

Semestrálna práca S2

DISKRÉTNÁ SIMULÁCIA

JOZEF CHMELÁR

Obsah

Zadanie	2
Analýza problému.....	4
Návrh udalostí	4
Návrh programu	5
Konceptuálny model tried	6
Spôsob riešenia	7
Zahrievanie modelu.....	7
Chladenie modelu	7
Zber výsledkov.....	7
Analýza výsledkov.....	8
Závislosť priemerného stráveného času	9
Na počte mikrobusev	9
20 pracovníkov 5 až 15 mikrobusev	9
19 pracovníkov 3 až 10 mikrobusev	9
Na počte zamestnancov	10
5 mikrobusev a 22 až 30 zamestnancov.....	10
6 mikrobusev a 16 až 25 zamestnancov.....	10
6 mikrobusev a 10 až 19 zamestnancov.....	11

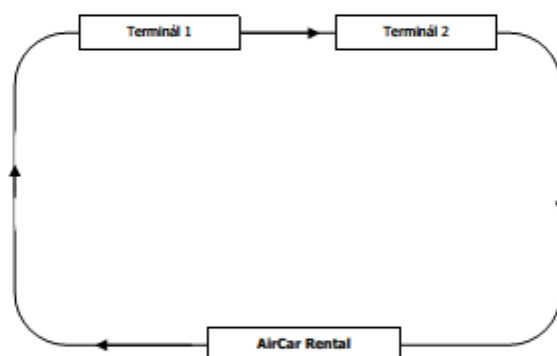
Semestrálna práca S2

Maximálny možný počet získaných bodov: 30

Termín na odovzdanie bez straty bodov: 7. týždeň semestra

Spoločnosť AirCar Rental prevádzkujúca požičovne automobilov sa rozhodla otvoriť novú pobočku pri stredne veľkom medzinárodnom letisku. Cieľom spoločnosti AirCar Rental je poskytovať zákazníkom lacné, no pritom kvalitné služby. Pri posudzovaní kvality je čoraz dôležitejším faktorom priemerný čas obsluhy zákazníka. Keďže spoločnosť patrí do kategórie lacných požičovní, jej prevádzky sú umiestnené mimo letiskových terminálov, čo však so sebou prináša problém prepravy zákazníkov k výdajným a zberným miestam. Zákazníci sú preto k týmto miestam transportovaní autobusmi. V simulačnej štúdii je potrebné modelovať iba terminály pre prilety (terminál 1 a 2) a zapožičanie auta zákazníkom.

Minibusy premávajú na okružnej trase podľa Obr.1. Prvou zastávkou je Terminál 1, kde nastúpia čakajúci cestujúci, minibus potom pokračuje k Terminálu 2, kde nastúpia (ak je voľné miesto) ďalší zákazníci. Minibus pokračuje k budove výdaja automobilov. Tu všetci cestujúci vystúpia a postavajú sa do jediného radu na požičanie automobilu. Ďalej minibus smeruje opäť k Terminálu 1 a celý cyklus sa opakuje.



Obr. 1.: Schéma trasy minibusu

V pobočke požičovne sa všetci cestujúci postavajú do jediného radu a postupne prístupujú k pracovníkom, kde prebehnú všetky potrebné úkony. Následne zákazník odchádza s kľúčmi od zapožičaného auta, avšak proces vyzdvihnutia už nie je potrebné modelovať.

Pre vypracovanie simulačnej štúdie sú k dispozícii nasledujúce informácie:

- Prúd zákazníkov prilietajúcich na terminál 1 je poissonovský prúd s intenzitou $z_1 = 43$ *zákazníkov za hodinu*.
- Prúd zákazníkov prilietajúcich na terminál 2 je poissonovský prúd s intenzitou $z_2 = 19$ *zákazníkov za hodinu*.
- Počet pracovníkov obsluhujúcich zákazníkov je premenná modelu.
- Počet zakúpených minibusov je premenná modelu.
- Do minibusu sa zmestí 12 cestujúcich.
- Cestujúci nastupujú do minibusu systémom FCFS (first-come, first-served).
- Cestujúci vystupujú z minibusu a radia sa do radu na zapožičanie automobilu systémom FCFS podľa časov príchodov k terminálom.

