



KIV/VSS

Diskrétní simulace

Martin Lácha
A21N0057P

02.05.2022

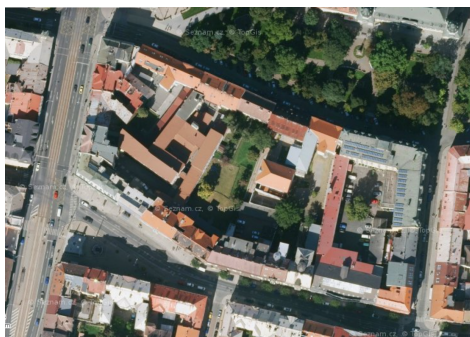
Obsah

Úvod	2
1 Simulace městské dopravy	2
2 Řešení	3
3 Technologie	3
Diskrétní simulace	4
4 Popis modelu	4
5 Zjednodušení modelu	5
6 Objekty simulace	5
6.1 Vozidlo	6
6.2 Semafor	6
7 Křižovatka	7
8 Parkování	7
9 Nedostatky modelu	8
10 Pozorované hodnoty	8
11 Test	9
11.1 První pokus	9
11.2 Druhý pokus	11
Shrnutí	13

Úvod

1 Simulace městské dopravy

Pro vypracování této semestrální práce jsem si vybral část městské dopravy v Plzni, kde bych rád simuloval dopravu a podélné a šikmé parkovací stání pro automobily. Tato část je každý den značně vytížena, jelikož se nachází v centru města na strategickém místě, proto mnoho lidí se snaží zaparkovat právě v těchto ulicích. Následující obrázek ukazuje část města Plzeň konkrétně část u divadla Josefa Kajetána Tyla v ulici Jungmannova a Smetanovy sady. Pro podélné parkování je nutné počítat s tím, že některá auta mají větší rozměry. Dále je důležité počítat s tím, že počet parkovacích míst je omezen. Pokud tedy řidič nenalezne volné parkovací místo, může znovu objet celý blok a zkusit se znovu nalést volné parkovací místo nebo jet do jiné části města. Dalším faktorem je čas který zaparkované auto na daném parkovacím místě, jelikož taková doba není téměř nikdy možná odhadnout proto bude náhodná v určitém rozmezí.



Obrázek 1: Satelitní obraz



Obrázek 2: Zeměpisný obraz

2 Řešení

Pro vytvoření popsané simulace jsem se rozhodl využít celulární automat. Jednotlivé buňky se budou měnit na základě předchozího stavu a dalších předem určených pravidel. Každá buňka v simulaci bude představovat jeden objekt ze skutečné situace např. automobil, část budovy, silnice, semafor a další. Simulace bude v některých ohledech zjednodušena z důvodu rozsahu celé semestrální práce.

3 Technologie

Pro implementaci této diskrétní simulace jsem zvolil jazyk C++ a pro zobrazení grafického rozhraní využiju knihovnu imgui a pro zobrazení grafů knihovnu implot. Pro překlad a sestavení projektu budou využity nástroje cmake a make. Postup sestavení a spuštění projektu bude popsáno v souboru **README.md**, jak pro operační systém Linux a Windows.

Diskrétní simulace

Celá simulace bude navržena jako celulární automat. Simulace se bude posouvat v konstatních krocích a jelikož se jedná o simulaci dopravy bude vhodné použít dvourozměrný prostor, který bude rozdělen na buňky. Každá buňka bude mít v každém okamžiku simulace, definovaný vnitřní stav. Změna stavu buněk v čase se bude měnit podle pevných pravidel. Některé buňky nebudou měnit vnitřní stav, protože by to v této simulaci nedávalo smysl jako je např. budova, chodník, trávník aj. Nový stav buňky bude záviset na stavu a na okolních buňkách z předchozí iterace.

