

# Žilinská Univerzita

Fakulta Riadenia a Informatiky



## Diskrétna simulácia

### Semestrálna práca č.3

### Odvoz cestujúcich na zápas

Vypracoval: **Martin Olešnaník**

Študijná skupina: **5ZSA13** Akademický rok: **2014/2015**

Praktické spracovanie: <http://github.com/nixone/ds-sem>

# Úvod

Zadaním tejto semestrálnej práce bolo vytvoriť simulačný program pre zvoz ľudí na hokejový štadión pred zápasom a na základe tohto programu vytvoriť simulačnú štúdiu, na základe ktorej odporúčime stratégiu zvozu dopravcov. Špecifikácia zadania sa nachádza v priloženom dokumente zadanie.pdf.

## Požadovaný výstup

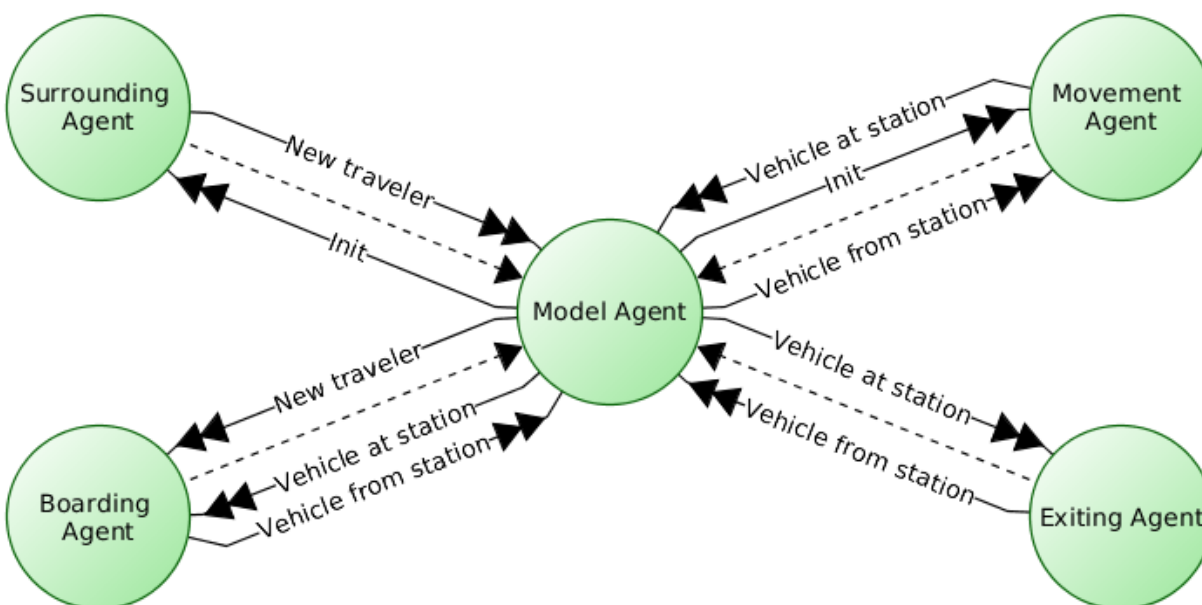
Dopravcovi máme poskytnúť:

- Voľbu stratégie, a to, či jeho vozidlá (autobusy) majú na zastávkach po nastúpení všetkých ľudí (pokiaľ ešte ostáva miesto) čakať na ďalších prichádzajúcich, alebo okamžite odchádzajú.
- Počty jednotlivých autobusov prevádzkovaných na jednotlivých linkách.

