

## Semestrálna práca S3

**Maximálny možný počet získaných bodov: 60 (z toho 15 za kontrolu rozpracovania)**

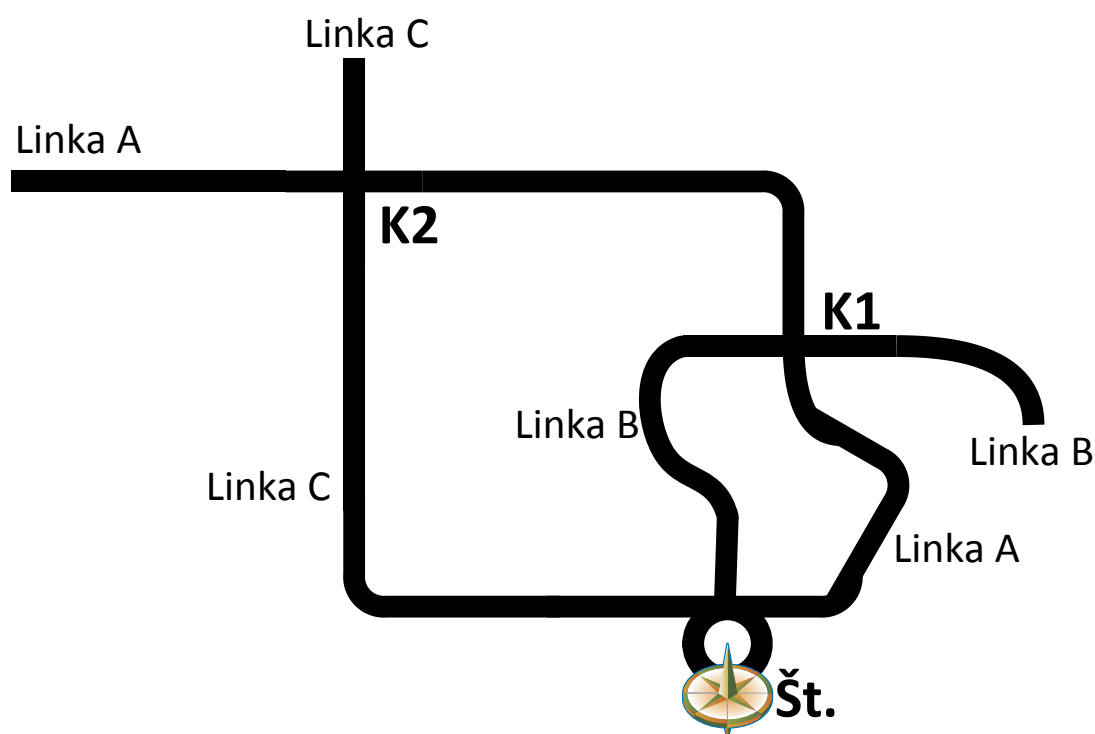
**Termín kontroly rozpracovania: 10 týždeň semestra**

**Termín na odovzdanie bez straty bodov: 12 týždeň semestra**

V súvislosti s blížiacim sa termínom majstrovstiev sveta v hokeji 2015 je pre usporiadateľa potrebné vypracovať simulačnú štúdiu dopravy divákov hromadnou dopravou k hokejovému štadiónu v Prahe. Vami vypracovaná štúdia odporučí vhodný variant prevádzky autobusov dopravného podniku a následne odporučí vhodný variant nasadenia mikrobusev súkromného prepravcu. Vypracovaný simulačný model tak bude modelovať kompletne celý zvoz fanúšikov na hokejový zápas.

K štadiónu budú chodiť tri autobusové linky. Tieto špeciálne linky budú určené výlučne pre divákov, nebude sa na nich platiť štandardné cestovné. Vstupenka na nadchádzajúci zápas slúži ako cestovný lístok. V tabuľke sú uvedené jednotlivé zastávky, časy medzi nimi a predpokladané odhadované počty ľudí, ktoré je potrebné prepraviť na zápas (viac ľudí na zastávku v modeli nikdy nepríde, menej môže). Napr. autobus na linke A ide medzi prvou a druhou zastávkou 3,2 minúty. Zo zastávky 1 bude potrebné prepraviť 123 cestujúcich. Predpokladá sa, že daný počet cestujúcich bude potrebné prepraviť v priebehu približne 65 minút pred zápasom a príchody cestujúcich na zastávky tvoria Poissonovský prúd. Predpokladáme, že ľudia začnú prichádzať na zastávku v dostatočnom predstihu tak, aby linka, ktorou chcú cestovať prišla k štadiónu ešte pred zápasom (cestujúci nepríde na zastávku  $Z$  skôr ako  $75 + T$  minút pred začiatkom zápasu, pričom  $T$  je čas jazdy autobusu zo zastávky  $Z$  až k štadiónu (označenie **Št.**), cestujúci nepríde na zastávku  $Z$  neskôr ako  $10 + T$  minút pred začiatkom zápasu, pričom  $T$  je čas jazdy autobusu zo zastávky  $Z$  až k štadiónu). Na zastávkach označených K1 a K2 sa linky križujú.

