



Technická správa k projektu do predmetu IMS - Modelování a simulace

Zadanie: 2. Model pošty

Autori: Tibor Dudlák, xdudla00
Patrik Segedy, xseged00

6. Decembra 2016

Obsah

1. Úvod	2
1.1. Autori práce	2
1.2. Overenie validity modelu	2
1.3. Zadanie projektu “model pošty”	2
2. Rozbor témy a použitých metód/technológií	3
2.1. Použité postupy	5
3. Konceptcia modelu	5
3.1. Konceptuálny model	5
3.2. Formy konceptuálneho modelu	6
4. Architektúra simulačného modelu	7
5. Podstata a priebeh simulačných experimentov	8
5.1. Všeobecný postup experimentovania	8
5.2. Dokumentácia experimentov	9
5.2.0 Experiment 0	9
5.2.1 Experiment 1	9
5.2.2 Experiment 2	10
5.2.3 Experiment 3	11
5.2.4 Experiment 4	11
5.2.5 Experiment 5	12
5.2.6 Experiment 6	12
5.2.7 Experiment 7	13
5.2.8 Experiment 8	14
5.2.9 Experiment 9	14
5.3. Závery experimentov	15
6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver	16
Referencie	17

1. Úvod

Tento dokument popisuje prácu, ktorá vznikla ako projekt do predmetu tretieho ročníka bakalárskeho štúdia - Modelování a simulace. Samotná práca popisuje postup vytvárania modelu[1](snímok 7) pošty a následne jeho simuláciu[1](snímok 8). Vďaka vytvorenému modelu a nad ním vykonanými simulačnými experimentmi bude znázornené chovanie systému pri rôznej záťaži a rôznej skladbe prepážok na pošte. Zmyslom projektu bude demonštrovať, či je vyvolávací systém pošty v aktuálnej konfigurácii dostatočne efektívny. V opačnom prípade bude cieľom navrhnúť zmeny, ktoré by mohli priemernú dobu v systéme skrátiť.

1.1. Autori práce

Autormi tejto práce sú Tibor Dudlák a Patrik Segedy. Veľká vďaka patrí pani Agnes Loukotovej, ktorá je vedúcou prevádzky pošty na námestí Svornosti 2573/6, *Brno*, *Žabovřesky*, vďaka ktorej bolo získavanie vedomostí o vyvolávacom systéme tejto pobočky omnoho jednoduchšie.

1.2. Overenie validity modelu

Validitu modelu systému sme mohli priebežne overovať vďaka nameraným hodnotám a získaným informáciám z pošty. Výsledok nameraných hodnôt sme porovnávali s výstupmi simulácie. Priemerné časy obsluhy, respektíve doba strávená v systéme, získaná simulovaním modelovaného vyvolávacieho systému sa približne zhoduje s hodnotami, ktoré nám boli poskytnuté ako približné štatistiky vybranej pošty za mesiac.

1.3. Zadanie projektu “model pošty”

“Zvolte si reálnou poštu s alespoň pěti přepážkami (s výjimkou pošty na *Mojmírově nám.*). Šetřením na místě zjistěte a modelujte procesy příchodů zákazníků (v období špičky) a doby obsluhy. Odhadněte/sledujte strukturu požadavků zákazníků (podání zásilky, vyzvednutí zásilky, peněžní služby apod). Systém modelujte. Modelujte zpracování jednotlivých požadavků s respektováním reality pošty (uskladnění balíků, zásilek, apod.). Experimenty zjistěte optimální skladbu přepážek.”

Zadania pre akademický rok 2016/2017 sú dostupné na verejných stránkach predmetu[2].

2. Rozbor témy a použitých metod/technológií

Pre vytvorenie validného modelu pošty je potrebné vedieť to, ako na danej pošte vyvolávací systém funguje, čo sa nám vďaka osobnému stretnutiu s pani Agnes Loukotovou aj podarilo zistiť.