## Vypracovanie

### Agentový diagram

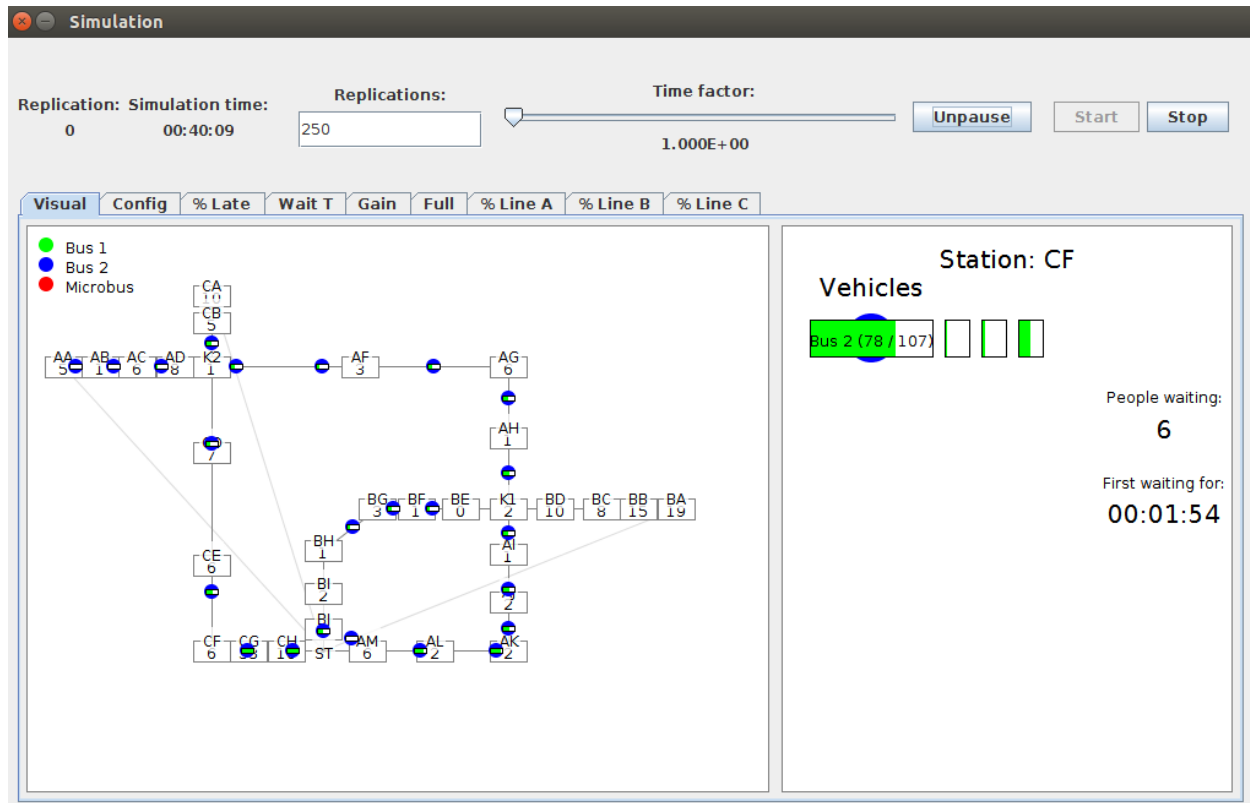
Nakoľko sme používali agentovo orientovanú simuláciu, pre jednoduchosť zostavovania programu sme vytvorili agentový diagram.



- **Model Agent** - Agent zodpovedný za sprostredkovávanie komunikácie medzi ostatnými agentami
- **Surrounding Agent** - Agent okolia zodpovedný za príchody ľudí na zastávky
- **Movement Agent** - Agent zodpovedný za výpravu a pohyb vozidiel medzi jednotlivými zastávkami
- **Boarding Agent** - Agent zodpovedný za správu nástupu ľudí do vozidiel
- **Exiting Agent** - Agent zodpovedný za správu výstupu ľudí z vozidiel

## Animátor

Súčasťou zostaveného programu je takisto animátor, pomocou ktorého môže zákazník podrobne sledovať priebeh celej simulácie.



Po kliknutí na jednotlivé zastávky je možné zobrazit' detail nastupovania ľudí do konkrétnych autobusov na zastávkach.

