

VYSOKÉ UČENIE TECHNICKÉ V BRNE FAKULTA INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ



Modelovanie a simulácie (IMS) 2016/2017

Varianta číslo 2.

Model pošty

Obsah

1	Úvod	2
1.1	Autori	2
1.2	Overovanie validity modelu	2
2	Rozbor témy a použitých metód/technológií	2
2.1	Popis použitých postupov	4
2.2	Popis použitých technológií	4
3	Koncepcia	5
3.1	Spôsob vyjadrenia koceptuálneho modelu	5
3.2	Popis konceptuálneho modelu	5
4	Architektúra simulačného modelu	6
4.1	Mapovanie abstraktného modelu do simulačného	6
5	Podstata simulačných experimentov a ich priebeh	7
5.1	Postup experimentovania	7
5.2	Dokumentácia jednotlivých experimentov	8
5.2.1	Experiment 1: rozloženie prepážok reálne sa nachádzajúce na pošte	8
5.2.2	Experiment 2: rozloženia pre zníženie čakania balíkových služieb	10
5.2.3	Experiment 3: rozloženia pre dosiahnutie rovnováhy čakania všetkých troch služieb	12
5.2.4	Experiment 4: ďalšie variácie rozložení funkcií prepážok	13
5.3	Závery experimentov	15
6	Záver	15

1 Úvod

V tejto práci je riešená implementácia projektu pre predmet Modelovanie a simulácie, ktorá bude použitá pre zostavenie modelu pošty v období špičky. Na základe modelu([1] slajd 7) a simulačných experimentov bude ukázané chovanie systému činnosti pošty v podmienkach najväčšej prevádzky. Zmyslom experimentu je demonštrovať a simulovať([1] slajd 33) rôzne kombinácie typov odbavovacích prepážok a zistiť ich ideálne rozloženie, tak aby mohli pracovníci pošty odbavovať zákazníkov čo najefektívnejšie a najrýchlejšie.

Táto práca je náročná z pohľadu množstva kombinácií usporiadania typov prepážok. Pre prácu bolo nutné sledovať reálnu prevádzku fyzickej pošty na Masarykovej ulici v Prešove, naštudovať výročné správy a spracovať získané informácie do formy modelu. Ten je vo svojom obore zaujímavý v tom, že by mohol reálne pomôcť zrýchliť a zefektívniť prevádzku pošty na Masarykovej ulici v Prešove.

1.1 Autori

Tento projekt vznikol na Fakulte Informačných Technológií v Brne. Autormi tejto práce sú študenti tretieho ročníka bakalárskeho štúdia Ľubomír Gallovič (xgallo03@stud.fit.vutbr.cz) a Michal Ormoš(xormos00@stud.fit.vutbr.cz).

1.2 Overovanie validity modelu

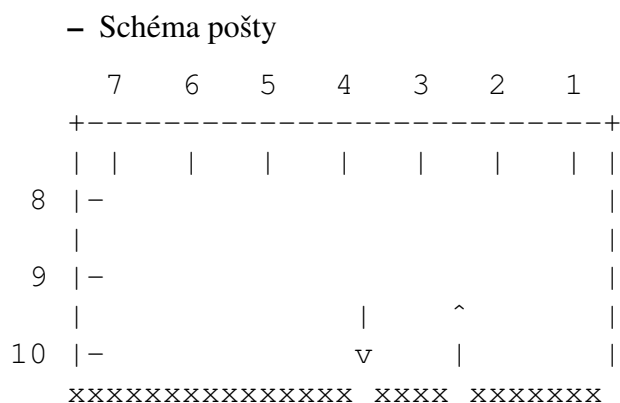
Validita modelu ([1] slajd 37) bola overená pomocou experimentov a to simuláciou vo virtuálnom prostredí. Spustila sa simulácia([1] slajd 10) s nameranými parametrami a reálne využívaným rozložením prepážok na pošte, a výstupy simulácie boli porovnané so skutočnými nameranými hodnotami. Konkrétne museli spolu korešpondovať závislosti priemernej dĺžky radov pri prepážkach a priemerné doby čakania v rade.

2 Rozbor témy a použitých metód/technológií

Témou tejto práce je simulácia fungovania Slovenskej pošty na Masarykovej ulici v dobe špičky. Informácie potrebné pre vytvorenie abstraktného modelu ([1] slajd 10) boli získané šetrením na mieste v budove Slovenskej pošty(Masarykova 2) a pomocou výročných správ Slovenskej pošty[3] a Slovenského úradu pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb [4]. Hodnoty o správaní a štruktúre požiadavkov zákazníkov namerané na pošte:

- Nový zákazník vstúpi na poštu v priemere každých 10 sekúnd.
- Po príchode sa 68% zákazníkov zaradí hneď do fronty a zvyšných 32% zákazníkov začne vypisovať potrebné dokumenty. Ich vypísanie im priemerne zaberie 6 minút, následne sa zaradia do fronty.
- 80% ľudí prišlo na poštu z dôvodu podacích služieb pošty, zvyšných 20% využije dodacie služby.
- Štruktúra požiadavkov podacích služieb:
 - 67% List/Zásielka do 2kg

- 15% Balik/Zásielka do 10kg
- 18% Poštové poukážky, Penažné transakcie
- Štruktúra požiadavkov dodacích služieb:
 - 43% List/Zásielka do 2kg
 - 32% Baliík/Zásielka do 10kg
 - 25% Poštové poukážky, Penažné transakcie, Dôchodky
- Priemerné časy odbavenia pri prepážke(podanie):
 - 1:40 List/Zásielka do 2kg
 - 2:38 Balik/Zásielka do 10kg
 - 1:22 Poštové poukážky, Penažné transakcie
- Priemerné časy odbavenia pri prepážke(dodanie). V čase je započítané odbavenie pri prepážke + hľadanie zásielky v sklade:
 - (0:50 + 1-3min. v sklade) List/Zásielka do 2kg
 - (1:10 + 1-4min. v sklade) Baliík/Zásielka do 10kg
 - 1:10 Poštové poukážky, Penažné transakcie
- Pravdepodobnosť podania resp. dodania viacerých zásielok zákazníkom podľa typu a ich množstvo:
 - 30%, 2-5 Listov/Zásielok do 2kg
 - 20%, 2-4 Baliíkov/Zásielok do 10kg
 - 15%, 2-3 Poštových poukážok, Penažných transakcií
- V prípade viacnásobného podania zásielky je čas podania resp. dodania druhej a nasledujúcich zásielok od rovnakého zákazníka:
 - 0:31 List/Zásielka do 2kg
 - 0:42 Baliík/Zásielka do 10kg
 - 0:29 Poštové poukážky, Penažné transakcie
- Rozdelenie prepážok pošty je nasledovné:



- Funkcia jednotlivých prepážok (listové zásielky vnímame ako zásielky do 2kg a balíky ako zásielky do 10kg)
 - * 1: Listové zásielky, (Stávky, diaľničné známky, telefónne karty, rozhlas a televízia)¹
 - * 2: Listové zásielky, Vystavenie dôchodku
 - * 3: Listové zásielky, peňažné transakcie, (stávky, vystavenia dôchodku)
 - * 4: Listové zásielky, peňažné transakcie, (stávky)
 - * 5: Listové zásielky, peňažné transakcie, (stávky)
 - * 6: Listové zásielky, peňažné transakcie, (cenné papiere, expresné pošta², stávky)
 - * 7: Balíky
 - * 8: Balíky.
 - * 9: Balíky, listové služby, peňažné transakcie, (expresná pošta, známky a kolky, stávky).
 - * 10 Balíky, listové služby.
- Balíky môžu odbavovať len prepážky č. 7, 8, 9, 10, pretože len tieto prepážky sú na to prispôbené (majú otvárateľné okienko na prijímanie veľkých balíkov)
- Priemerný čas zákazníka strávený vo fronte sa odvíja od počtu zákazníkov vo fronte:
 - Priemerný počet zákazníkov vo fronte bol 15 a priemerný čas strávený v rade bol 22 minút.
- Počas špičky boli všetky prepážky otvorené.
- Na pošte bolo odpozorované nasledovné neštandardné správanie zákazníkov:
 - 13% zákazníkov zabúda, že potrebuje vypísať potrebné tlačivo pre podanie, v tom prípade ho pri okienku upozornia, ide ho vypísať a tak sa znova radí na koniec fronty.
 - 6% zákazníkov je netrpezlivých. Ak vo fronte čakajú dlhšie ako (priemerne) 10 minút, a počet zákazníkov pred nimi je stále väčší ako 5 až 9, odchádzajú z pošty nevybavení.
 - 11% zákazníkov hneď pri vstupe poštu opustí, ak vidia, že v najkratšej fronte je viac ako 12 až 16 ľudí.

2.1 Popis použitých postupov

Abstraktný model systému([1] slajd 7) bol popísaný Petriho sieťou. Petriho sieť bola zvolená, pretože ide o vhodný prostriedok pre vytváranie stochastických modelov. Simulačný model([1] slajd 44) bol vytvorený v jazyku C++, konkrétne použitím knižnice SIMLIB. Knižnica slúži na vytváranie simulačných modelov, preto je vhodným prostriedkom pre túto prácu. Grafy zo získaných dát boli vytvorené v programe Microsoft Excel.

2.2 Popis použitých technológií

- C++ <http://www.cplusplus.com/>
- SIMLIB <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>

¹Všetko je vnímané ako peňažné transakcie. Rovnako ako aj kolky a vystavenie dôchodku

²Služba ktorá dokáže doručiť zásielku v rovnaký deň. V našom experimente zanedbávané

- Microsoft Excel 2016 <https://products.office.com/en-us/excel>
- GNU/Linux, distribúcia Fedora a Ubuntu <http://fedoraproject.org>, <http://ubuntu.com>
- g++ <http://www.cprogramming.com/g++.html>

3 Konceptia

V tejto kapitole je definovaný konceptuálny model([1] slajd 48), vytvorený na základe známych faktov o systéme rozoberaných v predchádzajúcich kapitolách. Z konceptuálneho modelu bol priamo vytvorený simulačný model.

3.1 Spôsob vyjadrenia koceptuálneho modelu

Koncepcia vychádza z informácií predstavených v kapitole 2. Konceptuálny model je vyjadrený Petriho sieťou.

3.2 Popis konceptuálneho modelu

Na obrázku [1] je vidieť príchod zákazníka na poštu. Ten do systému vstúpi a radí sa do fronty prístupu k prepážke, alebo vypisuje tlačivo a tak sa radí do fronty. Po čase strávenom čakaním vo fronte pristupuje k voľnému okienku, kde vybavuje svoju požiadavku, alebo je poslaný späť pred frontu vypísať požadované tlačivo. Zákazník sa môže ponáhľať a ak uvidí, že najkratšia fronta je príliš dlhá, hneď odchádza. Rovnako môže opustiť poštu ak je vo fronte v ktorej už čaká nejaký čas a ta sa hýbe príliš pomaly.

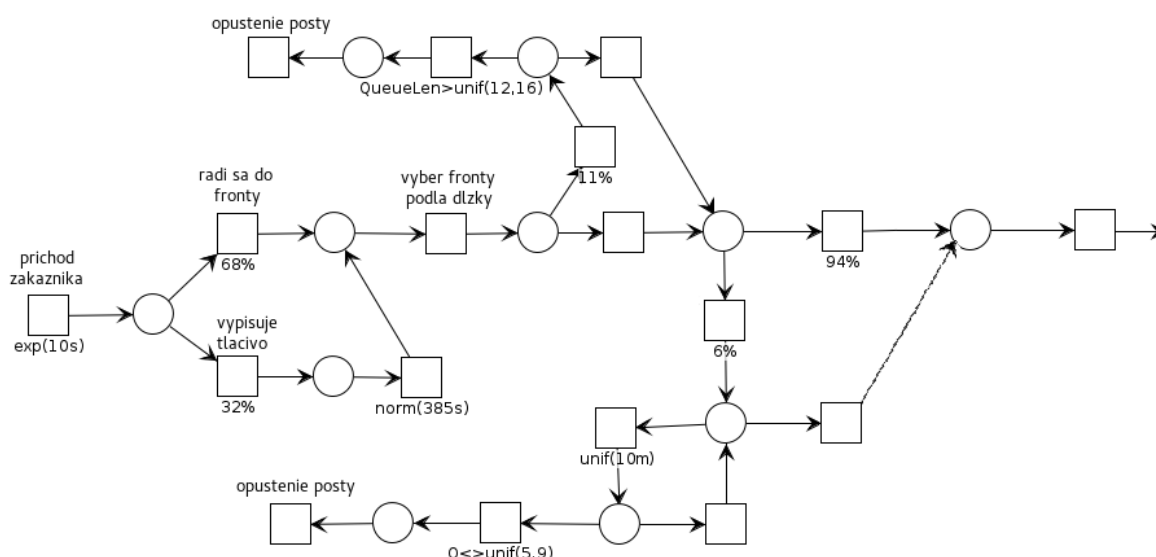


Figure 1: Vstup zákazníka na poštu

Na obrázku [2] je možné vidieť pokračovanie spracovania zákazníka pri prepážke z pohľadu podania zásielky (obdobne aj dodania, ale bez hľadania zásielky v sklade). Kde sa rozhoduje akú akciu