Pred otvorením pošty v čase od 7:00 do 8:00 majú zamestnankyne pošty v popise práce triedenie pošty a prijatých balíkov a k nim prislúchajúce rutiny. Balíky prichádzajú na poštu 3x denne a o ich uskladnenie sa vždy postará samotný vodič českej pošty za asistencie pracovníčky pošty, ktorá nepracuje pri prepážke. V čase od 12:30 do 13:00 prebieha zmena smien pracovníčok pri prepážkach.

Pošta má počas celej otváracej doby, od 8:00 do 18:00, otvorených všetkých šesť prepážok. Vyvolávací systém je nakonfigurovaný tak, že všetky prepážky sú pre bežné služby univerzálne. Balíkové služby sú vybavované prevažne na prepážkach označených číslom 9 a 10, pričom podávanie balíkov obsluhujú iba tieto prepážky. Czech POINT[4], teda špeciálne služby verejnej správy, sú obsluhované prioritne na prepážkach označených 1 a 2. Prepážky označené 4 a 5 slúžia na predaj rôzneho sortimentu pošty, od obálok a známok, po diaľničné nálepky, vykonávaného taktiež s vyššou prioritou. Poskytnuté štatistické údaje sú uvedené v tabuľke *Tabuľka 1: Získané údaje*.

Informácia	Údaj	Zdroj
Vyvolávací systém	<i>popísané vyššie</i>	p. Loukotová
Počet zákazníkov za mesiac	približne 15000 (mimo Vianoc)	p. Loukotová
Vydávanie dôchodkov	každý párný deň do 24. kalendárneho dňa v mesiaci	p. Loukotová
Počet vydaných dôchodkov	100 - 120 prevažne do obedu	p. Loukotová
Požadovaný priemerný čas strávený v systéme	maximálne 6 minút	p. Loukotová

Tabuľka 1: Získané údaje

Počas celej pracovnej doby sú otvorené všetky prepážky pošty bez ohľadu na aktuálne vytťaženie systému. Zákazník si vždy po vstupe do systému zvolí typ služby, k čomu slúžia dve zariadenia, ktoré mu vrátia jeho poradové číslo. Systém ďalej rozdeľuje tieto požiadavky do front. Každá prepážka má svoju vlastnú frontu. Nové požiadavky systém zaradí podľa ich typu do fronty a to tak, že vyberie najkratšiu frontu k prepážke, ktorá poskytuje obsluhu pre vybranú službu. Po vybavení služby zákazník opúšťa systém.

V čase špičky pošty sme merali časy medzi príchodmi zákazníkov na poštu. Pozorovali sme a zapisovali si typ služby vybranej stlačením tlačidla na zariadeniach vyvolávacieho systému, ktorý si každý zákazník pri príchode vyberal. Merali sme taktiež doby obslúh jednotlivých požiadaviek (služieb) zákazníkov a rozdelili si tieto údaje podľa typu požiadavky. Z nameraných údajov sme vyvodili základné vlastnosti modelovaného systému a sú zhrnuté v tabuľke *Tabuľka 2: Namerané údaje*.

Údaj	Hodnota
Priemerný čas medzi príchodmi	0.85 min
Pravdepodobnosť : Listové služby	44 %
Priemerná doba obsluhy podanie listových zásielok	3.11 min
Priemerná doba obsluhy príjem listových zásielok	2.34 min
Priemerná doba obsluhy listov všeobecne	2.82 min
Pravdepodobnosť : Podanie balíka	16 %
Priemerná doba obsluhy podania balíkov	2.58 min
Priemerná doba uskladnenia balíkov	0.8 min
Pravdepodobnosť : Výdaj balíka	18 %
Priemerná doba obsluhy výdaju balíkov	2.7 min
Pravdepodobnosť : Czech POINT	1.3 %
Priemerná doba obsluhy Czech POINT	14.2 min (1 záznam)
Pravdepodobnosť : Predaj sortimentu	1 %
Priemerná doba obsluhy predaj sortimentu	1 min
Pravdepodobnosť : Ostatné služby pošty	19.7 %
Priemerná doba obsluhy ostatných služieb	2.51 min