4 Popis modelu

Jako model byl použit Nagel-Schreckenbergův model, který se zaměřuje na studium dopravních zácp a vzniku kolon na silnicích. Základní myšlenkou modelu je, že vlivem interakcí mezi jednotlivými vozidly v dopravě může dojít ke vzniku kolon a zácp. Tento model v základním tvaru pracuje na základě následujících pravidel:

- Rychlost vozidla je omezena na maximální povolenou rychlost.
- Pokud je před vozidlem volné místo, zvýší vozidlo svou rychlost.
- Pokud je před vozidlem vozidlo blíže než jeho aktuální rychlost, sníží vozidlo svou rychlost a drží bezpečnou vzdálenost.
- Existuje pravděpodobnost, že vozidlo zpomalí nebo zastaví úplně, i když by mohlo pokračovat dále.

Díky těmto pravidlům mohou nastat zajímavé situace jako je např. vytvoření hustých kolon, protože vozidla musí zastavit jako reakce na zpomalení/zastavení auta před ním a to může vést ke zpomalení dopravy a dokonce k zácpě.

5 Zjednodušení modelu

Pro zjednodušení v simulaci nebudu vytvářet na komunikaci více silničních pruhů v jednom směru, ale bude vytvořen pouze jeden. Dále nebudu v simulaci vytvářet některé komunikace, které na výstup nebudou mít vliv viz. následující obrázek. Co nejvíce parametrů bude konfigurovatelných v samotném GUI (pravděpodobnost generování nového auta, počet pokusů na zaparkování nebo například doba, kterou auto stráví na pakovacím místě).



6 Objekty simulace

V simulaci jsou jednotlivé objekty odlišné pouze barvou:

- **Žlutá** - budova
- **Černá** - vypnutý semafor
- **Zelená** - semafor umožňuje průjezd křižovatkou
- **Červená** - semafor ukazuje Stop vozidlům
- **Tmavě šedá** - silniční komunikace
- **Světle šedá** - chodník
- **Modrá** - část vozidla

- Zelená - park

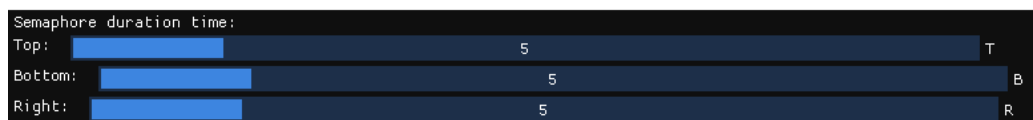


6.1 Vozidlo

Vozidla jsou možné generovat ze 3 různých směrů (v simulaci označeno Top, Bottom, Right). a je možné je generovat s určitou intenzitou, která lze nastavit v uživatelském rozhraní (Traffic intensity). V simulaci existují 3 různé typy vozidel (motorka, automobil, dodávka), které se od sebe pouze liší délkou. Dodávky akorát navíc nemohou parkovat na šikmém parkovišti. Všechny automobily se budou pohybovat stejnou rychlostí.

6.2 Semafor

Semafor je v simulaci ve všech křižovatkách a řídí tak dopravu. Každý semafor bude obsahovat pouze dva stavy, které se budou v čase měnit. Délka trvání jednotlivých stavů bude konfigurovatelná v uživatelském rozhraní.



Obrázek 3: Konfigurace semaforu

7 Křižovatka

Každá křižovatka bude představovat frontu vozidel. Při stavu semaforu se signálem s červeným světlem se bude fronta nad daným semaforem plnit a při signálu se zeleným světlem se bude fronta aut uvolňovat. Fronty by mohli být teoreticky nekonečné, ale v dané simulaci budou omezeny.

8 Parkování

Některá auta simulace mohou jet zaparkovat na parkoviště které je v simulaci označené modrou barvou a pokud bude parkovací místo volné a navíc bude počet volných buněk dostatečně velké aby se tam dané vozidlo vešlo, pak vozidlo zaparkuje a zde bude stát určitý čas. Po uplynutí tohoto času, pokud to bude možné tak vozidlo opustí parkovací místo a bude pokračovat v jízdě. Pokud nenalezne žádné parkovací místo, může se rozhodnout objet celý blok a pokusit se znovu najít volné parkovací místo, ale s každým pokusem se sníží pravděpodobnost, že to bude chtít vozidlo zkusit znovu, jelikož by tam mohlo kroužit donekonečna a proto po určitém pokusu zaparkovat raději opustí simulaci. V konfiguraci je možné nastavit k parkování následující hodnoty:

- **Probability park** - vygenerování náhodného počátečního stavu zaplnění parkoviště
- **Save** - uloží současný stav simulace (simulace musí být zastavena)
- **Load** -
- **Percentage of occupied parking spots** - procento zaplnění parkovacích míst před začátkem simulace
- **Probability park** - pravděpodobnost auta parkovat (před vytvořením auta)
- **Park in Jungman street** - pravděpodobnost že bude parkovat ve Jungmanově ulici
- **Park in Smetanova street** - pravděpodobnost že bude parkovat ve Smetanově ulici
- **Minimum park time** - minimální počet iterací parkování
- **Maximum park time** - maximální počet iterací parkování

9 Nedostatky modelu

Prvním z nedostatků simulace je aktualizace jednotlivých vozidel simulace, jelikož jsou aktualizované podle listu v programu tak jak byla vytvořena. To může znamenat problém v situaci, kdy se vozidlu nepovede zaparkovat a pokusil by se o to znovu, ale nejdříve by se zařadil do fronty na semaforu. Jelikož bylo toto auto vytvořeno dříve než ostatní pak se bude stav aktualizovat jako první a jelikož stojí ve frontě pak bude muset čekat minimálně jednu iteraci. Problém by se dal vyřešit vytvořením více seznamů pro jednotlivé semaforey, které by se plnily podle toho jak vy vozidla přijížděla. Tento problém není jen na křižovatkách, ale může nastat i na komunikaci. Zde by se tento jev dal považovat jako jaká si reakční doba řidiče, jelikož v reálném případě by se řidič ve většině případů, nesnažil být v těsné blízkosti auta před ním, ale vytvořil by mezeru pro případ rychlé reakce zastavení předchozího auta.

Dalším problémem simulace je rychlost automobilů, jelikož v simulaci se pohybují všechna auta stejnou rychlostí, což neodpovídá reálnému stavu. Z tohoto důvodu je tedy možné že jednotlivá vozidla mají normální rychlost, což ve městě je 50 km/h. Pokud stojí ve frontě na semaforu je pravděpodobné, že to bude poloviční z důvodu problému aktualizace vozidel viz. předchozí nedostatek, a nebo se nebudou pohybovat, protože stojí ve frontě na semaforu označující zastavení aut. Tento problém by se mohl dále vyřešit spočítáním průměrné vzdálenosti, kterou může vozidlo ujet za jednotku času.

10 Pozorované hodnoty

Při běhu simulace jsou celou dobu pozorovány následující hodnoty. Dále je v grafu pozorován počet jednotlivých typů vozidel v simulaci. Tyto informace jsou sbírány po celou dobu simulace a uživatel je může dále interpretovat.

- **Iteration** - současná iterace simulace
- **Current amount of vehicles** - počty jednotlivých typů vozidel v simulaci
- **Vehicle parked succesfully** - počet úspěšně zaparkovaných vozidel
- **Vans parked** - suma zaparkovaných dodávek
- **Cars parked** - suma zaparkovaných aut
- **Motorbike parked** - suma zaparkovaných motocyklů

- **Vehicle park attempts** - statistika vozidel podle počtů pokusů než úspěšně zaparkovala
- **Vehicle type cant parked** - počet aut které nakonec nedokázali zaparkovat a rozdělení podle typu aut

11 Test

Ve vytvořené simulační aplikaci byl proveden pokus. Jedná se o získání statistických dat o úspěšném a neúspěšném parkování jednotlivých vozidel při různé intenzitě provozu. Jako počáteční stav byla zaplněna parkovací místa vozidly, které tam např. mohli zůstat přes noc. Je potřeba doplnit že simulace se dá velmi rychle zahltit a tvořit se velké fronty na jednotlivých semaforech.