- Časová náročnosť základných operácií, ktoré je potrebné modelovať pomocou spojitého rovnomerného rozdelenia je nasledujúca:
 - a.) Čas potrebný na obsluhu jedného zákazníka (zapožičanie vozidla): $o = 6\text{min} \pm 4\text{min}$
 - b.) Doba nástupu cestujúceho je: $p = 12\text{s} \pm 2\text{s}$
 - c.) Doba výstupu cestujúceho je: $r = 8\text{s} \pm 4\text{s}$
- Priemerná rýchlosť pohybu minibusu je 35 km/h . Vzdialenosti medzi jednotlivými zastávkami udáva nasledovná tabuľka:

Z	Do	Vzdialenosť (km)
AirCar Rental	Terminál 1	6,4
Terminál 1	Terminál 2	0,5
Terminál 2	AirCar Rental	2,5

Podľa prieskumu je väčšina zákazníkov ochotná akceptovať primerané zdržanie. Pre prichádzajúcich cestujúcich je prijateľný čas *20 minút* (od príchodu na zberné miesto pred terminálom, po získanie kľúčov od auta).

Od simulačnej štúdie očakáva spoločnosť AirCar Rental zistenie, koľko minibusov je potrebné zakúpiť a koľko pracovníkov vybavujúcich zákazníkov je potrebné zamestnať pre ekonomicky najvýhodnejšiu prevádzku požičovne pri dodržaní vysokej kvality poskytovaných služieb.

Aj keď prieskum naznačil, že všetci zákazníci by chceli byť vybavení do *20 minút* pri prilete, firma si je vedomá toho, že dosiahnutie tohto cieľa je veľmi ťažké. AirCar Rental je preto pri tejto základnej štúdii ochotná akceptovať 90 % pravdepodobnosť uspokojenia zákazníkov (využite interval spoľahlivosti).

Navrhnite a implementujte **udalostne** orientovaný simulačný model požičovne automobilov. Implementujte a využite vlastné univerzálne simulačné jadro a univerzálny generátor na generovanie exponenciálneho rozdelenia pravdepodobnosti. Nepoužívajte žiadne knižnice na generovanie čísel okrem štandardných knižníc jazyka.

Ďalej graficky (na grafe) v programe dokumentujte závislosť priemerného času stráveného zákazníkom na zapožičanie vozidla (od príchodu na zberné miesto pred terminálom, po získanie kľúčov od auta) na počte mikrobusev (počet pracovníkov nastavte na Vami odporúčanú hodnotu). V inom grafe dokumentujte závislosť priemerného času stráveného zákazníkom na zapožičanie vozidla (od príchodu na zberné miesto pred terminálom, po získanie kľúčov od auta) na počte pracovníkov (počet minibusov nastavte na Vami odporúčanú hodnotu).

Všetky závery stanovte na základe štatisticky vyhodnotených replikácií. Dĺžku jednej replikácie nastavte na 30 dní. Nezabudnite na všetky všeobecné požiadavky semestrálnych prác. V priebehu simulácie vypisujte všetky sledované veličiny, stav systému, priebežné štatistiky atď. **Pracujte každý samostatne!**

