

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačních technologií



Modelování a simulace

Model restaurace v období oběda

2016/2017

Autori: Silvester Lipjanec, xlipja01@stud.fit.vutbr.cz
Maroš Kopec, xkopec44@stud.fit.vutbr.cz

Obsah

1	Úvod	2
1.1	Riešitelia projektu a zdroje informácií	2
1.2	Overovanie validity modelu	2
2	Rozbor témy a použitých metód/technológií.....	2
2.1	Použité postupy pri vytváraní modelu	2
2.2	Pôvod použitých metód a technológií	3
3	Koncepcia modelu.....	3
3.1	Návrh konceptuálneho modelu.....	4
3.2	Formy konceptuálneho modelu	5
4	Architektúra simulačného modelu.....	6
5	Podstata simulačných experimentov a ich priebeh.....	7
5.1	Postup experimentovania.....	7
5.2	Dokumentácia jednotlivých experimentov a záver	8
5.3	Závery experimentov.....	12
6	Zhrnutie simulačných experimentov a záver.....	12
7	Literatúra	13

1 Úvod

Táto práca vznikla ako projekt do predmetu Modelovanie a simulácia. V tejto práci je riešený návrh a implementácia simulačného modelu [1/str. 44], ktorý bude použitý pre modelovanie [1/str. 8] reštaurácie v čase obeda. Na základe simulačného modelu bude prezentované chovanie modelu [1/str. 7] reštaurácie. Pomocou rôznych experimentov potom prezentujeme, ako by sa systém choval za rôznych podmienok, ktoré sa budú pri experimentoch meniť.

1.1 Riešitelia projektu a zdroje informácií

Na tvorbe projektu sa podieľali Silvester Lipjanec a Maroš Kopec. Pri riešení úlohy sme nemali žiadneho odborného konzultanta ani iného poskytovateľa odborných informácií. Informácie a doby trvania sme získali pozorovaním jednej konkrétnej reštaurácie v čase obeda. Tieto informácie sme použili pre vytvorenie abstraktného modelu [1/str. 41]. Pri vytváraní modelu sme taktiež využili vlastné skúsenosti, ktoré sme získali prácou v reštaurácii.

1.2 Overovanie validity modelu

Overovanie validity modelu [1/str. 37] prebiehalo na školskom serveri merlin.fit.vutbr.cz. Validitu modelu sme overovali porovnávaním získaných hodnôt z pozorovania reštaurácie a získaných hodnôt z výstupu nášho simulačného modelu [1/str. 44]. Pri porovnaní časov sme zistili, že časy získané zo simulačného modelu približne zodpovedajú našim nameraným časom.

2 Rozbor témy a použitých metód/technológií

Návrh celého systému vychádza z informácií, ktoré sme získali ešte pred samotnou realizáciou modelovania systému [1/str. 40]. Pozorovaním reštaurácie v čase obeda sme zistili informácie a fakty, z ktorých bolo nutné pri vytváraní modelu vychádzať.

Sledovaná bola jedna reštaurácia v čase obeda v časovom intervale dvoch hodín. Jedná sa o konkrétnu reštauráciu v meste Prešov s názvom Átrium, kde sme mali možnosť sledovať chod reštaurácie. Sledovanie prebiehalo od 12 do 14 hodiny. Počas sledovania sme zapisovali dopredu dohodnuté informácie, ktoré sme potrebovali pre realizáciu modelu. Pri sledovaní sme však nemali možnosť nahliadnuť na fungovanie reštaurácie v kuchyni a preto časy strávené prípravou jedál sú pre model fiktívne. Vychádzali sme ale zo skúseností, ktoré sme obaja získali prácou v reštaurácii.

Z pozorovania sme zistili, že v reštaurácii pracujú v dobe obeda 2 čašníčky. Zákazníci majú na výber, posadiť sa k jednému z dvanástich stolov, ktoré sú v reštaurácii. Po príchode zákazníka sa zákazník usadí k stolu a čaká na obsluhu. Čašníčky nemajú presne rozdelené, ktoré stoly budú obsluhovať. Výber stola, ktorý čašníčka obslúži závisí na usadení zákazníkov v danom momente. Čašníčka prijíma objednávku a nesie ju do kuchyne, kde začína príprava jedla. Čašníčka pristupuje k zákazníkovi podľa určitej priority. Zo sledovania sme zistili, že prioritne pristupuje k zákazníkovi, ktorí chcú platiť. Následne ako prvé prináša zákazníkovi pitie, potom polievku a druhé jedlo. Nových zákazníkov obsluhuje až v momente, ak nemá čo odniesť. Ako posledná čašníčka upratuje stoly po zákazníkoch.

Každá čašníčka má vlastnú peňaženku. Preto pri platení čašníčka pristupuje k zákazníkovi a zákazník nemusí prísť osobne k pultu a čakať na zaplatenie v rade.

2.1 Použité postupy pri vytváraní modelu

Pre vytvorenie abstraktného modelu systému sme použili Petriho sieť [1/str. 123]. Tá nám umožňovala popísať reálny systém s istou úrovňou abstrakcie nad reálnym systémom z dôvodu, že nie je možné postihnúť chovanie systému v jeho celej komplikovanosti.

Simulačný model bol vytvorený pomocou jazyka C++. Výhodou použitia práve tohto jazyka je to, že je objektový. To znamená, že umožňuje vytváranie jednotlivých tried s vlastnými atribútmi a metódami. S týmito vlastnosťami jazyka je možné jednoducho definovať chovanie daného objektu. Pri implementácii simulačného modelu bola použitá knižnica SIMLIB [2], ktorá definuje radu objektov a metód a tým nám uľahčovala vytváranie samotnej implementácie simulačného modelu.