**Schematický náčrt liniek:**



**Dopravný podnik môže nakúpiť nasledujúce autobusy:**

Autobus	Kapacita [osôb]	Cena [Kč]	Počet dverí
1	186	17 780 000	4
2	107	6 450 000	3

### Linka A

Zastávka	Doba jazdy [min]	Počet cestujúcich
AA	3,2	123
AB	2,3	92
AC	2,1	241
AD	1,2	123
<b>K2</b>	5,4	135
AF	2,9	215
AG	3,4	245
AH	1,8	137
<b>K1</b>	4,0	246
AI	1,6	132
AJ	4,6	164
AK	3,4	124
AL	1,2	213
AM	0,9	185
<b>Št.</b>		

### Linka B

Zastávka	Doba jazdy [min]	Počet cestujúcich
BA	1,2	79
BB	2,3	69
BC	3,2	43
BD	4,3	127
<b>K1</b>	1,2	246
BE	2,7	30
BF	3	69
BG	4,3	162
BH	0,5	90
BI	2,7	148
BJ	1,3	171
<b>Št.</b>		

**Linka C**

Zastávka	Doba jazdy [min]	Počet cestujúcich
CA	0,6	240
CB	2,3	310
<b>K2</b>	4,1	135
CD	2,3	131
CE	7,1	190
CF	4,8	132
CG	3,7	128
CH	7,2	70
<b>Št.</b>		

Presun autobusu od štadiónu na prvú zastávku trvá autobusu na linke A 15 minút, na linke B 30 minút a na linke C 17 minút.

Pre modelovanie nástupu budeme predpokladať, že cestujúci nastupujú cez dvere po jednom. Nástup jedného cestujúceho do autobusu sa riadi trojuholníkovým rozdelením s parametrami  $\min = 0,6$  s,  $\max = 3,2$  s a  $\text{modus} = 1,2$  s. Nástup sa uskutočňuje všetkými dverami súčasne. Keď autobus príde na poslednú zastávku, uskutoční sa výstup všetkých cestujúcich, ktorý sa riadi rovnakými parametrami ako nástup. Kapacita autobusu nebude nikdy prekročená!

Dopravný podnik uvažuje nad dvomi spôsobmi prevádzky liniek:

- Autobus príde na zastávku, počká kým nastúpia všetci cestujúci (alebo sa naplní) a okamžite odchádza.
- Autobus čaká na zastávke kým nastúpia všetci cestujúci a následne čaká ešte 1,5 minúty na ďalších prichádzajúcich cestujúcich.

V oboch variantoch autobus po naplnení kapacity okamžite vyrazí na cestu a nezastavuje už na žiadnej zastávke. Variant spôsobu jazdy sa vždy aplikuje na všetky linky. Cieľom je stanoviť parametre systému (počet jednotlivých typov autobusov na jednotlivých linkách) tak, aby sa minimalizoval počet situácií, keď čakajúci fanúšikovia nemôžu nastúpiť do autobusu, pretože je obsadený. Ideálne by bolo, keby každý cestujúci vždy našiel voľné miesto. Dopravný podnik však vie, že takéto riešenie by bolo príliš nákladné, preto stanovil ako kritérium kvality poskytovanej prepravy priemerný čas čakania jedného cestujúceho na autobus, ktorý by nemal prekročiť hodnotu 10 minút. Taktiež sa požaduje, aby maximálne 8% ľudí bolo privezených k štadiónu po začiatku zápasu.