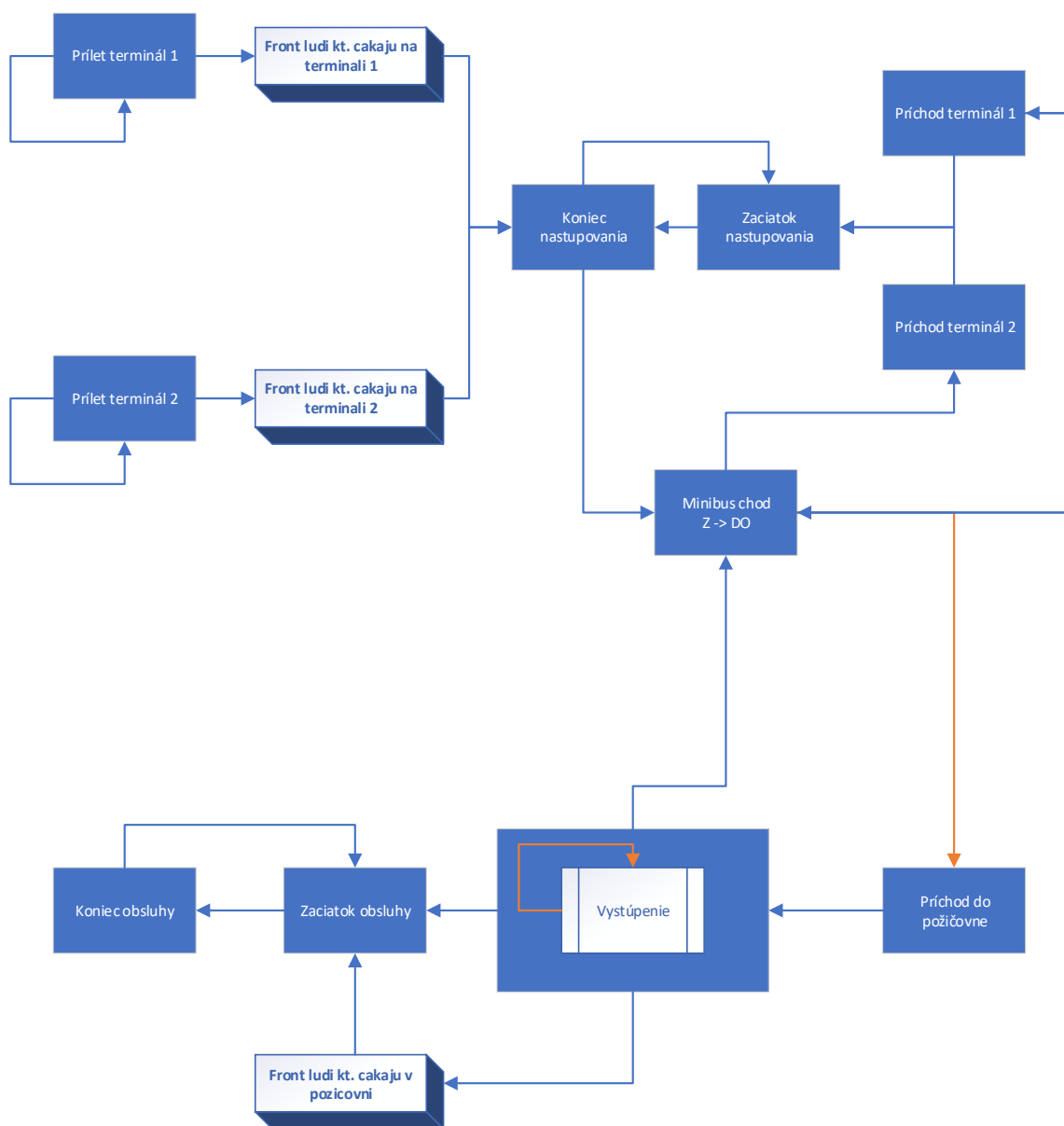
Analýza problému

Mojou úlohou bolo analyzovať a vyriešiť problém spoločnosti AirCar Rental udalostne orientovaným modelom. Ďalej bolo potrebné vytvoriť univerzálne simulačné jadro udalostnej simulácie ktoré bude nezávislé od problému a grafického rozhrania.

Návrh udalostí

Udalosť v simulácii reprezentuje zmenu stavu.