2.2 Pôvod použitých metód a technológií

Pri vytváraní abstraktného modelu sme vychádzali z popisu Petriho sietí, ktorý bol prezentovaný na democvičení k predmetu Modelovanie a simulácia a ku ktorému sme mali online zdroj [4]. Na cvičeniach boli prezentované vhodné postupy, ktoré bolo nutné dodržiavať, aby bol výsledný model správny.

Pre vytvorenie simulačného modelu pomocou knižnice SIMLIB sme mali k dispozícii online zdroj z druhého democvičenia [5]. Vhodné postupy implementácie pomocou knižnice SIMLIB z ktorých sme pri tvorbe vychádzali sú popísané v prednáške k predmetu IMS [1/str. 251 - 257] a v dokumentácii knižnice SIMLIB [3].

3 Konceptia modelu

Model systému zahrňuje kľúčové vlastnosti potrebné pre jeho správne namodelovanie. Pre realizáciu modelu reštaurácie bolo dôležité získať informácie o počte:

- čašníčok (obsluhy)
- stolov
- prichádzajúcich zákazníkov

Ďalej sme sledovali časy:

- príchodu
- usadenia
- príchodu obsluhy
- dobu objednávaní
- prinesenia polievky
- dobu jedenia polievky
- prinesenia hlavného jedla
- dobu jedenia hlavného jedla

- platenia
- odchodu
- upratovania stolov

počet stolov	12	
počet čašníčok	2	
počet ľudí	1	4
	čas	čas
príchod	12:07:00	12:53:00
usadenie	12:08:00	12:53:00
príchod obsluhy	12:08:00	12:53:00
doba objednávaní	25sek	1min
prinesenie polievky	12:12:00	12:56:00
začiatok jedenia polievky	12:12:00	12:56:00
čas dojedenia polievky	12:16:00	13:01:00
prinesenia hl. jedla	12:16:00	13:06:00
začiatok jedenia hlavného jedla	12:17:00	13:06:00
čas dojedenia hlavného jedla	12:23:00	13:18:00
upratovanie riadu od polievky	12:19:00	13:07:00
upratovanie riadu od hl. Jedla	12:23:00	13:10:00
platenie	12:25:00	13:19:00
odchod	12:26:00	13:19:00

Tabuľka 1:Príklad zaznamenávania časov v reštaurácii

Ako môžeme vidieť, v tabuľke č.1 sa nenachádzajú časy strávené prípravami jedál z dôvodu, že sme nemali priamy prístup do kuchyne, kde bolo jedlo pripravované. Pre návrh abstraktného modelu sme ale využili svoje skúsenosti a vytvorili fiktívne časy pre doby príprav jedál. Predpokladali sme, že v dobe obeda je polievka dopredu navarená a preto sme dobu prípravy polievky modelovali krátkym časovým intervalom. Pre prípravu druhého jedla a pitia sme odhadli dlhší časový interval.

Pri pozorovaní sme zistili, že ak reštaurácia dosiahne naplnenie svojej maximálnej kapacity a nie sú už žiadne stoly voľné potom 70% zákazníkov ihneď odchádza a ostatných 30% čaká na uvoľnenie stola asi 2 minúty.

Ďalším faktom, ktorý sme zistili bolo, že ak obsluha nepríde k zákazníkovi priemerne do 9 minút a zákazník si ešte nič neobjednal, potom zákazník ďalej nečaká a z reštaurácie odchádza.

Zo všetkých zákazníkov, ktorý reštauráciu navštívili v čase obeda bolo 10% takých, ktorý prišli a objednali si iba pitie. Ostatných 90% zákazníkov si objednávali menu pozostávajúce z polievky, hlavného jedla a pitia.

3.1 Návrh konceptuálneho modelu

Model systému možno chápať z určitých častí, ktoré sa týkajú daného objektu, buď obsluhy, zákazníka alebo jedla (viac v kapitole 4. Architektúra simulačného modelu). Abstraktný model systému je znázornený Petriho sieťou na obrázku č.1.

Príchody zákazníkov sú v systéme generované s exponenciálnym rozložením s hodnotou vyplývajúcou z pozorovania. Stoly v reštaurácii predstavujú sklad [5/str. 11], ku ktorým vedie jedna rada v prípade, že sa všetky prostriedky skladu vyčerpajú. V našom prípade to znamená, že budú všetky stoly obsadené. Abstraktný model je vytvorený tak, že do úvahy neberie rôzny počet prichádzajúcich zákazníkov a ani kapacitu stolov. To znamená, že príchod zákazníka môže predstavovať príchod skupiny viacerých ľudí. Táto abstrakcia systému je v našom modeli vyriešená tým, že sa generujú dlhšie doby pri objednávaní, pri samotnej príprave jedla a pitia a aj dobe obsluhy. Ostatné doby trvania pre skupinu ľudí ostávajú rovnaké z dôvodu, že uvažujeme nad tým, že skupina ľudí prijíma jedlo alebo pije súčasne a tým sa doby trvania nemenia.

Zákazník v modeli prioritne prichádza k voľnému stolu a usadí sa za určitú dobu. V prípade, že sú aktuálne obsadené všetky stoly potom 70% z nich ihneď odchádza. Ostatný čakajú priemerne dobu 2 minúty na uvoľnenie stola a po tejto dobe odchádzajú. V prípade, že sa stôl uvoľní do 2 minút počas ich čakania, potom si zákazník sadá k voľnému stolu.

