 278 voz/h

16-17 h

3 260 voz/h

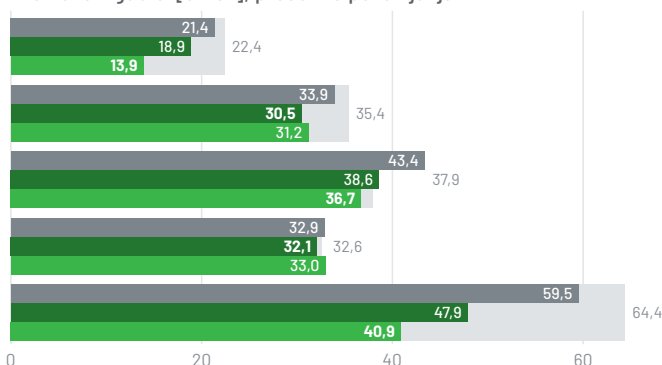
21-22 h

1 968 voz/h

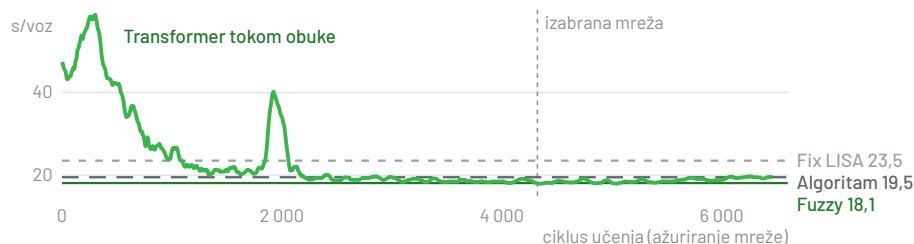
saturacija

4 043 voz/h

Vremenski gubici [s/voz], prosek 10 ponavljanja



Kako se uči



Učenje podsticanjem (PPO): $\approx 4\,300$ ciklusa učenja ~ 15 h autonomnog rada računara. Sistem bira samo **trenutak prelaska** iz faze u fazu

Potrebno: detektor na svakoj traci i dobar SUMO model.