Medzi udalosťami sa vždy pomocou konštruktora posielajú objekty reprezentujúce zákazníka, terminál alebo autobus. Týmto spôsobom môže napríklad udalosť Príchod terminál 2 poslať udalosti začiatok nastupovania terminál 2 nad ktorým sa budú vyberať ľudia zo správnej fronty. Týmto spôsobom zaniká potreba premenných v simulácii, stačí keď budeme používať už vytvorené objekty a posilať ich medzi udalosťami.



Návrh programu

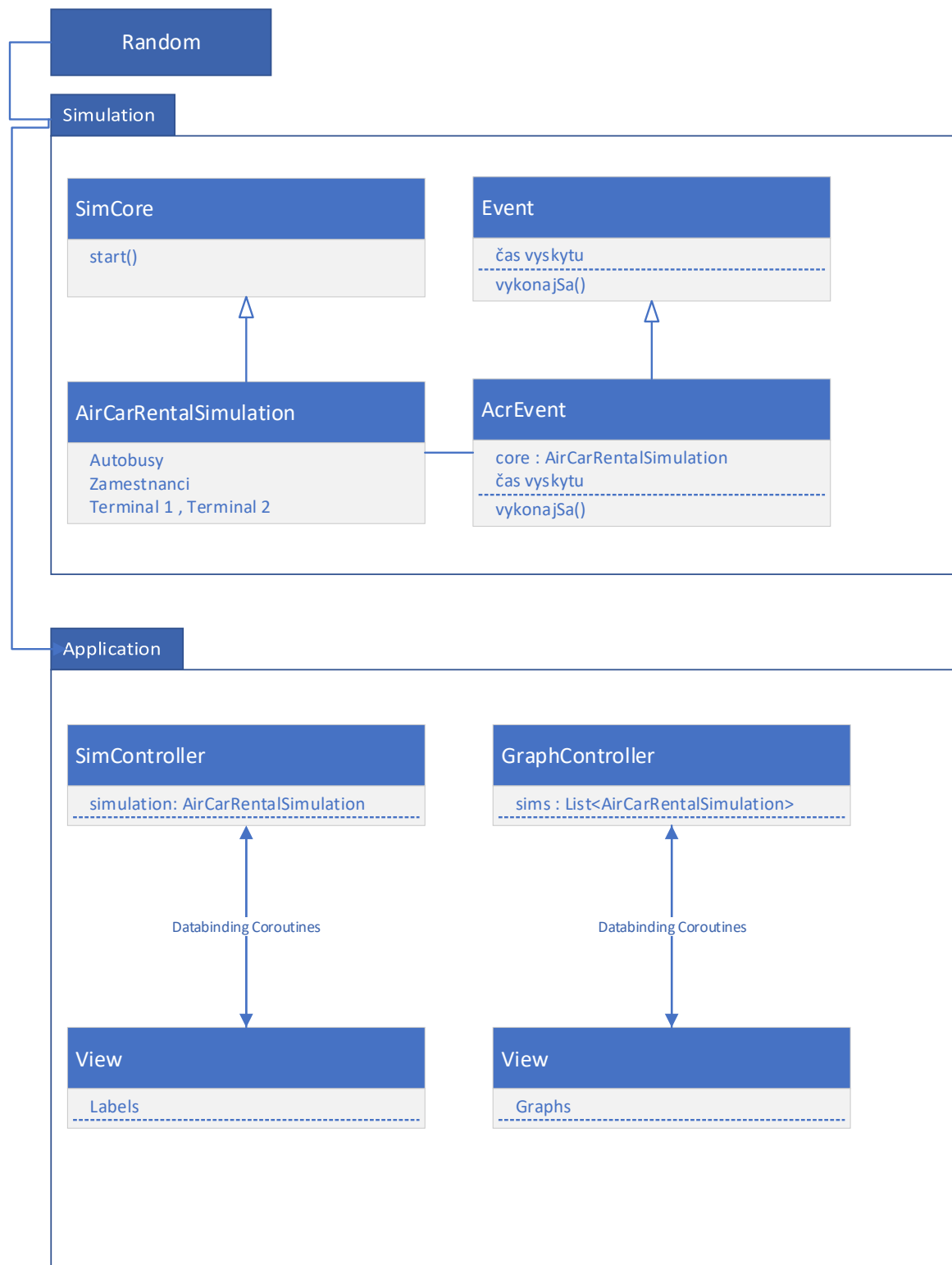
Problém som riešil použitím programovacieho jazyka Kotlin s použitím [Coroutines](#) ktoré uľahčujú asynchrónne programovanie a zobrazovanie stavu simulácie na GUI. GUI bolo vytvorené pomocou frameworku TornadoFX. Jedná sa o nadstavbu JavaFX ktorá využíva Kotlin DSL na tvorbu užívateľského rozhrania.