11.1 První pokus



Obrázek 4: Výchozí stav konfigurace simulace

```

Stats
Iteration 2161:
Current amount of vehicles:
Vans: 7
Cars: 66
Motorbikes: 26

Vehicle type parked succesfully: 95
Vans parked: 4
Cars parked: 70
Motorbikes parked: 21
Vehicle park attempts:
1. attempt: 359
2. attempt: 4
3. attempt: 2
4. attempt: 1
5. attempt: 0
6. attempt: 0
Vehicle type cant parked: 5
Vans: 4
Cars: 1
Motorbikes: 0

```

Obrázek 5: Nižší intenzita provozu

```

Stats
Iteration 4604:
Current amount of vehicles:
Vans: 16
Cars: 114
Motorbikes: 50

Vehicle type parked succesfully: 179
Vans parked: 8
Cars parked: 125
Motorbikes parked: 46
Vehicle park attempts:
1. attempt: 786
2. attempt: 11
3. attempt: 7
4. attempt: 2
5. attempt: 1
6. attempt: 1
Vehicle type cant parked: 17
Vans: 14
Cars: 3
Motorbikes: 0

```

Obrázek 6: Vyšší intenzita provozu

Jak je z předchozích obrázků vidět tak při mírném zvýšení intenzity provozu z 10% na 15% auta mají nižší pravděpodobnost, že úspěšně zaparkují na první pokus.

11.2 Druhý pokus

Setup

Start

Pause

Stop & Reset

Time gap between iterations (ms):

10

Semaphore duration time:

Top:

5

T

Bottom:

5

B

Right:

5

R

Traffic intensity:

Top:

0.100

Bottom:

0.100

Right:

0.100

Probability create vehicle:

Motorbike:

0.200

Car:

0.650

Van:

0.150

Probability parking vehicle:

Generate vehicles in park places

Save

Load

Percentage of occupied parking spots:

1.000

Probability park:

0.200

Park in Jungmann street:

0.300

Park in Smetanova street:

0.700

Minimum park time:

999

Maximum park time:

2000

Obrázek 7: Výchozí stav konfigurace simulace

11

```
Stats
Iteration 2130:
Current amount of vehicles:
Vans: 14
Cars: 85
Motorbikes: 32

Vehicle type parked succesfully: 61
Vans parked: 5
Cars parked: 44
Motorbikes parked: 12
Vehicle park attempts:
1. attempt: 279
2. attempt: 6
3. attempt: 4
4. attempt: 3
5. attempt: 1
6. attempt: 0
Vehicle type cant parked: 14
Vans: 8
Cars: 5
Motorbikes: 1
```

Obrázek 8: Nižší intenzita provozu

```
Stats
Iteration 3180:
Current amount of vehicles:
Vans: 14
Cars: 113
Motorbikes: 37

Vehicle type parked succesfully: 19
Vans parked: 3
Cars parked: 12
Motorbikes parked: 3
Vehicle park attempts:
1. attempt: 305
2. attempt: 14
3. attempt: 20
4. attempt: 22
5. attempt: 3
6. attempt: 1
Vehicle type cant parked: 60
Vans: 7
Cars: 46
Motorbikes: 7
```

Obrázek 9: Vyšší intenzita provozu

I u druhého testování simulace při různé intenzitě provozu jsou pozorovány narůstající pokusy o úspěšné zaparkování. Dále také roste množství vozidel, které nakonec ani po více pokusech nezaparkovala.

Shrnutí

Jako semestrální práce byla vytvořena simulace představující část městské dopravy v centru města Plzeň, která simuluje reálný provoz s možností zaparkování nedaleko centra, což se jedná jako velmi strategické a často frekventované místo pro parkování. Běžící simulaci je možné pomocí parametrů v uživatelském rozhraní měnit a tím získat různé pohledy na situace které mohou nastat. Celá simulace je zjednodušená a nenabízí tak úplně přesnou simulaci jako v reálných situacích. Při celém běhu simulace jsou sbírány informace o průběhu, které uživatel může následně dále interpretovat např. kolik pokusů je potřeba pro úspěšné zaparkování při vysoké frekvenci provozu.

Odkazy

imgui (knihovna pro grafické rozhraní) - <https://github.com/ocornut/imgui>
implot (knihovna pro zobrazení grafů) - <https://github.com/ocornut/implot>
CMake (nástroj pro překlad a sestavení) - <https://cmake.org/>
Make (Win) - <https://gnuwin32.sourceforge.net/packages/make.htm>
Simulation Models - <https://cloud.anylogic.com/models?public=true>