Tabuľka 2: Namerané údaje

2.1. Použité postupy

Vyvíjaný program, ktorý reprezentuje modelovaný systém, sme naprogramovali v jazyku C++ za pomoci knižnice SIMLIB[5]. Narozdiel od, na spracovanie a úpravu zložitých, virtuálnych strojov, ktorých samotná analýza, s cieľom získania štatistických výsledkov, trvá dlhú dobu, je SIMLIB prostriedkom, ktorý umožňuje simuláciu s potrebnými štatistikami bez nutnej zložitej analýzy. Samotná knižnica SIMLIB obsahuje množstvo tried a metód vhodných práve pre názornú simuláciu modelov systémov.

3. Konceptcia modelu

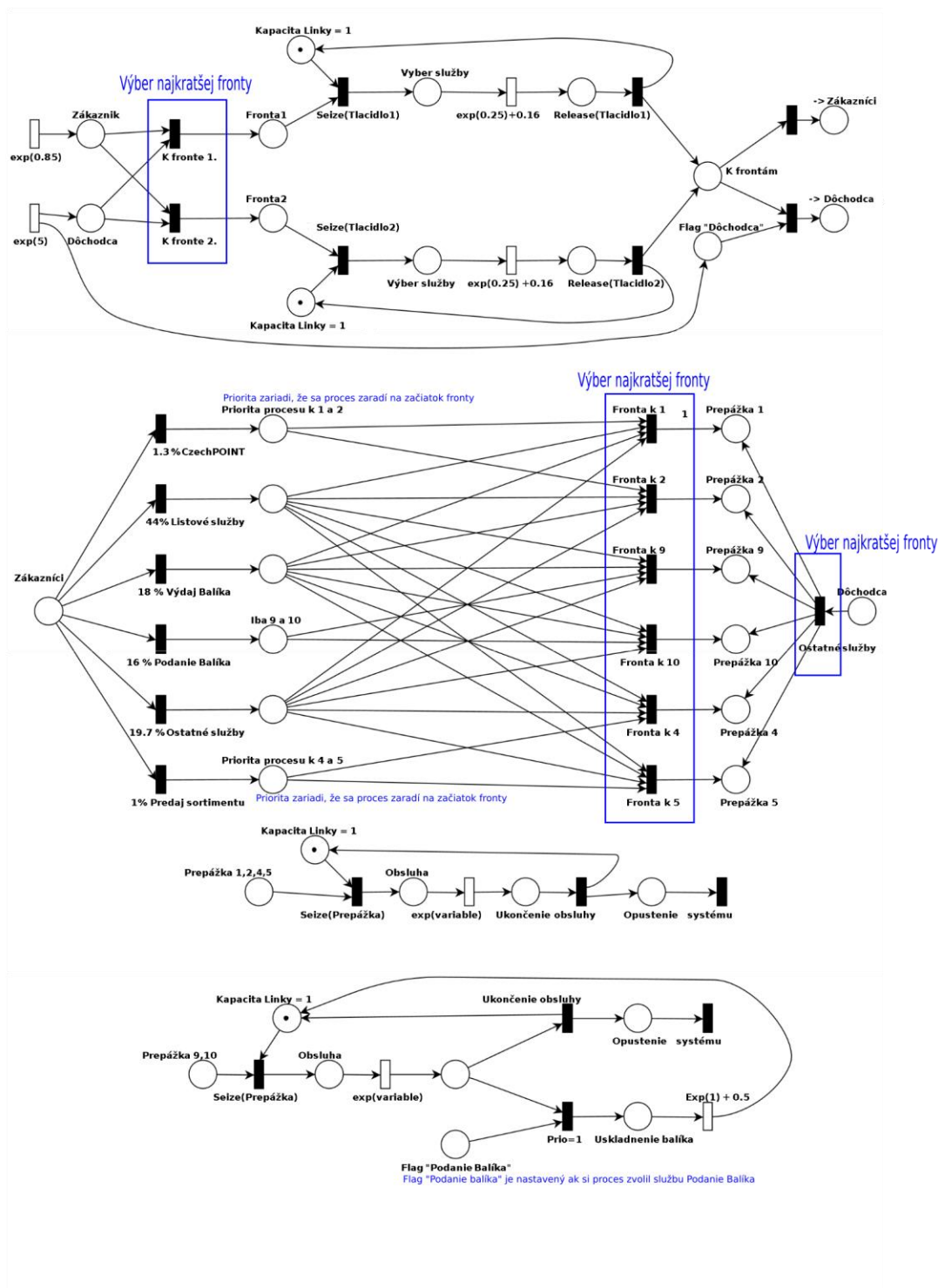
Cieľom projektu bolo simulovať model pošty obsahujúci procesy reprezentujúce zákazníkov a dobu ich obsluhy v čase špičky. Vzhľadom na to, výsledný model systému zahŕňa iba procesy zákazníkov a obslužné linky, ktoré reprezentujú prepážky. Pri návrhu modelu systému sme teda zanedbali každodenné rutiny, triedenie pošty, priebežne uskladňovanie nových balíkových zásielok a zmenu smien. Služby predaj sortimentu (produktov) a Czech POINT sme modelovali s prioritou procesu pre určené prepážky. Vybavenie balíkových služieb nie je prioritné ale podanie balíkov je vybavované iba pri určených prepážkach.