Po usadení zákazník čaká na obsluhu max. 9 minút. Ak do tejto doby k zákazníkovi nepríde ani jedna čašníčka, potom zákazník opúšťa reštauráciu.

Čašníčka prichádza k zákazníkovi a zákazník si objednáva. Z pozorovania vieme, že 90% zákazníkov prišlo do reštaurácie na polievku, hlavné jedlo a k tomu majú aj pitie. Ostatní prichádzajú a objednávajú si len pitie. Po prevzatí objednávky zanedbávame čas strávený odnesením objednávky do kuchyne. Po objednaní ihneď nastáva proces prípravy jedla alebo pitia, ktorý trvá určitú dobu. Po uplynutí doby prípravy jedla alebo pitia môže čašníčka odnieť pripravené jedlo alebo pitie. Čas nesenia jedla a pitia k stolu zákazníka tiež trvá určitú dobu.

Model využíva prioritu prechodov [1/str. 128] pre udalosti [1/str. 49], ktoré vykonáva čašníčka. Úlohou čašníčky je vykonávanie týchto udalostí, ktoré sú zoradené podľa priority od najvyššej:

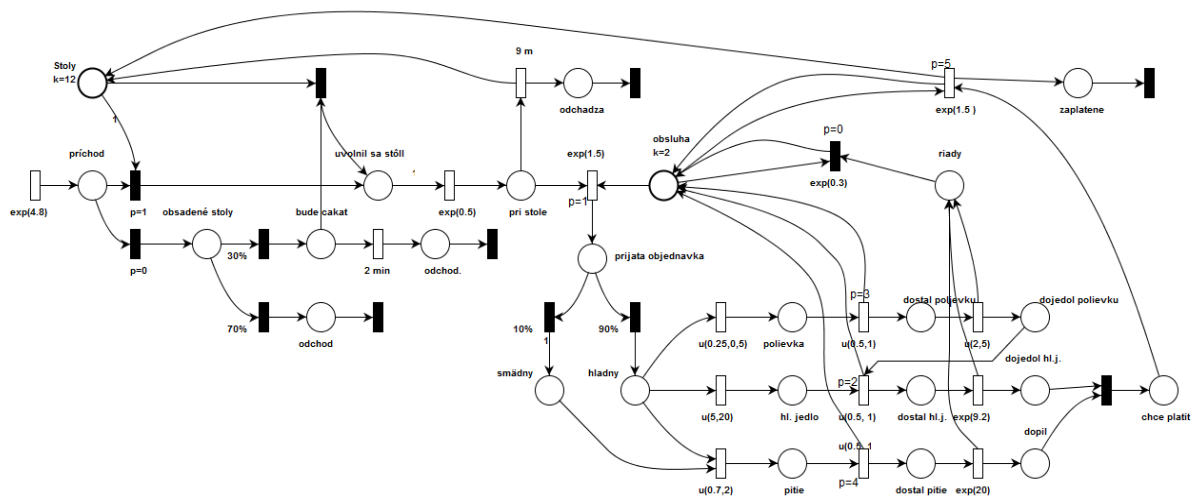
- Platenie zákazníka
- Nosenie pripraveného pitia zákazníkom
- Nosenie pripravenej polievky zákazníkom
- Nosenie pripraveného hlavného jedla zákazníkom
- Obsluha nových zákazníkov
- Upratovanie stolov

Po prinesení jedla alebo pitia zákazníkovi na stôl nastáva časovaný prechod [1/str. 132], ktorý trvá rôznu dobu pre jedenie polievky a hlavného jedla aj pitia. Po uplynutí doby vykonávania prechodu [1/str. 132] sa vytvoria riady, ktoré reprezentujú, že stôl je nutné upratať.

Zákazník, ktorý neprišiel jesť po uplynutí doby pitia môže prejsť k zaplateniu. Naopak zákazník, ktorý mal objednané menu, najprv dojedá polievku, až následne je mu prinesené hlavné jedlo. Po jeho

Po zaplacení zákazník odchádza a dobu odchádzania v modely neuvažujeme. Po odchode zákazníka sa ihneď uvoľní stôl. To znamená, že do skladu „Stoly“ sa pridá jeden prostriedok reprezentujúci voľný stôl.

Na základe získaných informácií sme vytvorili abstraktný model systému pomocou Petriho siete. Celý model je znázornený na obrázku č.1 nižšie.



4 Architektúra simulačného modelu

V simulačnom modeli sme vytvorili tri triedy, ktoré dedia od triedy Process [1/str. 163] z knižnice SIMLIB. Sú to triedy Jedlo, Zákazník a Obsluha.

6

generujú čísla pomocou funkcie Random() [3]. Vygenerované číslo porovnávame s konštantou, ktorá reprezentuje percentuálne rozdelenie. Na základe porovnania vieme, aký typ zákazníka sa má generovať.

Na začiatku simulácie sú vytvorené dva procesy Obsluhy, ktoré reprezentujú dve čašníčky v reštaurácii a ďalšie sa negenerujú. Chovanie procesu obsluhy je dané prioritou udalostí, ktoré má čašníčka vykonať. Tieto udalosti sú popísané v Návrhu konceptuálneho modelu.