chce pri prepážke uskutočniť z čoho vyplýva čas, ktorý pri nej strávi. Po úspešnom skončení obsadenia prepážky ju uvoľňuje a odchádza. Zákazník môže k prepážke pristupovať s jednou z troch typov požiadaviek a pre každú požiadavku má pripravenú aspoň jednu zásielku resp. transakciu.

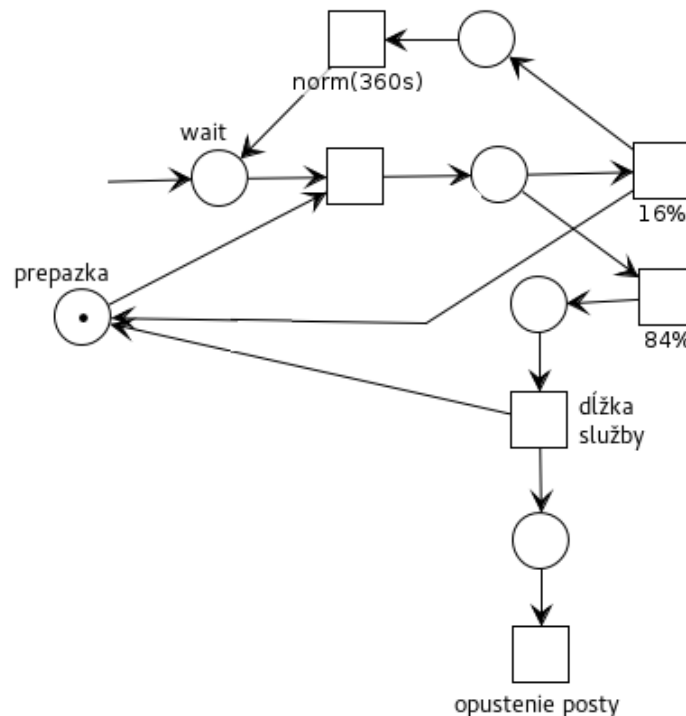


Figure 2: Spracovanie požiadavky pri prepážke

4 Architektúra simulačného modelu

Model bol implementovaný v jazyku C++, verzia 11 v spolupráci so simulačnou knižnicou SIMLIB.

4.1 Mapovanie abstraktného modelu do simulačného

V programe sa nachádzajú 3 triedy: `Generator`, `Zakaznik` a `Odchod_z_rady`. Trieda `Generator` reprezentuje udalosť ([1] slajd 169), ktorá periodicky s exponenciálnym rozložením ([1] slajd 91) generuje zákazníkov. Jadrom simulácie je trieda `Zakaznik`, ktorá reprezentuje proces zákazníka, a vymedzuje jeho správanie a štruktúru požiadavkov. Zákazníkovi sa po vstupe vygeneruje typ služby, kvôli ktorej na poštu prišiel. Ak je dôvodom podanie, má určitú šancu vypísať na začiatku tlačivo. Následne si vyberie prepážku, ktorá poskytuje službu kvôli ktorej prišiel a má zo všetkých relevantných prepážok najkratšiu frontu. Tomuto dopomáha pomocná funkcia `je_prepazka_spravna`. Zaradenie vo fronte spracováva funkcia `cakanie_v_rade`. Ak sa vo fronte nachádza priveľa ľudí, zákazník má šancu okamžitého odchodu bez akéhokoľvek čakania. Zákazník môže byť netrpezlivý, a teda môže po určitom čase z fronty sám odísť. Na to slúži trieda `Odchod_z_rady`, ktorej inštancia sa vytvorí pre netrpezlivého zákazníka a aktivuje sa po ubehnutí určitého času. Táto trieda vyhodnotí, či je pred zákazníkom stále priveľa ľudí, a ak áno, vyradí ho z fronty a ukončí jeho proces. Keď sa zákazník dostane na rad, existuje možnosť, že si zabudol vypísať tlačivo a teda si ho musí vypísať a znova opakovať celé čakanie vo fronte. Táto možnosť môže nastať, len ak zákazník využíva podávaciú

službu, nevypísal si tlačivo hneď na začiatku, a nezabudol si už raz vypísať tlačivo. Zákazník pri prepážke strávi čas určený typom jeho služby a počtom požiadavkov. Po uvoľnení prepážky poštu opúšťa.

5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Cieľom experimentovania je zistenie optimálnej skladby prepážok. Budeme vychádzať zo súčasne využívaného rozloženia prepážok a na základe jeho analýzy budeme vytvárať nové kombinácie. Keďže ide o simuláciu špičky, frekvencia príchodu zákazníkov je vyššia ako ako frekvencia vybavenia zákazníka, čo má za následok tvorbu radov pri prepážkach. Z toho vyplýva, že v priebehu simulácie sa bude zvyšovať dĺžka radov, aj priemerná doba vybavenia. Priemerná dĺžka radu a priemerná dĺžka čakania v rade nameraná na pošte teda bude odpovedať simulácii len v určitom časovom rozmedzí. Dĺžka simulácie bola zvolená na tri hodiny. Simulácia sa od reality odlišuje v nasledujúcich veciach:

- Na začiatku simulácie je pošta prázdna, pričom v skutočnosti to tak nie je. Preto určitý interval na začiatku simulácie nemôžeme považovať za validný.
- Na druhú stranu špička v skutočnosti netrvá priveľmi dlhú dobu, preto v koncovom časovom úseku trojhodinovej simulácie budú existovať hodnoty ktoré sa v realite nevyskytujú.
- Navyše správanie zákazníka u hodnôt dĺžky radov a dôb čakania pri konci simulácie je nedokumentované a jeho simulované správanie sa pravdepodobne bude líšiť. Teda časové úseky grafov, ktoré sú pre nás relevantné budú mať podobné hodnoty ako hodnoty namerané priamo na pošte.