3.1. Konceptuálny model

Vstupom simulácie je zákazník, ktorý prichádza na poštu s exponenciálnym rozložením[1](snímok 91). Okamžite po vstupe sa proces zákazníka radí do fronty kratšej z dvoch patriacim obslužným linkám, ktoré sú prvkom vyvolávacieho systému. Tieto dve obslužné linky zisťujú požiadavky zákazníkov. Po vybratí služby systém zákazníka priradí do najkratšej z front, ktoré prislúchajú prepážke obsluhujúcej vybraný typ služby zákazníkom. Služby Czech POINT a predaj sortimentu sú modelované s prioritou procesu, tak, že tento proces je pomyselné zaradený na začiatok najkratšej fronty k prepážke, ktorá tieto služby obsluhuje. Pokiaľ sa stane, že proces zákazníka čaká vo fronte 30 minút, tak okamžite opúšťa systém. Proces opúšťa systém taktiež po dokončení obsluhy pri prepážke. Po vybavení obsluhy podania balíku je potrebné aby pracovníčka pošty prijatý balík aj uskladnila, preto po dokončení obsluhy nevyvolá nasledujúceho zákazníka okamžite. Model obsahuje taktiež proces dôchodcu, ktorý si príde vybrať dôchodok.

3.2. Formy konceptuálneho modelu

Abstraktný model pošty je popísaný pomocou Petriho siete[3] na obrázkoch nižšie na základe výberu relevantných informácií získaných od p. Loukotovej a informácií získaných sledovaním systému.



4. Architektúra simulačného modelu

V implementácii je využitý generátor typu `Event`. Tento generátor je implementovaný triedou `Generator`, ktorá obsahuje atribúty `Interval` a `Type`. Atribút `Interval` určuje v akých časových intervaloch sa generátor bude spúšťať. Atribút `Type` určuje typ procesu, ktorý sa týmto generátorom aktivuje. Prvým typom procesu je generovanie príchodu zákazníkov na poštu, tento proces je popísaný triedou `ObsZakaznika`. Druhou možnosťou je generovať príchody dôchodcov pre dôchodky. Proces vyplácania dôchodkov je implementovaný triedou `Dochodok`.

Prepážky sú modelované typom `Facility` a sú uložené v dátovej štruktúre typu `std::vector`. V modeli sa rozlišujú 3 typy prepážok: univerzálne prepážky, prepážky poskytujúce aj podanie balíkov a prepážky umožňujúce služby Czech POINT. Zariadenia vyvolávacieho systému sú modelované typom `Facility`. Model obsahuje dva zariadenia vyvolávacieho systému. Počet prepážok je implicitne nastavený na 6 (z každého typu po 2 prepážky).