Konfigurácia je určená počtom jednotlivých typov autobusov na jednotlivých linkách. Úlohou simulačnej štúdie je po **dôkladnej** analýze a vykonaní simulačných experimentov stanoviť takú konfiguráciu prevádzky autobusov pre **každý** spomínaný variant prevádzky liniek, ktorá pri čo najnižších nákladoch (najnižšej obstarávacej cene autobusov) zabezpečí vysokú spokojnosť cestujúcich. Podrobne popíšte ako ste dospeli k vašej konfigurácii. Z oboch variantov následne vyberte ten, ktorý je ekonomicky výhodnejší.

Po vypracovaní návrhu pre dopravný podnik vypracujte štúdiu, ktorá bude modelovať aj prepravu zabezpečovanú súkromným prepravcom, na prepravu cestujúcich sa totiž pripravuje aj konkurencia. Menší dopravca sa rozhodol zaobstarať 13 starších mikrobusev. Každý mikrobús môže prepraviť maximálne 8 pasažierov. Vezmite do úvahy vami odporúčaný variant pre dopravný podnik a **porad'te podnikateľovi aký**

**počet mikrobusev má nasadiť na jednotlivé linky**, aby vybral na cestovnom čo najvyššiu sumu. Jedna cesta mikrobusem bude stáť 30 Kč bez ohľadu na to odkiaľ a kam sa cestuje. Mikrobuse bude na zvolenej linke jazdiť rovnako (má rovnaké jazdné časy) ako autobus. Nástup cestujúceho do mikrobuse môžeme modelovať pomocou rovnomerného spojitého rozdelenia na intervale  $<6, 10)$  sekúnd. Výstup z mikrobuse trvá cestujúcemu priemerne 4 sekundy. Keďže mikrobuse sú platené a zastarané, nie každý cestujúci je ochotný nimi hneď cestovať. Cestujúci čakajúci na zastávke nastúpi do mikrobuse len v prípade, že čaká na autobus už viac ako 6 minút. Po nastúpení všetkých cestujúcich, ktorí chceli nastúpiť, prípadne po naplnení kapacity mikrobuse ihneď odchádza.

Ako sa zníži priemerný čas čakania jedného cestujúceho na dopravný prostriedok (autobus, mikrobuse) ak bude zvoz ľudí zabezpečovať navyše aj súkromný prepravca? Ako sa v tomto prípade zníži percento ľudí privezených k štadiónu po začiatku zápasu?

Ak je dopravný prostriedok plný nezastavuje už na žiadnej zastávke. Do dopravného prostriedku nastupujú cestujúci v poradí v akom prišli na zastávku. Na zastávke môže stáť súčasne viacero dopravných prostriedkov a do všetkých môžu súčasne nastupovať ľudia.

Očakáva sa, že navrhnete a vyhodnotíte ďalšie štatistiky popisujúce modelovaný systém, pomocou ktorých budete schopní zodpovedne vyhodnotiť modelovaný systém. Pre štatistiky určite aj 90% interval spoľahlivosti. V dokumentácii tiež popíšte ako ste overili správnosť vášho riešenia, tak aby po jej prečítaní nebolo pochybností, že vaše výsledky sú správne.

Keďže sa o tento projekt uchádzajú viaceré firmy, usporiadateľ hokejového šampionátu sa rozhodol, že nebude poskytovať ďalšie informácie počas trvania projektu. V prípade nejasností však môžete urobiť **rozmerné a zdokumentované predpoklady**.

### Úloha:

Navrhnete a implementujete **agentovo orientovaný model**, ktorý bude modelovať všetky vyššie popísané vlastnosti reálneho systému a bude orientovaný na použitie pre hore uvedené ciele. Funkčnosť simulačného programu preukážte jednoduchým a prehľadným priebežným zobrazovaním situácie v systéme počas behu programu. Súčasťou dokumentácie riešenia je grafický návrh architektúry modelu.

**Pokiaľ sa rozhodnete využiť iné voľne dostupné simulačné jadro ako ABASim, je potrebné to pred začatím práce nahlásiť (na cvičení). Musí ísť o dobre odladené a voľne dostupné knižnice. Nezabudnite na všetky všeobecné požiadavky semestrálnych prác.**

### Pracujte každý samostatne!

Pre získanie **15 bodov** za kontrolu rozpracovania v desiatom týždni je potrebné: pripraviť kompletný agentovo orientovaný model, implementovať pohyb mikrobusev na jednotlivých linkách spolu s generovaním cestujúcich na nich. Nástup a výstup cestujúcich nemusí byť ešte modelovaný, ale bude možné sledovať v GUI pohyb jednotlivých mikrobusev (pohyb nie je potrebné animovať).