Po vygenerovaní procesu Zákazník sa začína v metóde Behavior() zisťovať obsadenosť stolov. Stoly sú v simulačnom modeli reprezentované ako sklad (Store) s kapacitou 12. Ak sú stoly obsadené, potom sa rovnako zákazníci rozdeľujú podľa percentuálneho rozdelenia na odchádzajúcich a čakajúcich rovnako ako pri generovaní zákazníkov. V prípade voľného stola si zákazník sadá a odoberá zo skladu stoly kapacitu 1, to znamená, že sa vykoná funkcia Enter(Stoly,1) [3]. V programe sa následne inkrementuje globálna premenná, ktorá reprezentuje určité miesto v abstraktnom modeli. Porovnávaním globálnych premenných, ktoré sa v programe inkrementujú na určitých miestach (reprezentujúcich miesto v abstraktnom modeli) sa v iných miestach programu zisťuje stav programu. Podľa toho v simulačnom modeli zisťujeme, čo je práve nutné ďalej vykonať.

Proces Jedlo je aktivovaný po prijatí objednávky (po inkrementovaní globálnej premennej zak_bol_obsluzeny, na ktorú sa čaká pomocou funkcie WaitUntil() [3] v procese Zakaznik). Proces jedlo reprezentuje dobu prípravy jedla v kuchyni a dobu prípravy pitia pre zákazníka. Prípravu jedla a pitia tak realizuje niekto z ďalšieho personálu reštaurácie a nie obsluha samotná.

Zákazník po zaplatení opúšťa reštauráciu a uvoľňuje tým stôl pomocou funkcie Leave(Stoly,1) [3], ktorá naproti funkcii Enter vráti prostriedok do skladu.

5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

5.1 Postup experimentovania

Rozhodli sme sa zamerať sa na využitie personálu počas obednej špičky. Z pozorovania vieme, že špička trvá od 11:00 do 14:00, teda 3 hodiny. Počas tejto doby vypomáha čašníčke jej kolegyňa, čím sa zvyšuje početnosť obsluhy počas obednej špičky na 2. Experiment overuje opodstatnenie tejto výpomoci. Vďaka modelu, sme schopní simulovať prevádzku s obmenami v počte personálu ako aj stolov. Takéto experimenty by mohli vážne poškodiť dobré meno podniku a tým aj jeho konkurencieschopnosť. To hlavne za predpokladu veľkej vyťaženia nespokojnosti zákazníkov pri znížení počtu personálu.

Pre čo najkorektnejšie dáta, sme simulovali celý mesiac, a to október 2016. Simuláciu sme opakovane spúšťali 21-krát, nakoľko október v roku 2016 má 21 pracovných dní.

Pre získanie informácií o vyťaženia personálu sme sledovali:

- Priemerný celkový počet zákazníkov (jeden zákazník simuluje zabraný stôl rôznej kapacity rôznym počtom ľudí),
- Priemerný čas strávený v reštaurácii,

- Priemerný celkový čas strávený čakaním (rozumej súčet všetkých čiastkových časov, napr. čas do objednania, čas do prinesenia polievky, ...),
- Priemerný čas do objednania (objednávanie, ako proces s najvyššou prioritou najlepšie odzrkadlí vyťaženosť obsluhy),
- Priemerný počet zákazníkov, pre ktorých nebol voľný stôl a ihneď odišli.

Zo získaných dát sme vytvorili reprezentáciu informácií vo forme grafov.

5.2 Dokumentácia jednotlivých experimentov a záver

Z pozorovaných dát sme nastavili vstupné údaje pre simuláciu. Frekvencia zákazníkov bola nastavená na exponenciálne rozloženie so strednou hodnotou 4,2 minúty. Tejto hodnoty sme sa držali počas celého experimentovania, nakoľko nepredpokladáme nezvyčajný nárast záujmu zo strany zákazníkov o zvolený podnik. Nemenil sa ani počet stolov, pre rovnaké dôvody.

Počet personálu, ktorého úlohou bolo obsluhovať, sme nastavovali na hodnoty 1, 2 a 3, pretože tieto vstupné dáta boli experiment nevyhnutné.

```
$ ./restaurace 2 12 4.2; cat restaurace.dat
Zakaznik: Pocet nevosli a odisli = 0
+-----+
| STATISTIC Restaurace: Cas straveny v restauracii |
+-----+
| Min = 17.6451           Max = 51.0964           |
| Number of records = 32 |
| Average value = 28.6546 |
+-----+
| STATISTIC Celkova doba stravena cakanim         |
+-----+
| Min = 10.4958           Max = 30.3816           |
| Number of records = 32 |
| Average value = 17.8486 |
+-----+
| STATISTIC Zakaznik: Cas straveny cakanim na obsluhu |
+-----+
| Min = 0.376458           Max = 7.284            |
| Number of records = 37  |
| Average value = 2.45929 |
+-----+
```