Model rozlišuje 6 služieb:

- Listové služby
- Podanie balíka
- Príjem balíka
- Czech POINT
- Predaj sortimentu
- Ostatné služby (peňažné služby, sporenie a podobne)

Transakcia obsluhy zákazníka je modelovaná triedou `ObsZakaznika`, ktorá dedí od triedy `Process`. Najprv si musí zákazník vybrať poradové číslo z vyvolávacieho systému, teda zaberie zariadenie vyvolávacieho systému - `Facility VyvSystem`, počká čas určený exponenciálnym rozložením a uvoľní vyvolávací systém. Následne sa pomocou funkcie `Random()` určí aká služba sa priradí ku zákazníkovi. Potom sa zákazník zaradí do najkratšej fronty k prepážke, ktorá obsluhuje túto službu, zaberie prepážku, počká čas vygenerovaný funkciou `Normal()` a uvoľní prepážku.

Transakcia vyplácania dôchodkov je implementovaná v triede `Dochodok`. Priebeh vykonávania je takmer rovnaký ako pri obsluhu zákazníka s tým rozdielom, že sa zákazníkovi nepriradí žiadna služba a vyberá si najkratšiu frontu zo všetkých prepážok.

Ku zdokumentovaniu doby zákazníka v systéme, doby strávenej pri vyvolávacom systéme a doby zákazníka v systéme, ktorý si prišiel vyplatiť dôchodok je využitá trieda `Histogram`. Pre zaznamenanie štatistík pre jednotlivé služby sa využíva trieda `Stat`.

5. Podstata a priebeh simulačných experimentov

Experimenty prebiehali hneď po dokončení simulačného modelu a to na nájdenie najvhodnejších hodnôt, ktoré sme nenamerali, respektíve nemali k nim prístup. Experimentovali sme taktiež aj s funkciami rozloženia a následne aj vhodné vybrali. Po nájdení vhodných hodnôt sme začali experimentovať s nastaveniami systému, presnejšie počtom otvorených univerzálnych alebo balíkových prepážok.

Keďže boli merania vykonávané v čase špičky, nezaznamenali sme žiadne výbery dôchodkov. Preto bolo potrebné údaje, hlavne čas obsluhy, vhodne aproximovať. Následne sme experimentovali s generovaním procesov reprezentujúcich dôchodcov v čase špičky pošty.

Experimentovali sme taktiež s hustotou príchodu zákazníkov a navýšili pravdepodobnosť výberu balíkových služieb a taktiež aj listových zásielok, pod ktoré patria pohľadnice. Tento experiment sme nazvali Vianočná prevádzka.

Ďalej sme experimentovali s počtom otvorených prepážok, hlavne z dôvodu, že sme chceli odsimulovať ako sa zmenia fronty a doba strávená na pošte ak by došlo k podaniu výpovede od zamestnankyne pošty.

Nakoniec sme skúsili vyvážiť zaťaženie obslužných liniek, ktoré sa zdá byť nerovnomerné.

5.1. Všeobecný postup experimentovania

- Nastavenie parametrov programu podľa simulovaného experimentu
 - bez parametrov - základný model
 - s parametrami popísanými v Makefile - upravený model
- Spustenie simulácie
- Porovnanie výsledkov

5.2. Dokumentácia experimentov

5.2.0 Experiment 0

Tento experiment demonštruje chod pošty počas špičky.

Priemerná doba strávená v systéme: 5.59836 čo vyhovuje požiadavkám pošty.