Program sa skladá z troch Gradle modulov

- Application
 - Model
 - View
 - Controller
- Random
 - Triedy pre náhodne rozdelenia
- Simulation
 - AirCarRental
 - Entities
 - Entity v simulácii – Terminál, autobus, zamestnanec, zákazník
 - Events
 - Udalosti simulácie
 - Simulation
 - Konkrétny potomok simulačného jadro
 - Core
 - Simulačné jadro
 - Štatistické fronty

Simulácia posiela svoj aktuálny stav do GUI prostredníctvom kanálov ktoré poskytujú coroutiny. Týmto spôsobom môžeme na simuláciu napojiť akékoľvek užívateľské prostredie. Na oddelenie od GUI boli použité ViewModel entít ktoré po vytvorení môžu pomocou TornadoFX Properties komunikovať s komponentami na FX vlákne. Tým pádom GUI nie je žiadnym spôsobom závislé ani od AirCarRental simulácie.

Konceptuálny model tried



Spôsob riešenia

Po spustení modelu sa automaticky začnú plánovať príchody zákazníkov na letisko a autobusy vyrazia z AirCarRental do terminálu 1. Ďalej nasleduje nastupovanie zákazníkov a ich transfer a obsluha v požičovni. Tieto udalosti sa opakujú po dobu 30 dní

Zahrievanie modelu

Model ktorý sa spustí s hore uvedeným spôsobom nie je odrazom reality a mohol by kaziť finálne štatistiky. Preto sa po spustení modelu jeden deň nezberajú štatistiky.

Chladenie modelu

Potom ako ubehne 30 dní v simulácii prestaneme generovať nové príchody zákazníkov do modelu a premiestnime ľudí ktorí čakajú na termináloch do AirCar Rental a doobsluhujeme zvyšných zákazníkov.

Zber výsledkov

Za výsledok simulácie považujeme úspešné zbehnutie vopred stanovených replikačných behov. Zo všetkých behov sa vypočítavajú priemerné štatistiky.

Analýza výsledkov

Prieskum naznačil, že všetci zákazníci by chceli byť vybavení do 20 minút pri prilete, firma si je vedomá toho, že dosiahnutie tohto cieľa je veľmi ťažké. AirCar Rental je preto pri tejto základnej štúdii ochotná akceptovať 90 % pravdepodobnosť uspokojenia zákazníkov.

To znamená že ako akceptovateľnú kombináciu počtu pracovníkov a autobusov považujem takú, ktorej po skončení všetkých replikácii vyjde horná hranica intervalu menšia ako 20 minút. Vzhľadom k tomu, že nepoznáme náklady na autobusy, zamestnancov

Minibus	Pracovníci	Priemerný čas [min]	Horná hranica intervalu spoľahlivosti [min]
5	24	19,993	19,998
6	18	20,05	20,054
6	19	19,975	19,979
7	18	19,904	19,908
11	15	19,963	19,969
15	14	19,968	19,975
20	13	19,999	20,008
20	14	19,741	19,752
26	12	19,99	20,003

Minimálna konfigurácia ktorá vyhovuje požiadavkám AirCarRental je päť minibusov a dvadsaťštyri pracovníkov . Vzhľadom k tomu že konfigurácia so šiestimi minibusmi výrazne zníži počet pracovníkov by som spoločnosti odporučil práve tú. Ak je spoločnosť ochotná akceptovať malú odchýlku môže prijať aj konfiguráciu s 18 pracovníkmi.