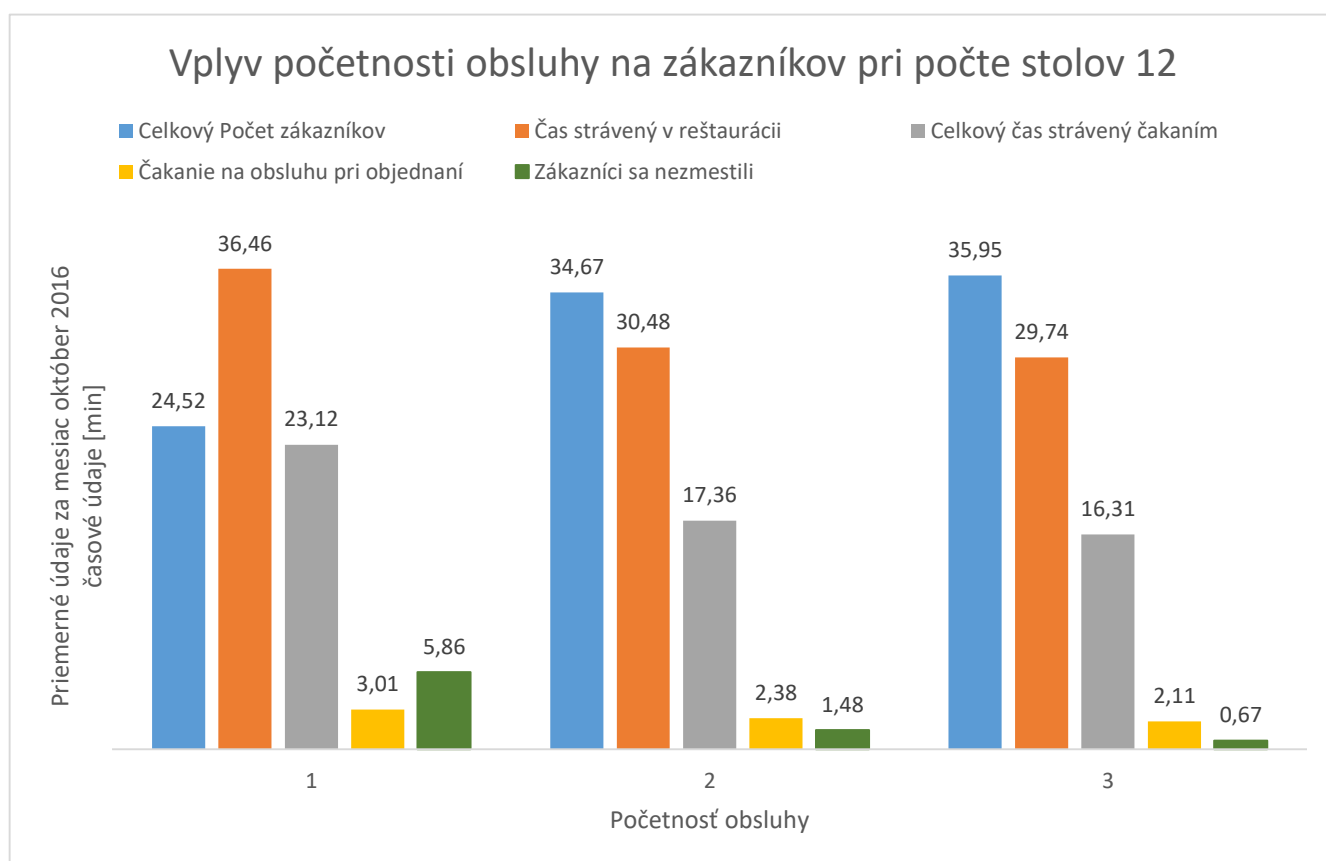
Obrázok 2: Príklad výpisu sledovaných výstupných dát

Na ukázkovom výpise výstupných dát môžeme vidieť najkratší čas strávený čakaním, najdlhší čas a priemernú hodnotu.

Obísľuha	Pri počte stolov 12																								
1	Celkový Počet zákazníkov	26	26	25	24	29	27	24	16	24	28	26	31	22	25	27	22	23	24	27	11	28	24,52		
	Čas strávený v reštaurácii	32,8755	31,1359	30,77	46,2827	32,1581	37,949	40,233	48,5222	38,0189	32,5879	33,934	36,0831	37,6876	33,2738	36,667	36,9152	34,2586	35,2597	37,3553	40,8455	32,7592	36,46		
	Celkový čas strávený čak	21,8012	19,7642	22,6921	31,4286	20,5223	26,0208	21,7641	33,6126	24,8445	20,9834	20,1958	21,9755	22,1896	22,5974	23,7841	24,5657	22,7192	20,3848	23,6099	20,6789	19,3305	23,12		
	Čakanie na obsluhu pri	2,40359	2,58142	3,8704	2,85476	2,14549	3,40081	4,59883	1,86326	2,2111	3,50351	2,3718	2,23576	2,51006	3,26771	3,16998	2,11453	4,48697	2,1007	4,76158	3,45642	3,2874	3,01		
	Zákazníci sa nezmestili	2		0	8	4	7	4	3	7	3	2	4	9	9	2	12	1	0	6	23	7	5,86		
2	Celkový Počet zákazníkov	32	30	28	46	32	38	31	39	35	35	39	37	34	31	33	35	31	41	40	31	30	34,67		
	Čas strávený v reštaurácii	29,0941	35,2816	29,3805	29,742	28,7868	30,9879	33,4272	28,3745	28,346	31,0422	29,5746	32,6295	32,1205	30,3373	29,4365	29,8409	29,1631	27,9123	30,1695	28,8275	35,6286	30,48		
	Celkový čas strávený čak	16,2361	20,787	19,438	18,5454	15,7178	17,9707	19,2233	15,7888	15,8943	17,6067	17,1695	17,5345	16,8512	15,968	17,2923	16,5256	18,8907	18,0275	15,1796	16,3017	17,5564	17,36		
	Čakanie na obsluhu pri	1,46959	2,20739	2,96593	3,13057	1,37049	2,45653	2,63963	1,99254	2,42274	2,50526	2,25672	1,72822	2,26229	2,30175	2,49052	2,7895	2,40812	3,53353	2,18591	2,2156	2,55898	2,38		
	Zákazníci sa nezmestili	0	0	0	2	0	4	3	1	2	5	0	2	3	0	1	0	3	2	2	0	1	1,48		
3	Celkový Počet zákazníkov	42	31	27	38	33	31	41	31	32	33	38	36	45	33	38	39	23	40	44	36	44	35,95		
	Čas strávený v reštaurácii	26,8933	27,7654	30,8423	29,5577	29,7597	28,9211	29,3198	36,8638	31,8304	30,7813	31,1827	29,2134	27,426	30,285	29,499	26,3113	32,5199	28,8862	28,1869	32,0231	26,5402	29,74		
	Celkový čas strávený čak	14,4672	13,1221	19,6592	15,5565	16,1852	16,3048	14,7465	20,8308	15,7865	19,0186	16,3703	15,9032	14,2039	16,1499	16,5536	16,5437	18,5301	15,7862	16,2119	16,7537	13,8589	16,31		
	Čakanie na obsluhu pri	2,47005	1,74521	2,2798	1,92439	1,82303	1,97337	2,07639	2,06543	2,17013	2,67265	2,61477	1,93257	1,96476	1,6724	2,13661	2,72132	1,60481	2,26457	1,99288	2,2774	1,94288	2,11		
	Zákazníci sa nezmestili	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2	4	0	0	0,67		