Systémové linky majú nasledujúce vytťaženie:

- Linka 1 (Prepážka 4) - 96.2186 %
- Linka 2 (Prepážka 5) - 83.8927 %
- Linka 3 (Prepážka 1) - 72.1757 %
- Linka 4 (Prepážka 2) - 35.9151 %
- Linka 5 (Prepážka 9) - 73.5001 %
- Linka 6 (Prepážka 10) - 29.3014 %

Do systému spolu vošlo 705 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 309 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.78674 min
- 122 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.83055 min
- 120 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.7185 min
- 12 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 15.606 min
- 6 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 0.940171 min
- 145 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 3.1882 min
- 1 zákazník opustil systém po 30 minútach

5.2.1 Experiment 1

Tento experiment simulujeme so základnými parametrami modelovaného systému. Experiment demonštruje chovanie sa systému v špičke, ak by si počas nej chodili dôchodcovia vyberať svoju penziu.

Priemerná doba strávená v systéme: 5.55907 min

Systémové linky majú nasledujúce vytťaženie:

- Linka 1 (Prepážka 4) - 95.6015 %
- Linka 2 (Prepážka 5) - 87.1092 %
- Linka 3 (Prepážka 1) - 75.1785 %
- Linka 4 (Prepážka 2) - 50.07 %
- Linka 5 (Prepážka 9) - 73.8374 %
- Linka 6 (Prepážka 10) - 38.1238 %

Do systému spolu vošlo 829 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 317 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.81762 min
- 129 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.80093 min

- 111 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.57909 min
- 9 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 18.1927 min
- 9 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 1.02391 min
- 104 x Dôchodky - priemerný čas obsluhy: 1.93918 min
- 144 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 2.93463 min
- 1 zákazník opustil systém po 30 minútach

5.2.2 Experiment 2

Tento experiment simulujeme obdobne ako v kapitole 5.2.1 Experiment 1. Experiment demonštruje chovanie sa systému pri implementácii jednoduchého load balancingu.

Priemerná doba strávená v systéme: 5.85698

Systémové linky majú nasledujúce vytťaženie:

- Linka 1 (Prepážka 4) - 62.2623 %
- Linka 2 (Prepážka 5) - 64.7832 %
- Linka 3 (Prepážka 1) - 78.0814 %
- Linka 4 (Prepážka 2) - 71.2413 %
- Linka 5 (Prepážka 9) - 79.7181 %
- Linka 6 (Prepážka 10) - 85.47 %

Do systému spolu vošlo 829 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 321 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.84005 min
- 132 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 3.01792 min
- 126 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.51598 min
- 12 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 15.1428 min
- 8 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 0.945676 min
- 127 x Dôchodky - priemerný čas obsluhy: 1.96078 min
- 133 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 2.96056 min
- 3 zákazníci opustili systém po 30 minútach

5.2.3 Experiment 3

Vianočná prevádzka bez vyplácania dôchodkov.

Priemerná doba strávená v systéme: 8.40083

Systémové linky majú nasledujúce vytťaženie:

- Linka 1 (Prepážka 4) - 96.2186 %
- Linka 2 (Prepážka 5) - 83.8927 %
- Linka 3 (Prepážka 1) - 72.1757 %
- Linka 4 (Prepážka 2) - 35.9151 %
- Linka 5 (Prepážka 9) - 73.5001 %
- Linka 6 (Prepážka 10) - 29.3014 %

Do systému spolu vošlo 1054 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 571 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.70924 min
- 244 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.70727 min
- 191 x Príjem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.62992 min
- 9 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 17.8833 min
- 5 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 0.951127 min
- 34 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 3.02978 min
- 2 zákazníci opustili systém po 30 minútach

5.2.4 Experiment 4

Vianočná prevádzka s vyplácaním dôchodkov.

Priemerná doba strávená v systéme: 11.7481

Systémové linky majú nasledujúce vyt'azenie:

- Linka 1 (Prepážka 4) - 98.9233 %
- Linka 2 (Prepážka 5) - 95.1597 %
- Linka 3 (Prepážka 1) - 90.2468 %
- Linka 4 (Prepážka 2) - 81.5162 %
- Linka 5 (Prepážka 9) - 96.6322 %
- Linka 6 (Prepážka 10) - 91.239 %

Do systému spolu vošlo 1116 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 517 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.82642 min
- 248 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.60493 min
- 169 x Príjem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.41337 min
- 15 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 16.8112 min
- 9 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 1.12499 min
- 115 x Dôchodky - priemerný čas obsluhy: 1.96972 min
- 40 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 2.95034 min
- 40 zákazníkov opustilo systém po 30 minútach

5.2.5 Experiment 5

Vianočná prevádzka s vyplácaním dôchodkov a aplikované rozloženie zaťaženia.