Vzhľadom na odporúčané riešenia dopĺňam aj tabuľku priemerných dĺžok radov a čakanie zákazníkov

Počet		Priemerná dĺžka radu			Priemerný čas v rade [min]		
Minibusov	Pracovníkov	Terminál 1	Terminál2	AirCarRental	Terminál 1	Terminál2	AirCarRental
5	24	5,92	2,66	0,03	8,20	8,30	0,02
6	18	5,85	2,61	0,28	8,12	8,27	0,26
6	19	5,87	2,62	0,20	8,12	8,22	0,19
7	18	5,73	2,57	0,25	8,06	8,20	0,26

Pri odporúčanom počte pracovníkov 19 sa dostaneme k hodnote čakania v rade cca 30 sekúnd, čo je pre zákazníka veľmi krátky čas. Keďže priemerná dĺžka radov na termináloch je v týchto hodnotách veľmi stabilná a ľudia sú vybavení prakticky ihneď, môžeme uvažovať nad lacnejšou konfiguráciou so 4 minibusmi kde by 90% zákazníkov bolo obslužených do 21 minút

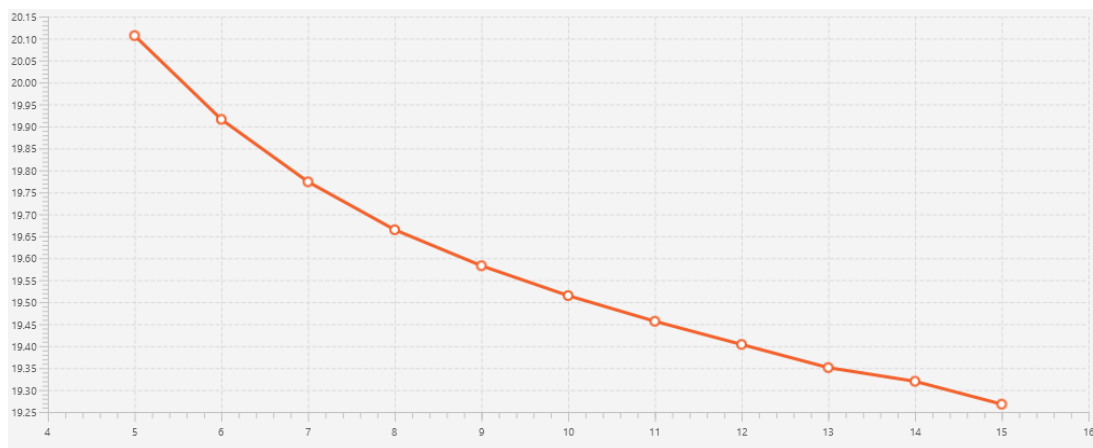
Počet		Priemerná dĺžka radu			Priemerný čas v rade [min]		
Minibusov	Pracovníkov	Terminál 1	Terminál2	AirCarRental	Terminál 1	Terminál2	AirCarRental
4	15	5,93	2,70	0,74	8,30	2,70	0,74