Tabuľka 1: Sledované výstupné dáta pri frekvencii zákazníkov s exponenciálnym rozložením so strednou hodnotou 4,2 (minúty) a 12 stolmi

Z takto získaných dát, viď tabuľka č. 1, sme vytvorili reprezentáciu informácií vo forme grafu. Na grafe môžeme vidieť, že celkový počet zákazníkov je nepriamo úmerný celkovému času stráveného čakaním. Môžeme si všimnúť, že počas obsluhovania zákazníkov len jednou čašníčkou registrujeme zvýšený priemerný čas strávený čakaním. To malo za následok neskoršie uvoľňovanie stolov, čo spôsobilo výrazne nižší počet zákazníkov. S tým súvisí väčší počet ľudí, ktorý sa do prevádzky nedostali z dôvodov obmedzenej kapacity.



Graf 1: Vplyv početnosti obsluhy na zákazníkov pri počte stolov 12

Vidíme, že pri počte 2 a 3 sa tieto čísla nelíšia o veľa. Preto sme ďalej experimentovali so zvyšovaním kapacity pri počte obsluhy 2 a 3. To znamená, na vstupe sme zvyšovali počet stolov. Tieto údaje sa preniesli do tabuľky č. 2 a č. 3.

Obsluha	Pri počte stolov 16																						
2	Celkový Počet zákazníkov	35	38	28	39	37	37	33	39	37	41	45	44	31	36	30	34	34	32	45	36	30	36,24
	Čas strávený v reštaurácii	29,3501	28,3011	29,0522	28,8896	33,0189	29,9162	29,3526	29,3727	29,7365	31,9861	28,6565	29,5448	28,8542	29,2783	33,4308	28,3345	30,9448	31,5771	30,5898	31,3297	32,9858	30,21
	Celkový čas strávený čak	17,1846	15,6522	15,6817	16,9499	19,0347	18,319	17,097	17,437	15,566	17,6367	15,1517	18,8519	16,7355	15,6819	17,9478	16,2941	17,7139	16,9669	17,7845	15,0034	19,0819	17,04
	Čakanie na obsluhu pri	2,19796	1,82079	2,1316	3,05214	2,6031	2,74592	2,30954	2,54464	2,5696	2,5801	3,05261	3,15721	1,77054	2,36019	2,30255	2,36144	2,28934	2,53694	3,28845	1,96542	2,46757	2,48
	Zákazníci sa nezmestili	0	0	0	1	2	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0,62
3	Celkový Počet zákazníkov	36	40	32	34	29	29	28	34	41	34	41	46	28	32	39	29	25	32	29	44	39	34,33
	Čas strávený v reštaurácii	27,7876	30,1365	29,1613	25,8991	28,7074	26,7156	28,9003	27,8701	27,8725	31,2742	28,6145	28,7733	29,0279	27,2962	30,2324	30,2287	23,2631	28,2541	29,6789	25,8696	28,0638	28,27
	Celkový čas strávený čak	13,838	18,0127	15,1448	16,313	16,837	16,5036	15,8266	17,1992	14,0161	16,4708	15,8828	15,9436	15,5791	15,5811	16,4061	17,7888	13,3659	16,2705	18,5133	14,9989	15,3568	15,99
	Čakanie na obsluhu pri	2,04379	2,31688	2,09721	1,89691	1,66893	1,33306	1,80779	2,11396	1,85895	2,07884	1,80997	2,21868	1,75076	2,32565	2,37205	1,63288	0,538593	1,69904	2,17595	1,99923	1,71712	1,88
	Zákazníci sa nezmestili	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14