5.1 Postup experimentovania

Prvý experiment bude pracovať s reálnym rozložením prepážok. Jeho analýza bude poskytovať nasledujúce informácie:

- Graf závislosti dĺžky front prepážok od času [3]. Ak miera zvyšovania fronty niektorej z prepážok je menšia ako miera ostatných, znamená to, že túto prepážku dokáže využiť príliš malé percento zákazníkov. Očakávaný je lineárny rast front u prepážok
- Graf závislosti priemernej doby čakania pri každej prepážke od času [4]. Graf ukazuje, či doba čakania pri niektorých prepážkach je väčšia ako pri ostatných. Naším cieľom je dosiahnuť čo najpodobnejší rast doby čakania pri každej prepážke.
- Graf závislosti priemernej doby čakania v rade od času [5]. Slúži na porovnávanie miery rastu pri rôznych konfiguráciách. Naším cieľom je nájsť menej strmú mieru rastu.
- Graf závislosti priemernej doby čakania každého typu služby od času [6]. Graf ukazuje ktorý typ služby má nedostatok, alebo naopak prebytok prepážok. Pomôže nám pri vytváraní iných skladieb prepážok pre ďalšie experimenty. Naším cieľom je dosiahnuť čo najpodobnejší rast doby čakania pre každý typ služby.

Nasledujúce experimenty budú mať rozloženie prepážok určené z analýzy predošlého experimentu. informácie získané z daných experimentov budú porovnávané s prvým/predošlým experimentom a na základe ich porovnania určíme či ide o lepšie alebo horšie rozloženie prepážok. Budú nás zaujímať najmä informácie:

- Graf závislosti priemernej doby čakania v rade od času. Porovnania strmosti nárastu grafov určuje, či ide o lepšie alebo horšie rozloženie prepážok.
- Graf závislosti priemernej doby čakania každého typu služby od času. Porovnanie rozdielov rastu dôb vybavovania daných typov určuje, či ide o vyrovnanejšie, alebo nevyrovnanejšie rozloženie prepážok.

5.2 Dokumentácia jednotlivých experimentov

Kvôli prehľadnosti a šetreniu miesta budú jednotlivé rozloženia prepážok reprezentované nasledujúcimi skratkami:

- L - Listové zásielky a zásielky do 2 kg
- B - Balíkové zásielky
- P - Peňažné transakcie

Teda konfigurácia reálneho rozloženia na pošte, ktorá je využitá pri prvom experimente bude:

- LP-LP-LP-LP-LP-LP-B-B-LPB-LB

5.2.1 Experiment 1: rozloženie prepážok reálne sa nachádzajúce na pošte

Graf [3] znázorňuje narastanie radov v jednotlivých prepážkach v závislosti od času. V grafe pozorujeme, že rad pri každej prepážke rastie rovnakým tempom, a z toho usudzujeme, že žiadna prepážka neposkytuje služby pre príliš malé percento zákazníkov. V grafe [4] vidíme, že doby čakania pri prepážkach 3 a 4 rastú vyšším tempom ako doby čakania pri ostatných prepážkach, teda rozloženie prepážok nie je ideálne. Dôvod iných rastov je však z tohto grafu ťažko zistiteľný, preto tento graf použijeme len ako kontrolu efektívnosti rozloženia prepážok.

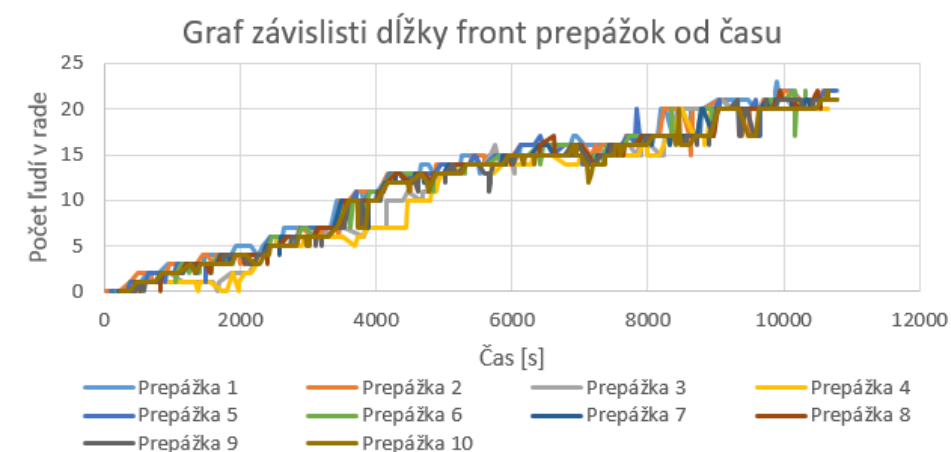


Figure 3

Graf [5] znázorňuje postupné narastanie dĺžky čakania v rade vzhľadom na čas simulácie. Porovnaním informácií z grafov [3] a [5] vidíme, že počtu zákazníkov vo fronte 15 odpovedá priemerná dĺžka čakania okolo 21 minút, čo sa zhoduje s datami nameranými na pošte. Ďalej usudzujeme, že

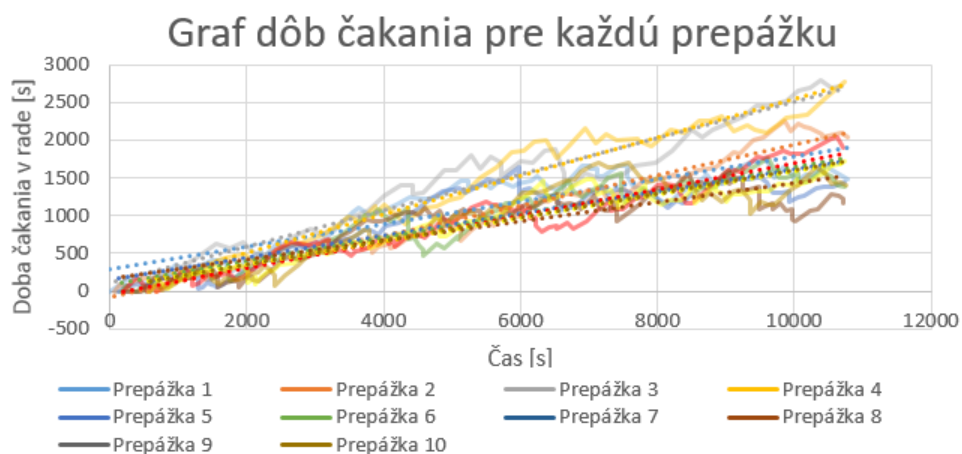


Figure 4

simulácia korektne modeluje špičku v časovom rozmedzí približne od 4700 do 8500 sekúnd - teda 63 minút, čo aj odpovedá skutočnej dobe špičky. Graf [6] znázorňuje narastanie dĺžky čakania v rade zvlášť pre každý typ služby. Z grafu vidíme, že doby čakania narastajú pre balíkové služby rýchlejšie, ako pre listové a peňažné služby, teda v ďalšom experimente sa pokúsime znížiť zaťaženie prepážok balíkových služieb.