Závislosť priemerného stráveného času

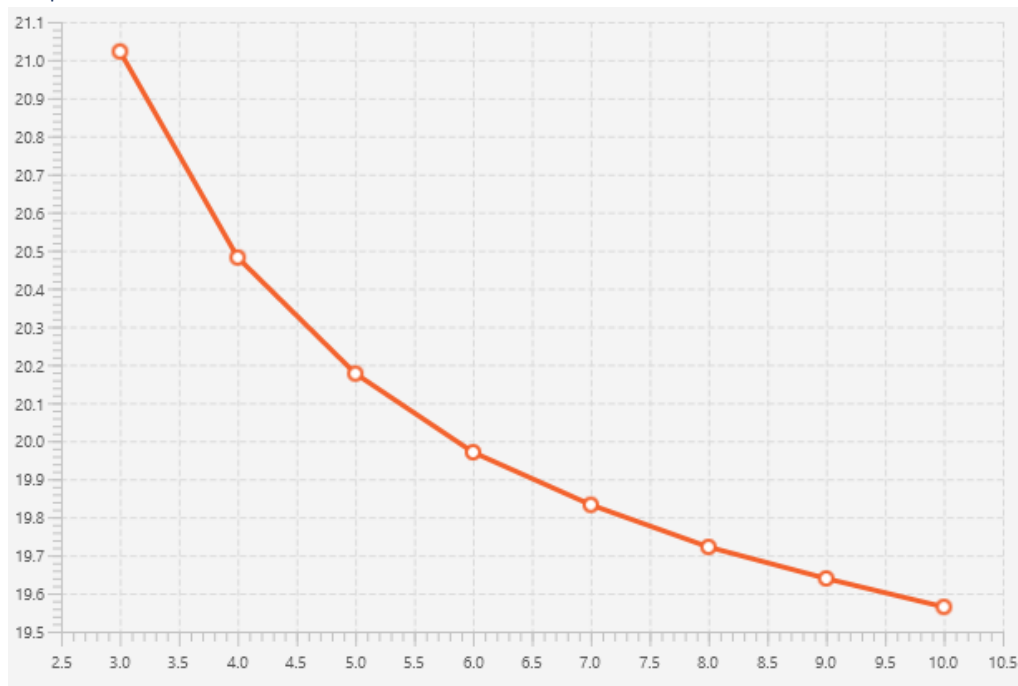
Na podporu rozhodovania som použil grafy závislostí priemernej doby čakania. Pokiaľ som videl, bod v ktorom sa priemerná doba v systéme pohybuje okolo dvadsiatich minút preskúmal som jeho okolie. Buď o plus-mínus počet zákazníkov, alebo minibusov. Pokiaľ som nenašiel ekonomickejšie riešenie, nebolo uvedené v odporúčaných výsledkoch.