Priemerná doba strávená v systéme: 10.6386

Systémové linky majú nasledujúce vyťaženie:

- Linka 1 (Prepážka 4) - 80.125 %
- Linka 2 (Prepážka 5) - 82.7988 %
- Linka 3 (Prepážka 1) - 94.2576 %
- Linka 4 (Prepážka 2) - 94.542 %
- Linka 5 (Prepážka 9) - 98.5131 %
- Linka 6 (Prepážka 10) - 98.7951 %

Do systému spolu vošlo 1116 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 522 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.77126 min
- 205 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.74028 min
- 202 x Príjem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.54878 min
- 11 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 18.0157 min
- 10 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 1.08549 min
- 127 x Dôchodky - priemerný čas obsluhy: 2.09026 min
- 36 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 2.971 min
- 16 zákazníkov opustilo systém po 30 minútach

5.2.6 Experiment 6

V tomto experimente a ďalších, ktoré po ňom nasledujú budeme experimentovať so skladbou prepážok počas Vianočných sviatkov. Dôchodcov vynecháme a pre tento a nasledujúci experiment ich generovať nebudeme. V tomto experimente jednu prepážku na príjem balíkov.

Priemerná doba strávená v systéme: 6.07337

Systémové linky majú nasledujúce vyťaženie:

- Linka 1 (Univerzálna) - 97.4487 %
- Linka 2 (Univerzálna) - 92.9719 %
- Linka 3 (Czech POINT) - 82.5597 %
- Linka 4 (Czech POINT) - 60.1826 %
- Linka 5 (Balíková) - 95.2723 %
- Linka 6 (Balíková) - 74.0008 %
- Linka 7 (Balíková) - 40.498 %

Do systému spolu vošlo 986 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 486 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.81324 min
- 259 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.72603 min
- 176 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.76612 min
- 15 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 15.5061 min
- 7 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 1.16794 min
- 43 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 2.92577 min

5.2.7 Experiment 7

V tomto experimente ponecháme počet prepážok podľa základného rozloženia. Jediné čo zmeníme je typ jednej prepážky z Czech POINT na Balíkovú. V tomto experimente taktiež negenerujeme dôchodcov.

Priemerná doba strávená v systéme: 8.83575

Systémové linky majú nasledujúce vytťaženie:

- Linka 1 (Univerzálna) - 98.1115 %
- Linka 2 (Univerzálna) - 92.7116 %
- Linka 3 (Czech POINT) - 89.7376 %
- Linka 4 (Balíková) - 97.8341 %
- Linka 5 (Balíková) - 88.1773 %
- Linka 6 (Balíková) - 67.5432 %

Do systému spolu vošlo 720 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 499 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.80031 min
- 239 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.7331 min
- 198 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.70759 min
- 17 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 15.3883 min
- 11 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 0.94408 min
- 30 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 2.7754 min
- 13 zákazníkov opustilo systém po 30 minútach

5.2.8 Experiment 8

V tomto experimente pridáme dve prepážky jednu balíkovú a jednu univerzálnu k základnej skladbe prepážok na pošte. V konečnom dôsledku takto budeme mať 8 prepážok. Pre tento experiment nebudeme generovať procesy dôchodcov.