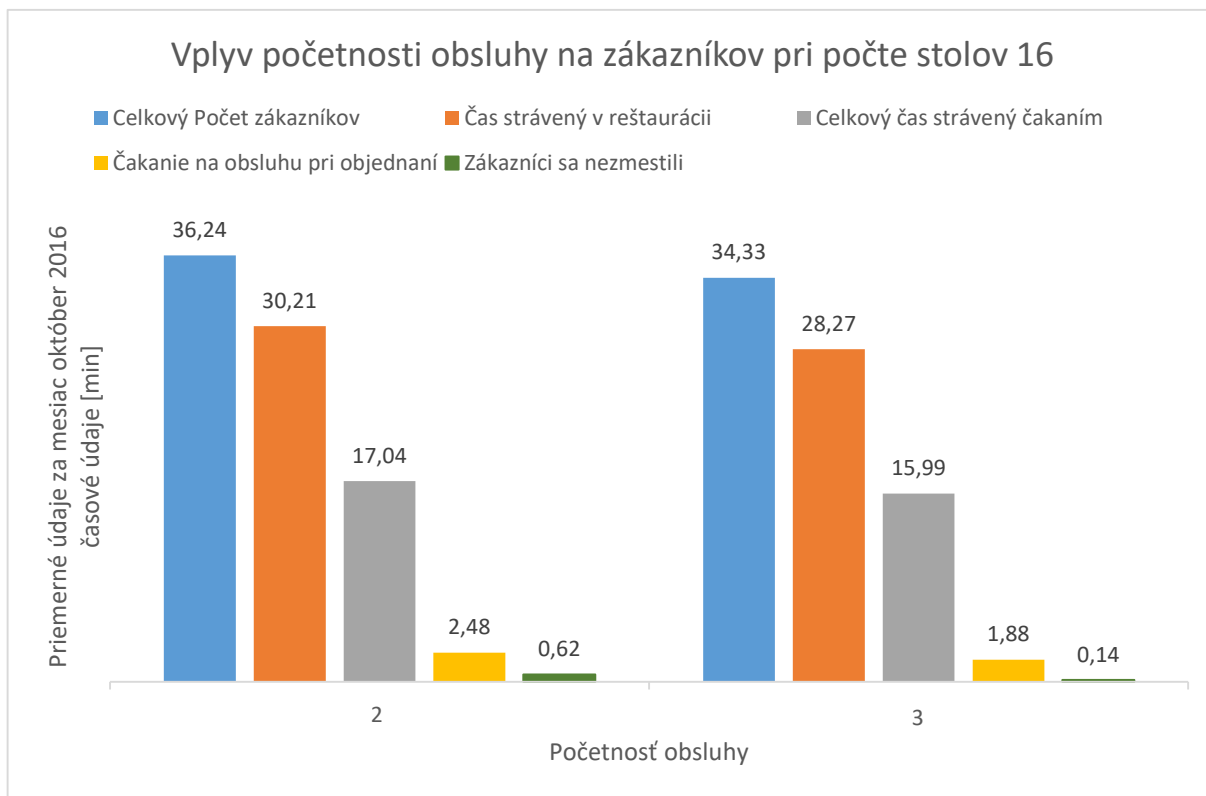
Tabuľka 2: Sledované výstupné dáta pri frekvencii zákazníkov s exponenciálnym rozložením so strednou hodnotou 4,2 (minúty) a 16 stolmi

Obsluha	Pri počte stolov 18																						
2	Celkový Počet zákazníkov	34	43	37	38	41	35	38	40	33	25	43	27	35	38	42	42	34	31	31	29	37	35,86
	Čas strávený v reštaurácii	29,2556	29,5398	29,4215	29,0846	31,301	26,9501	29,0087	31,1396	28,8742	28,9261	29,1539	34,7507	33,9511	30,3225	32,156	29,0933	28,0368	26,9165	33,1075	30,8391	32,3688	30,20
	Celkový čas strávený čak	18,5119	17,0256	17,8102	16,0156	18,5161	16,7259	16,675	19,2075	19,2115	16,533	16,1513	19,6662	17,0054	17,8501	18,3548	17,8458	17,4749	15,9098	19,4729	16,6958	17,7809	17,64
	Čakanie na obsluhu pri	2,7988	2,77161	2,51495	3,03877	3,5078	2,78627	2,53626	3,33876	3,1998	2,21257	2,93444	2,30175	2,96624	2,89457	2,06642	2,97517	3,88703	2,70952	3,4136	2,94105	2,56126	2,87
	Zákazníci sa nezmestili	0	2	1	3	0	0	0	1	0	2	1	0	2	1	4	0	2	0	0	0	0	0,90
3	Celkový Počet zákazníkov	33	32	24	34	39	27	43	38	37	38	49	40	30	49	41	39	32	38	35	37	36	36,71
	Čas strávený v reštaurácii	27,5396	26,8069	28,0911	27,4956	27,4391	30,032	27,125	25,9373	29,734	25,8733	27,3838	27,192	27,2866	25,0132	28,3642	27,4861	27,6198	28,3228	26,6991	25,5945	28,5526	27,41
	Celkový čas strávený čak	15,855	16,3995	15,4568	14,6383	16,0806	16,9196	15,3199	14,9596	15,4334	15,3361	13,307	15,8374	15,7881	14,8583	13,9445	15,3034	14,5571	16,3468	15,017	15,1042	16,2401	15,37
	Čakanie na obsluhu pri	2,19941	1,88551	1,83768	1,90792	2,06388	2,08723	1,87579	1,87516	1,75639	2,17858	2,19513	2,13965	1,2973	2,26777	1,79598	1,58438	1,69593	2,37391	1,96879	2,25892	1,8876	1,96
	Zákazníci sa nezmestili	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0	2	8	0	0	0	1	0	0	0	0,86