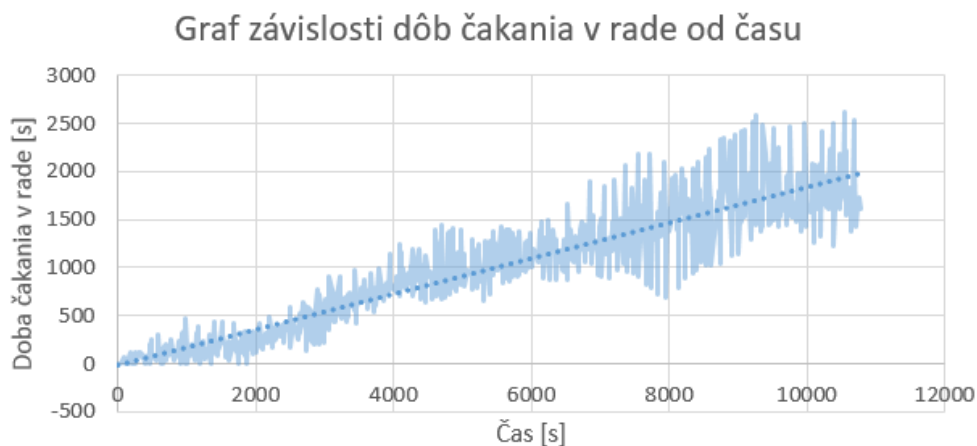


Figure 5

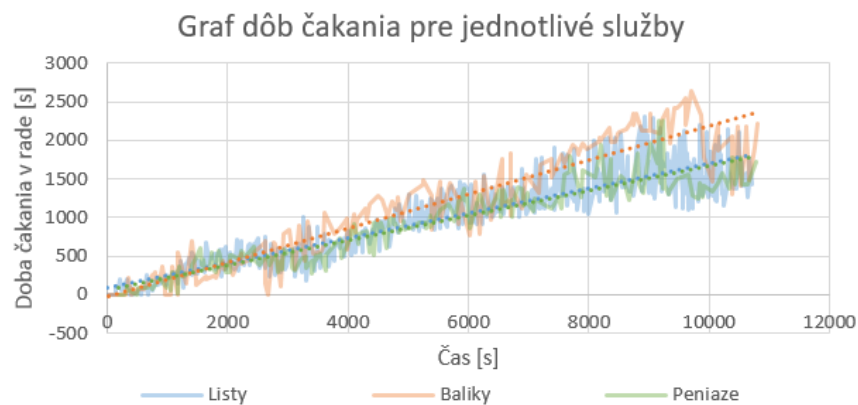


Figure 6

5.2.2 Experiment 2: rozloženia pre zníženie čakania balíkových služieb

Sú otvorené štyri prepážky pre balíkové služby, a nie je možné otvoriť ďalšiu prepážku (viz kapitola 2), teda nám ostáva odstrániť iné ako balíkové služby z prepážok 9 a 10. Budú testované nasledujúce tri rozloženia:

- Experiment 2.1: LP-LP-LP-LP-LP-LP-B-B-LB-LB
- Experiment 2.2: LP-LP-LP-LP-LP-LP-B-B-BP-LB
- Experiment 2.3: LP-LP-LP-LP-LP-LP-B-B-LPB-B

Na grafoch [7] a [8] je viditeľné, že nebola dosiahnutá viditeľná zmena rastu balíkových služieb, a teda tieto dva rozloženia nie sú pre nás relevantné.