## Vlastné štatistiky

Jednou z úloh semestrálnej práce bolo navrhnuť a vyhodnotiť vlastné štatistiky. My sme navrhli tieto:

- **Plnosť autobusu** - Popisuje percentuálne zaplnenie autobusu pri príchode na štadión. Táto štatistika sa ukázala počas experimentovania ako vhodná na ich intuitívne usmerňovanie.
- **Podiel zmeškania na konkrétnych linkách** - Pre každú linku popisuje percenuálny podiel ľudí, ktorí z tej linky nestihli zápas. Numerické výsledky tejto štatistiky sú iba odhadové a popisné, nakoľko sa linky križujú a nie je jasné, ku ktorej linke započítať cestujúcich, ktorí prídu na zastávky, kde sa križuje viacero liniek. Tieto štatistiky sa však ukázali ako najprospešnejšie, nakoľko jasne udali, na ktorej linke je potrebné experimentovať s výpravou autobusov, nakoľko bolo jasné, ktorá linka zhoršuje celkové štatistiky.

# Simulačná štúdia

Pri vypracovaní neboli poskytnuté presné špecifikácie niektorých častí systému, a teda sme mali postupovať pri vypracovávaní logicky, urobiť vlastné ale podložené rozhodnutia.

## 1. Je výhodné používať iba autobus č. 2

Jedným z takýchto rozhodnutí je ignorácia prvého typu autobusu. Je úplne zbytočné, aby sme čo i len zvažovali použitie autobusu č. 1 na zvoz ľudí. Nakoľko je možné na zastávke obsluhovať súčasne viacero autobusov, a všetky autobusy majú rovnakú rýchlosť, nastupovanie a vystupovanie, môžeme použitie dvoch autobusov č. 2 porovnať s jedným autobusom č. 1. V takomto prípade prídeme k záveru, že v každom prípade bude pre nás výhodnejšie využiť služby dvoch autobusov č. 2 ako jedného č. 1. Aj cenovo je takéto riešenie priateľnejšie. Je teda zrejmé, že autobus č. 1 nemusíme v riešení ani zvažovať.

## 2. Skúška kumulatívnej predpovede

Veľmi dôležitým rozhodnutím pri vypravovaní autobusov je časové oneskorenie jednotlivých autobusov na danej linke.

Úvaha: Nakoľko máme veľmi podrobné informácie o príchodoch ľudí na zastávky, je vcelku jednoduché zostaviť tzv. kumulatívnu predpoveď počtu ľudí na zastávke pre čas, ktorý ešte nenastal. Toto je funkcia pre danú linku, ktorá nám pre určitý čas vráti predpoveď počtu ľudí, ktorí sa tam v tomto čase budú nachádzať, ak ich nikto nevyzdvihne. Nakoľko presne vieme, aký čas nám trvá dostať sa na zastávku, a koľko tam v tom čase bude ľudí, je veľmi jednoduché následne zostaviť sekvenciu výprav autobusov tak, aby sme maximalizovali využitie autobusov ale minimalizovali čakanie ľudí na zastávkach.

## 3. Stratégia bez čakania

Pri všetkých experimentoch boli dáta získané z 250 replikácií simulácie.

### Experiment bez čakania č. 1

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	15	6	6
Výprava	cumulative:15	cumulative:6	cumulative:6

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
7.73%	8m 08s	97.95%

Riešenie kumulatívnej predpovede takmer okamžite prinieslo dobrý výsledok, ale za použitia príliš veľkého počtu autobusov a vidíme priestor na zlepšenie.

### Experiment bez čakania č. 2

Ako základné riešenie sa snažíme použiť riešenie čo najbližšie tomu navrhnutému z kroku 2., avšak použitím rovnakých rozstupov odchodov autobusov.