Na počte mikrobusov

20 pracovníkov 5 až 15 mikrobusov

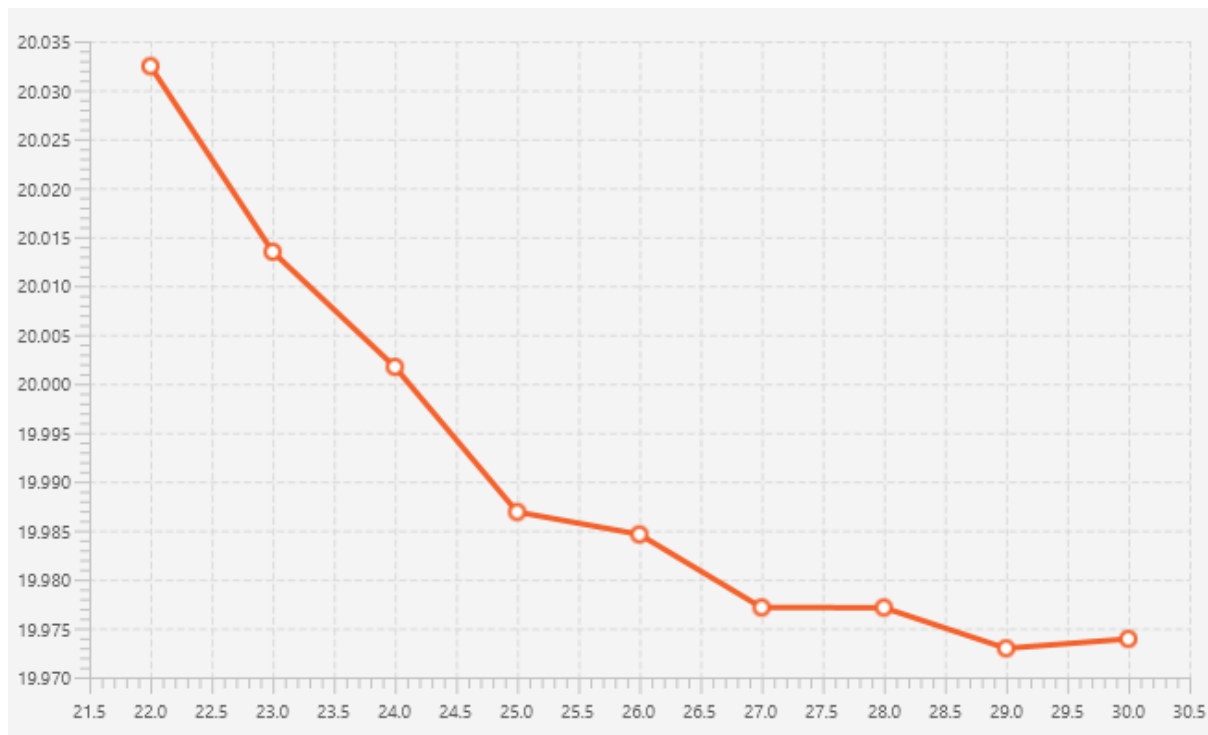


19 pracovníkov 3 až 10 mikrobusov

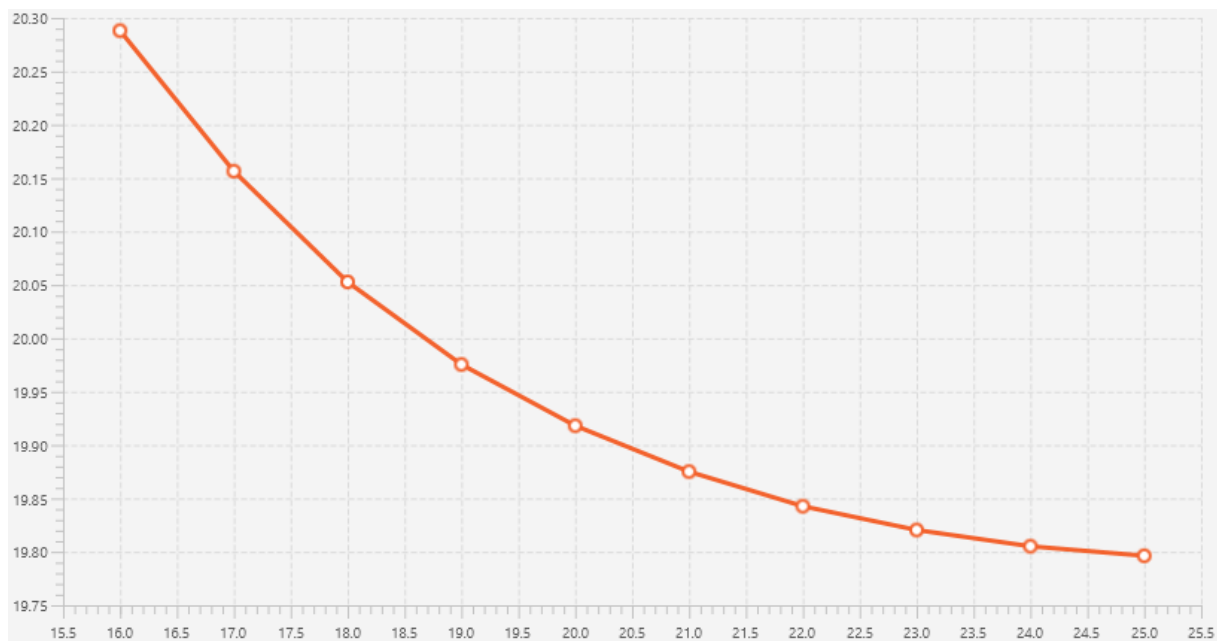


Na počte zamestnancov

5 mikrobusev a 22 až 30 zamestnancov



6 mikrobusev a 16 až 25 zamestnancov



6 mikrobusev a 10 až 19 zamestnancov