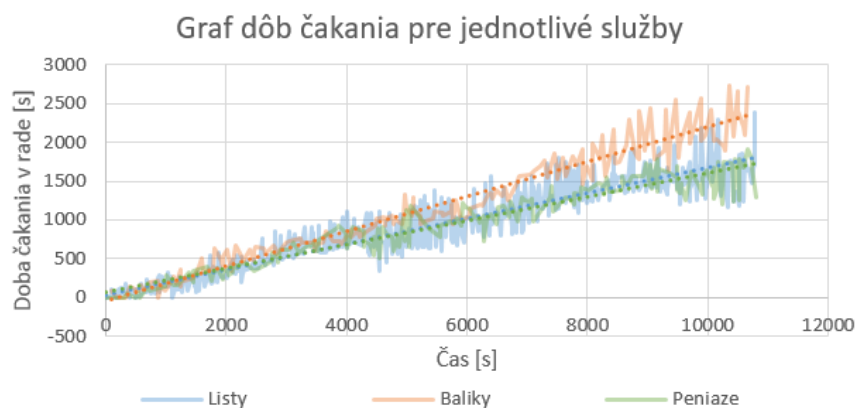


Figure 7: Experiment 2.1

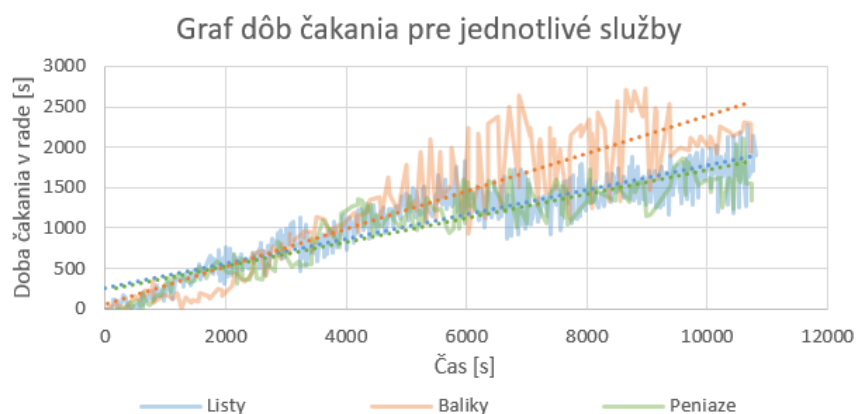
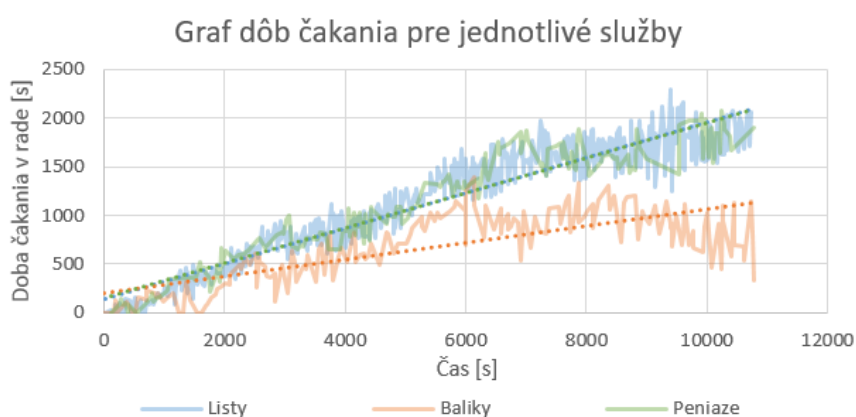
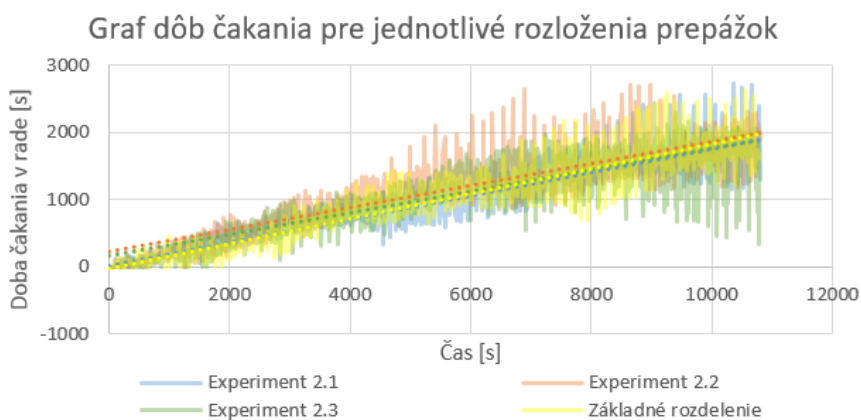


Figure 8: Experiment 2.2

Na grafe [9a] však vidíme, že priemerná doba čakania pre balíkové služby sa výrazne znížila, avšak na úkor dôb pre listové a finančné služby. Toto rozloženie využijeme pri ďalšom experimente, kde sa pokúsime vyrovnať doby čakania pre všetky tri služby. Z grafu [9b] vidíme, že u priemerných dôb čakania u všetkých rozložení sú len zanedbateľné zmeny.



(a) Experiment 2.3



(b)

Figure 9

5.2.3 Experiment 3: rozloženia pre dosiahnutie rovnováhy čakania všetkých troch služieb

Na zníženie záťaže prepážok listových a peňažných služieb je potrebné pridať peňažnú/listovú funkcionality jednej z balíkových prepážok. Keďže 2 listovo-balíkové prepážky boli v experimente 1, skúsime tentoraz pridať peňažnú funkcionality k balíkovej (Experiment 3.1). Predpokladáme, že sa týmto zníži zaťaženie prepážok pre peňažné transakcie, teda môžeme zároveň skúsiť odstrániť peňažnú funkcionality z jednej z prepážok 1-6. Teda testovať budeme nasledujúce dve rozloženia:

- Experiment 3.1: LP-LP-LP-LP-LP-LP-B-B-LBP-BP
- Experiment 3.2: LP-LP-L -LP-LP-LP-B-B-LBP-BP

Na grafe [10a] vidíme, že nebola dosiahnutá rovnováha čakania pre všetky tri služby. Na grafe [10b] však vidíme, že doby čakania pre všetky tri služby sú viac vyrovnané, ako v základnom rozložení.

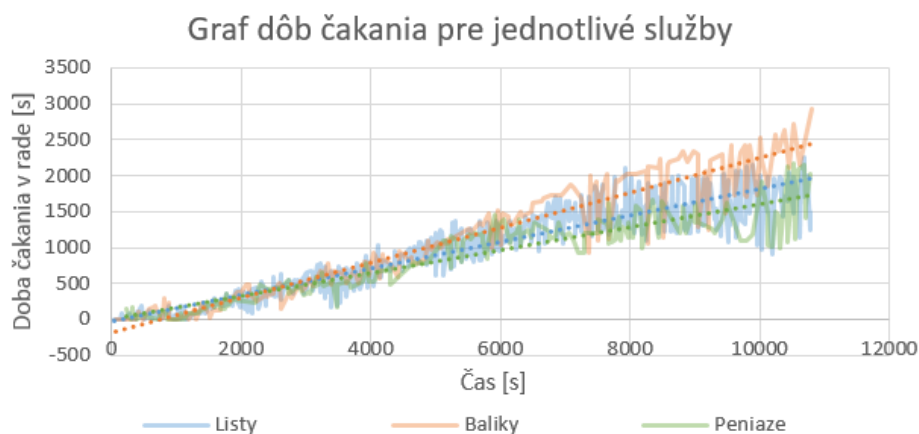
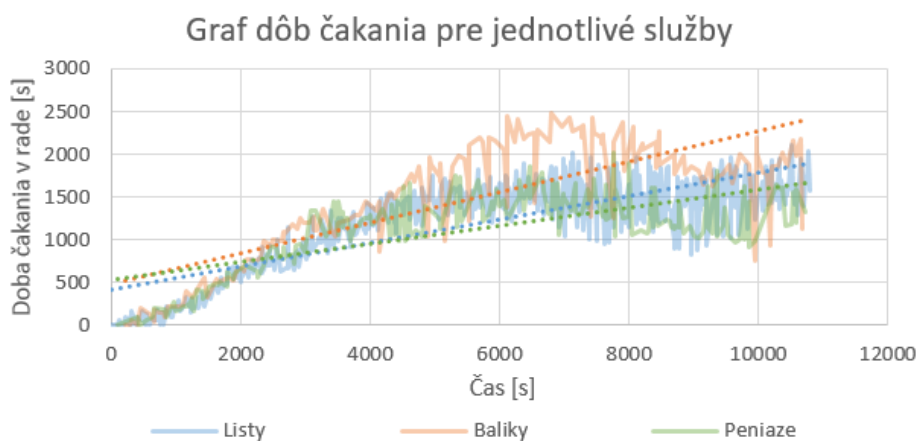


Figure 10

Graf [11a] ukazuje, že nedošlo výraznej zmene nárastu doby čakania v rade medzi usporiadaním v experimentoch 3.1, 3.2 a základným rozložením. Z predošlých experimentov usudzujeme, že nárast doby čakania pri prepážkach nebude možné pri rôznych rozlozeniach prepážok výrazne znížiť. Graf

[11b] však ukazuje, že rozloženie použité v experimente 3.2 poskytuje rovnomernejšie doby čakania pri jednotlivých prepážkach.