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	15	6	6
Výprava	static:3 3 15	static:19 5 6	static:13 5 6

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
8.88%	8m 03s	96.41%

Po tomto experimente sme sa priblížili hranici splniteľnosti modelu za podobnej výpravy autobusov, ako nám bola odporúčaná pomocou kumulatívnej predpovede.

### Experiment bez čakania č. 3

Po experimentovaní zisťujeme, že sa nám oplatí meniť hlavne výpravy linky B, nakoľko akékoľvek úpravy na ostatných linkách nám zhoršujú štatistiky a zároveň vidíme, že podiel nedopravených ľudí na štadión je z linky B najväčší.

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	15	6	6
Výprava	static:3 3 15	static:11 3 6	static:13 5 6

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
6.44%	9m 26s	89.83%

Vidíme, že pri použití rovnakého počtu autobusov na jednotlivých linkách sme zmenou ich výpravy síce zvýšili priemerný čas čakania cestujúcich na autobus, ale ušetrili sme podiel ľudí, ktorí sa na zápas nedostavia.

### Experiment bez čakania č. 4

Keďže akékoľvek experimentovanie s výpravou autobusov už neprinášalo priaznivejšie výsledky, skúšali sme redukovať počet autobusov na jednotlivých linkách. Jediná linka, ktorá nám pri dodržaní požiadaviek takúto redukciu povolila, bola linka A, kde sme boli schopní odobrať jeden autobus.

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	14	6	6
Výprava	static:3 3 14	static:11 3 6	static:13 5 6

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
7.95%	9m 58s	90.49%

Akýmkoľvek ďalším experimentovaním sme dosahovali horšie výsledky a nesplnili sme požiadavky na kvalitu prevozu cestujúcich, preto výsledky experimentu č. 4 považujeme za finálne pre stratégiu bez čakania a cena takéhoto riešenia je stanovená na 167 700 000 Kč.

#### 4. Stratégia s čakaním

Pri všetkých experimentoch boli dáta získané z 250 replikácií simulácie.

Pri stratégii s čakaním znova začíname riešením, ktoré nám je odporučené použitím výprav kumulatívnej predpovede.

##### Experiment s čakaním č. 1

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	19	10	10
Výprava	cumulative:19	cumulative:10	cumulative:10

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
7.88%	3m 25s	94.69%

Ako vidíme, takéto riešenie spĺňa požadované kritéria, ale používa veľké množstvo autobusov. Preto, takisto ako pri stratégii bez čakania, skúsime experimentovať s výpravou autobusov.

##### Experiment s čakaním č. 2

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	19	10	10
Výprava	static:0 3 19	static:10 5 10	static:7 5 10

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
7.84%	5m 6s	95.04%

### Experiment s čakaním č. 3

Ako sme mohli pomocou animátora vidieť, najväčšie problémy s dopravou cestujúcich vznikali na linke B, teda sme s ňou experimentovali, až kým sme neprišli ku lepšiemu riešeniu:

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	19	10	10
Výprava	static:0 3 19	static:5.25 6.75 10	static:7 5 10

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
5.6%	5m 8s	97.32%

### Experiment s čakaním č. 4

Experimentovaním s výpravou linky A sme dospeli ku:

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	18	10	10
Výprava	static:0 2.5 18	static:5.25 6.75 10	static:7 5 10

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
6.27%	4m 37s	95.9%

### Experiment s čakaním č. 5

Experimentovaním s výpravou linky C sme dospeli ku:

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	18	10	8
Výprava	static:0 2.5 18	static:5.25 6.75 10	static:6.5 5.6 8

% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie	Plnosť autobusov
7.86%	5m 22s	97.59%

Výsledky tohto experimentu považujeme za finálne pre túto stratégiu, nakoľko akýmkoľvek experimentom s výpravou autobusov sme nevedeli nájsť lepšie riešenie, ktoré by akokoľvek ponúkalo možnosť zlepšenia ceny riešenia. Cena tohto riešenia je 232 200 000 Kč.