Priemerná doba strávená v systéme: 5.64569

Systémové linky majú nasledujúce vytáženie:

- Linka 1 (Univerzálna) - 97.1024 %
- Linka 2 (Univerzálna) - 90.6422 %
- Linka 3 (Univerzálna) - 68.1752 %
- Linka 4 (Czech POINT) - 56.1698 %
- Linka 5 (Czech POINT) - 28.9993 %
- Linka 6 (Balíková) - 87.0243 %
- Linka 7 (Balíková) - 59.6258 %
- Linka 8 (Balíková) - 20.5421 %

Do systému spolu vošlo 966 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 497 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.80065 min
- 230 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.73772 min
- 193 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.33035 min
- 8 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 20.1432 min
- 4 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 0.98027 min
- 34 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 3.08783 min

5.2.9 Experiment 9

Tento experiment je rozšírením experimentu 8. Rozšírenie sa týka generovania procesov dôchodcov.

Priemerná doba strávená v systéme: 5.88602

Systémové linky majú nasledujúce vytáženie:

- Linka 1 (Univerzálna) - 98.6915 %
- Linka 2 (Univerzálna) - 93.9453 %
- Linka 3 (Univerzálna) - 81.6273 %
- Linka 4 (Czech POINT) - 79.3849 %
- Linka 5 (Czech POINT) - 51.1754 %
- Linka 6 (Balíková) - 88.6577 %
- Linka 7 (Balíková) - 57.3862 %
- Linka 8 (Balíková) - 22.1978 %

Do systému spolu vošlo 1082 procesov reprezentujúcich zákazníkov z toho:

- 492 x Listové služby - priemerný čas obsluhy: 2.84665 min
- 215 x Podanie balíka - priemerný čas obsluhy: 2.67241 min
- 208 x Prijem balíka - priemerný čas obsluhy: 2.85374 min
- 10 x Czech POINT - priemerný čas obsluhy: 20.3707 min

- 9 x Predaj sortimentu - priemerný čas obsluhy: 0.804335 min
- 115 x Dôchodky - priemerný čas obsluhy: 2.14398 min
- 33 x Ostatné služby - priemerný čas obsluhy: 3.10314 min
- 1 zákazník opustil systém po 30 minútach

5.3. Závery experimentov

Celkovo sme demonštrovali 10 experimentov, ktoré boli vykonávané nad aktuálnou aj pozmenenou skladbou prepážok na pošte s rôznymi zaťaženiami. Pri vyšších záťažach sú výsledky simulácie neprijateľné s požadovanou dobou strávenou v systéme. Postupným experimentovaním s rozložením prepážok sme došli k záveru, že tento problém, hlavne v období Vianočných sviatkov, by malo otvorenie ďalšej Balíkovej prepážky odstrániť.

6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver

Tento model je schopný spracovať jednotlivé požiadavky procesov zákazníkov, ktorý do systému vstupujú. Počas vytvárania modelu sme využívali vedomosti nadobudnuté na prednáškach a demonštračných cvičeniach predmetu. Experimentovaním so simulačným modelom sme prišli na viacero implementačných chýb, ktoré sa nám podarilo aj odstrániť. Simulačnými experimentmi sme demonštrovali správanie sa systému pri rôznej záťaži a rôznorodej skladbe prepážok na modelovanej pošte. Z výsledku simulačných experimentov sme usúdili, že aktuálna konfigurácia vyvolávacieho systému je dostatočne optimálna. Problémy, ktoré by mohli nastať počas obdobia Vianočných sviatkov by bola pošta schopná riešiť otvorením jednej prepážky určenej aj k podaniu balíka. Vybraná pošta má dostatočné množstvo neaktívnych prepážok, ktoré by mohli v podobných situáciách skrátiť priemernú dobu zákazníka v systéme.

Referencie

- [1] PERINGER P. Slajdy k přednáškám modelování a simulace, Verze 20.9.2016 [online]. [cit. 2016-12-06].
Dostupné z: <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMS-IT/lectures/IMS.pdf>
- [2] Stránka predmetu [online]. [cit. 2016-12-06].
Dostupné z: <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/39>
- [3] Petri net. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Petri_net
- [4] Czech POINT [online]. [cit. 2016-12-06].
Dostupné z: <https://www.ceskaposta.cz/sluzby/egovernment/czechpoint>
- [5] PERINGER P. SIMulation LIBrary for C++, 2011, [online]. [cit. 2016-12-06].
Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>