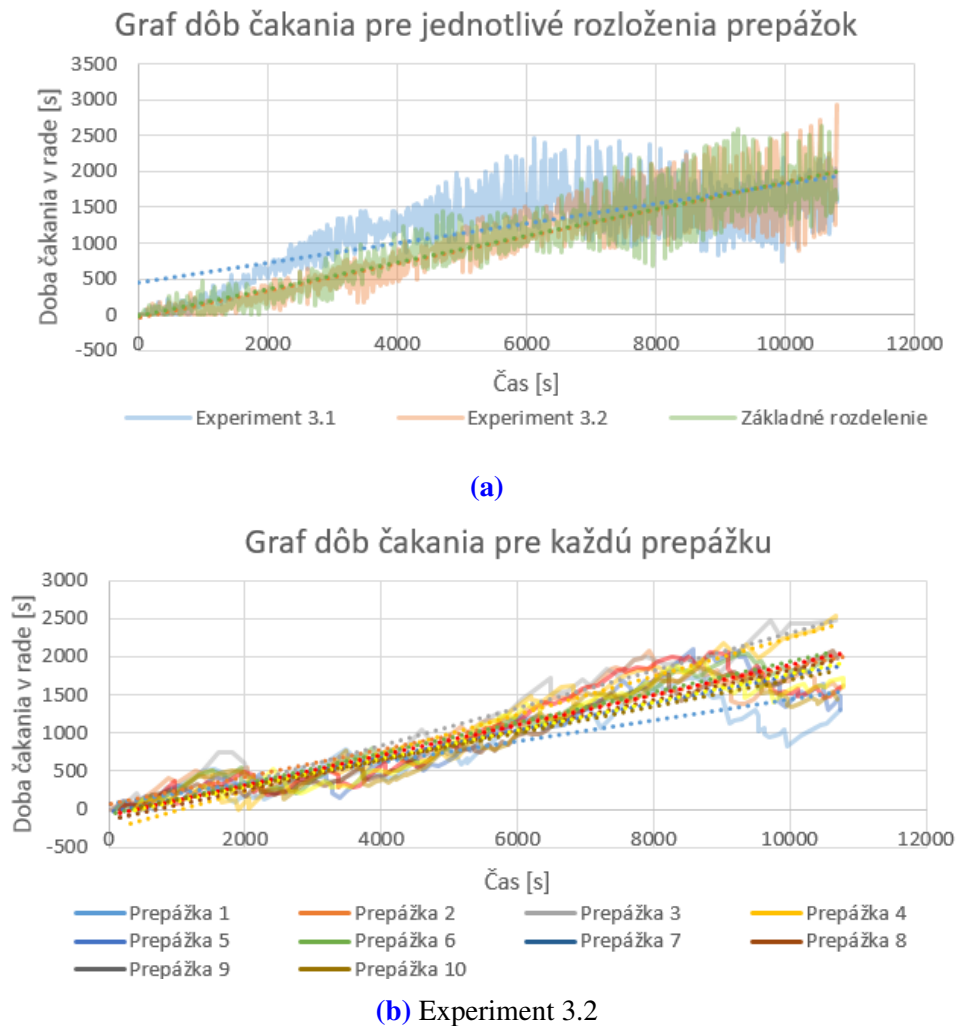


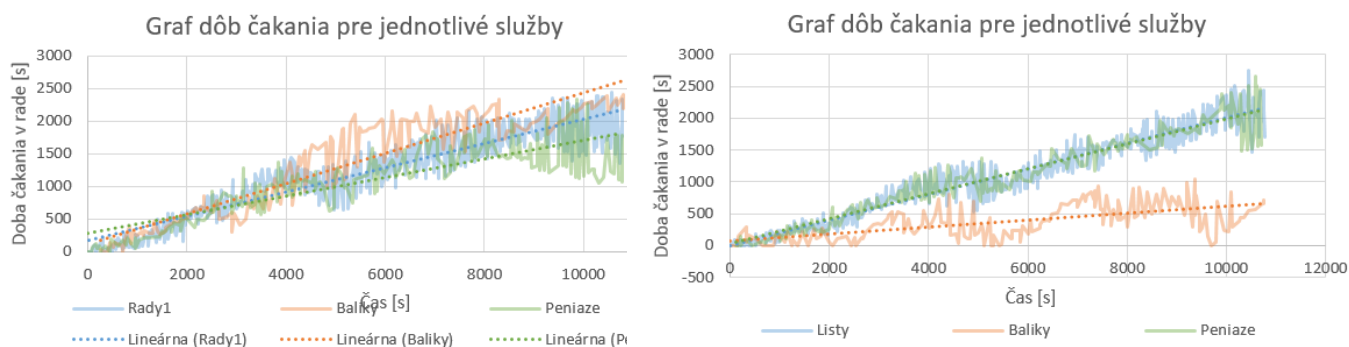
Figure 11

5.2.4 Experiment 4: ďalšie variácie rozložení funkcií prepážok

Rozloženie 3.2 sa zatiaľ javí ako najlepšie, preto z tohto rozloženia budeme vychádzať pri vytváraní rozložení ďalších experimentov. Vytvorili sme ďalšie tri rozloženia na experimentovanie:

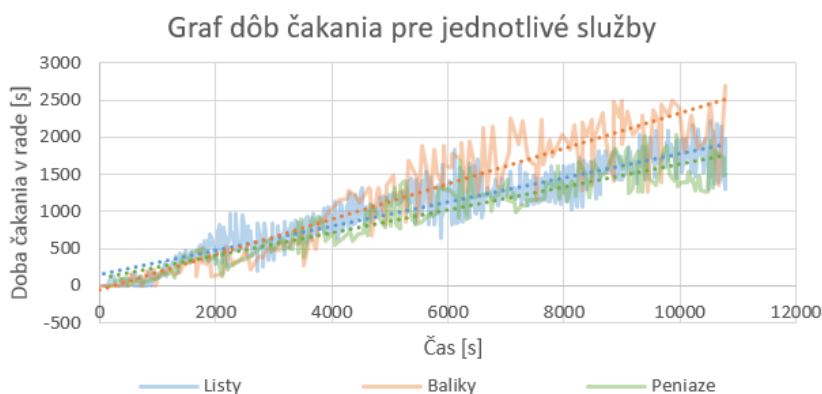
- Experiment 4.1: LP-LP-L-LP-LP-LP-B-B-LB-BP
- Experiment 4.2: LP-LP-L-LP-LP-LP-B-B-LBP-B
- Experiment 4.3: LP-LP-L-L-LP-LP-B-B-LBP-BP

Z grafov [12a], [12b], [12c] vyčítame, že ani pri jednej z variácií sme nedosiahli lepšieho výsledku ako pri rozložení v experimente 3.2.



(a) Experiment 4.1

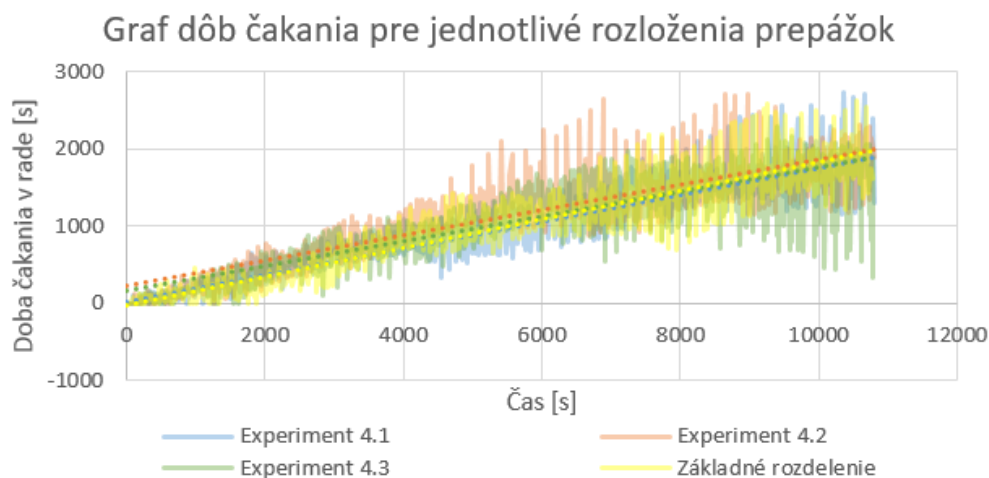
(b) Experiment 4.2



(c) Experiment 4.3

Figure 12

Na grafe [13a] vidíme, že pri žiadnej variácii rozložení sme nedosiahli štatisticky významnú zmenu nárastu časov čakania. Rozloženie v experimente 3.2 teda môžeme považovať za najvyrovnannejšie z hľadiska dôb čakania pre jednotlivé typy služieb a tak isto aj z hľadiska dôb čakania pri jednotlivých prepážkach.



(a)

Figure 13

5.3 Závery experimentov

Bolo urobených 9 experimentov s rôznymi rozloženiami prepážok. V prvom experimente sme overili správnosť simulačného modelu porovnaním výstupov s nameranými datami. Zároveň sme dané rozloženie analyzovali a vytvárali nové rozloženia prepážok vychádzajúce z tejto analýzy. Podarilo sa nám nájsť rozloženie, ktoré dosahuje vyrovnanejšie hodnoty dôb čakania pre jednotlivé typy služieb a zároveň aj pre jednotlivé prepážky. Z experimentov bolo usúdené, že priemernú dobu čakania vo fronte nie je možné nezametateľne znížiť. Najlepšie nájsené rozloženie prepážok je:

- 1: Zásielky do 2kg, Peňažné transakcie.
- 2: Zásielky do 2kg, Peňažné transakcie.
- 3: Zásielky do 2kg
- 4: Zásielky do 2kg, Peňažné transakcie.
- 5: Zásielky do 2kg, Peňažné transakcie.
- 6: Zásielky do 2kg, Peňažné transakcie.
- 7: Zásielky do 10kg.
- 8: Zásielky do 10kg.
- 9: Zásielky do 10kg, Zásielky do 2kg, Peňažné transakcie.
- 10: Zásielky do 10kg, Peňažné transakcie.

6 Záver

V tejto práci sme vytvorili simulačný model správania, a štruktúry požiadavkov zákazníkov na pošte na Masarykovej ulici v Prešove. Porovnaním dát s výstupmi simulácie sme dokázali validitu simulačného modelu. Experimentovaním a analýzou výsledkov sme zistili, že súčasne používané rozloženie prepážok je efektívne, avšak podarilo sa nám nájsť rozloženie, v ktorom sú lepšie vyrovnané časy čakania pre jednotlivé typy služieb, aj pre jednotlivé prepážky. Experimenty ukázali, rýchlosť rastu čakania v rade pri prepážkach nie je možné výrazne ovplyvniť. V rámci projektu vznikol nástroj, ktorý je jednoducho modifikovateľný, a je možné ho využiť pri modelovaní pôšt s iným počtom aj typmi prepážok. Nástroj bol písaný v jazyku C++ s využitím knižnice SIMLIB.

References

- [1] Petr Peringer. *Modelování a simulace [online] [slajdy přednášek]*. Posledná zmena 11.10.2016 [cit.2016-12-01].
<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [2] Martin Hrubý. *Témata projektů IMS 2016/17 [online]*. Posledná zmena 20.9.2016 [cit. 2016-12-01].
<http://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/stranky/572/soubory/zprava-plneni-povinnosti-cp-2015.pdf>
- [3] Slovenská pošta s. p.. *Výročná správa 2014 [online]*. Posledná zmena Júl 2014 [cit. 2016-12-01].
http://www.posta.sk/subory/38194/vyrocna-sprava-za-rok-2014-_web.pdf
- [4] Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb. *Výročná správa za rok 2015 [online]* Posledná zmena Júl 2016 [cit. 2016-12-01].
<http://www.teleoff.gov.sk/data/files/48992.pdf>