## Výsledky experimentov a stratégie

Dopravnému podniku ponúkame tieto výsledky experimentov:

Stratégia	Použité autobusy č. 2	% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na autobus	Cena riešenia
Bez čakania	26	7.95%	9m 58s	167 700 000 Kč
S čakaním	36	7.86%	5m 22s	232 200 000 Kč

Dopravnému podniku teda ponúkame stratégiu bez čakania pri použití 26 autobusov pri cene 167 700 000 Kč.

## 5. Kedy vypraviť mikrobuses súkromného dopravcu?

Úvaha: Výprava mikrobusev dáva zmysel, ak sa vyskytuje časový priestor na zastávkach, počas ktorého nie sú pokryté normálnou dopravou, a musí sa čakať na "druhú otočku" autobusov. Počas normálneho vypravovania autobusov sú tieto vypravované tak, aby sa snažili pokryť potreby všetkých potencionálnych cestujúcich a preto nenehávajú priestor na vypravenie mikrobusev.

Mikrobuses teda vypravujeme po skončení "prvej vlny" vypravených autobusov, a to tak, aby boli všetci cestujúci, ktorým sa mikrobuses ponúknu, ochotní nimi cestovať.

### Experiment č. 1

Linka A	Linka B	Linka C	Zisk
static:53 0.1 13	-	-	3120 Kč

Počas experimentovania sme zistili, že vypravovať mikrobuses priskoro nemá zmysel, nakoľko nie sú do nich ochotní cestujúci nastupovať. Naša úvaha sa aspoň podľa našich experimentov javí ako správna. Pri vypravení v časovej bubline medzi prvými vlnami autobusov však nemajú mikrobuses dosť času na druhé kolo zbierania cestujúcich a preto je cena 3120 Kč maximum, ktoré môžu vyzbierať (30 Kč x 13 mikrobusev x 8 ľudí = 3120 Kč).



Výsledkom nášho experimentu je teda rada súkromnému dopravcovi, ktorá bude znieť:  
**Vypravte všetkých 13 mikrobusev na linku A, takmer po sebe v 53 minúte.**

## 6. Vyhodnotenie zmien štatistík pri výprave súkromného dopravcu

Môžeme vidieť, že pri výprave mikrobusev súkromného dopravcu sa nám mení stav systému vzhľadom na požiadavky, a obecné sú cestovatelia spokojnejší, nakoľko sú dopravení na zápas s väčšou pravdepodobnosťou a takisto čakať na odvoz nemusia priemerne tak dlho.

Varianta	% ľudí, ktorí nestihli zápas	Čas čakania na odvezenie
Bez súkromného dopravcu	7.95%	9m 58s
So súkromným dopravcom	6.58%	9m 41s

## Záver

### Odporúčanie dopravnému podniku

Na základe simulačnej štúdie **bolo dopravnému podniku odporúčené zvoliť stratégiu zvozu cestujúcich bez čakania pri použití 26 autobusov typu č. 2:**

Vozidlo	Linka A	Linka B	Linka C
Autobus č. 2 x	14	6	6
Výprava	static:3 3 14	static:11 3 6	static:13 5 6

**Cena tohto riešenia je 167 700 000 Kč.**

### Odporúčanie súkromnému dopravcovi

Na základe simulačnej štúdie **bolo odporúčené vypraviť všetkých 13 mikrobusev na linku A** v čase 53 minút. Takáto výprava mikrobusev mu zabezpečí najväčší zisk, vo výške 3120 Kč.

### Zmena systému pri výprave súkromného dopravcu

Ako sme zo simulačnej štúdie videli, **použitie mikrobusev pri zvoze na zápas bolo priaznivé pre cestujúcich**, nakoľko väčšie množstvo z nich sa dokázalo dostať na zápas včas a takisto nemuseli čakať tak dlho, ako pri variante bez výpravy mikrobusev.