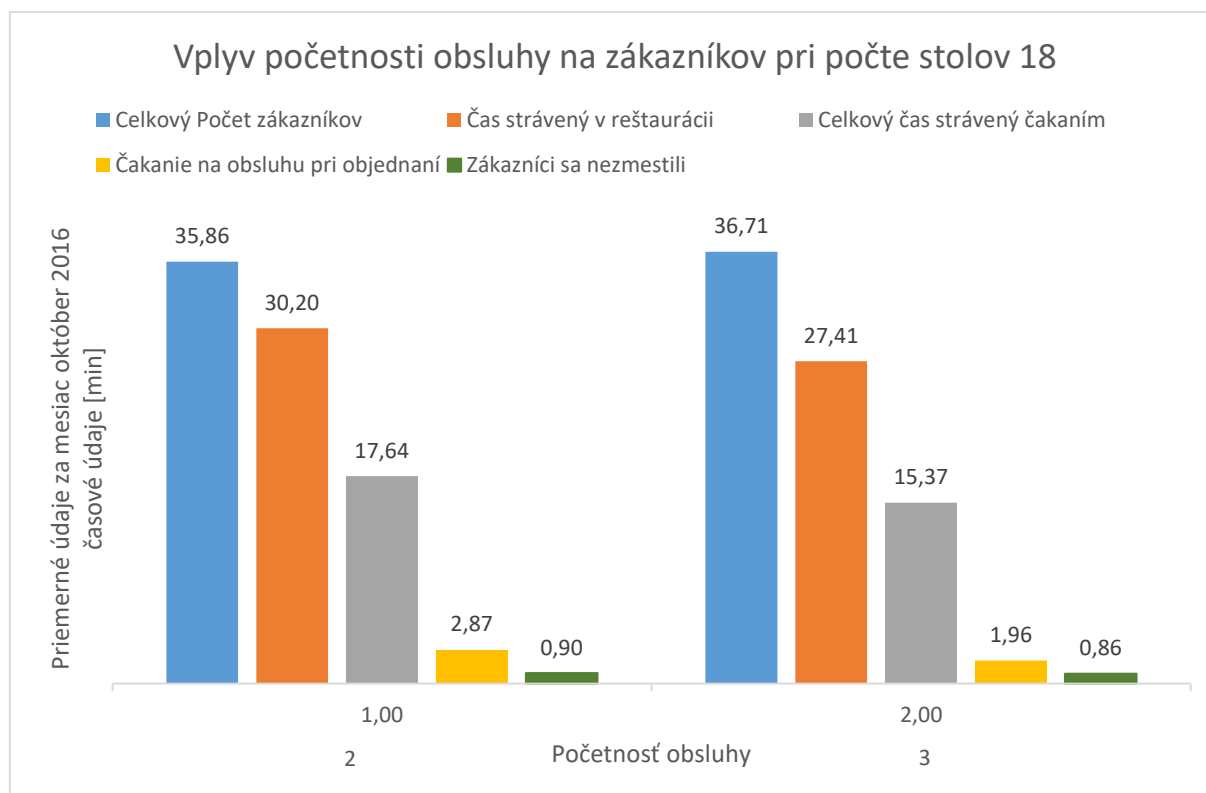
Tabuľka 3: Sledované výstupné dáta pri frekvencii zákazníkov s exponenciálnym rozložením so strednou hodnotou 4,2 (minúty) a 18 stolmi

Opäť dáta prezentujeme v grafickej forme. Zvýšenie počtu stolov nijak neprispelo k zvýšeniu celkového počtu zákazníkov. Tento fakt prisudzujeme frekvencii v akej vstupovali zákazníci do reštaurácie, keďže tá sa nezvyšovala.

Je však viditeľný pokles v celkovom čase stráveným čakaním, z čoho určite profitujú zákazníci, nie však podnik, pretože je nutné zamestnávať personál o troch osobách pričom jednoznačne stačí zamestnávať dve osoby.



Graf 2: Vplyv početnosti obsluhy na zákazníkov pri počte stolov 16



Graf 3: Vplyv početnosti obsluhy na zákazníkov pri počte stolov 16

5.3 Závery experimentov

Z experimentov je možné odvodiť správanie systému s dostatočnou dôveryhodnosťou. Experimenty pomocou simulačného modelu dokázali opodstatnenosť výpomoci v čase obednej špičky. Navyšovanie personálu by ani pri navýšení kapacity neviedlo k zvýšeniu efektivity či produktivity.

6 Zhrnutie simulačných experimentov a záver

V rámci projektu sme vytvorili abstraktný model, ktorý je možné využiť na simuláciu reštauračného zariadenia v čase obednej špičky. Pomocou experimentov sme dokázali validitu modelu a potvrdili sme nutnosť zamestnania ďalšej čašníčky počas obedu.

7 Literatúra

- [1] PERINGER, P: Modelovanie a simulácia, 2016 [cit. 2016-12-6]
[online] <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [2] PERINGER, P: SIMulation LIBrary for C++, 2009 [cit. 2016-12-6]
[online] <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [3] PERINGER, P: Source code documentation, SIMulation LIBrary for C++, 2014 [cit. 2016-12-6]
[online] <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html/>
- [4] HRUBÝ, M: Prezentácia k demo cvičeniu číslo 1. [cit. 2016-12-6]
[online] <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/uploads/1/ims-demo1.pdf>
- [5] HRUBÝ, M: Prezentácia k democvičeniu číslo 2. [cit. 2016-12-6]
[online] <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/uploads/1/diskr2-2011.pdf>