

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta informačních technologií

Dokumentace k projektu pro předmět
Modelování a simulace

Zadání č. 13

SHO: výrobní podnik

Datum: **19.12.2010**

Autoři: **Patrik Němeček, xnemec33@stud.fit.vutbr.cz**
Jan Ondroušek, xondro04@stud.fit.vutbr.cz

Obsah

1. Úvod.....	- 3 -
1.1. Zdroje dat, autoři	- 3 -
1.2. Ověření validity.....	- 3 -
2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií	- 4 -
2.1. Použité postupy	- 4 -
3. Koncepce modelu	- 5 -
3.1. Princip výroby	- 5 -
3.2. Petriho síť	- 6 -
3.3. Odchyłky oproti realitě	- 8 -
4. Architektura simulačního modelu/simulátoru.....	- 9 -
5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	- 11 -
5.1. Odhalené chyby v modelu	- 11 -
5.2. Postup experimentování.....	- 11 -
5.3. Dokumentace experimentů.....	- 11 -
5.4. Závěry experimentů.....	- 13 -
6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr	- 14 -

1. Úvod

V této práci je řešena implementace **systému hromadné obsluhy**¹, která bude použita pro sestavení modelu **výrobní linky na pečení a distribuci rohlíků v pekárně Delta Uherský Brod a.s.** Na základě údajů získaných z reálného provozu této výrobní linky jsme setavili model systému². Smyslem experimentů je demonstrovat, že pokud bychom v systému provedli jisté úpravy a změny, je možné dosáhnout vyšší efektivity výroby, tj. zvýšení produkce a snížení nákladů.

1.1. Zdroje dat, autoři

Relevantní data pro vytvoření modelu systému odpovídajícího realitě jsme získali na základě zkušeností jednoho z členů týmu, který měl jistou dobu uzavřený částečný pracovní poměr s firmou Delta a.s.

Na projektu se podíleli:

- Patrik Němeček, xnemec33
- Jan Ondroušek, xondro04

1.2. Ověření validity

Validitu³ modelu jsme overili porovnáním výsledků našich experimentů s daty získanými přímo z firmy Delta a.s. Tyto údaje jsme měli možnost získat díky výše zmíněné spolupráci člena týmu s touto firmou.

¹ - IMS, slajd č. 139

² - IMS, slajd č. 7

³ - IMS, slajd č. 37

2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Naším úkolem bylo vytvořit systém hromadné obsluhy libovolného výrobního podniku a vytvoření modelu v SIMLIB⁴. Tento model řádně otestovat pomocí simulací⁵ a na základě experimentů navrhnout možná vylepšení.

2.1. Použité postupy

Na počátku jsme si ujasnili, jakým způsobem vlastně daný systém v reálném provozu funguje. Na základě toho jsme si vytvořili slovní popis problému (*kapitola 2.2*), který jsme pomocí modelování převedli do abstraktního modelu. K tomu jsme použili Petriho síť⁶, protože se jedná o vhodný prostředek k zobrazení principu činnosti systému hromadné obsluhy. Jako simulační prostředek jsme použili simulační knihovnu SIMLIB, protože usnadňuje efektivní popis modelu přímo v jazyce C++, který jsme použili k implementaci simulačního modelu.

⁴ - <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/> , nástroj pro diskétní, spojitou a kombinovanou simulaci

⁵ - IMS, slajd č. 8

⁶ - IMS, slajd č. 126

3. Koncepce modelu

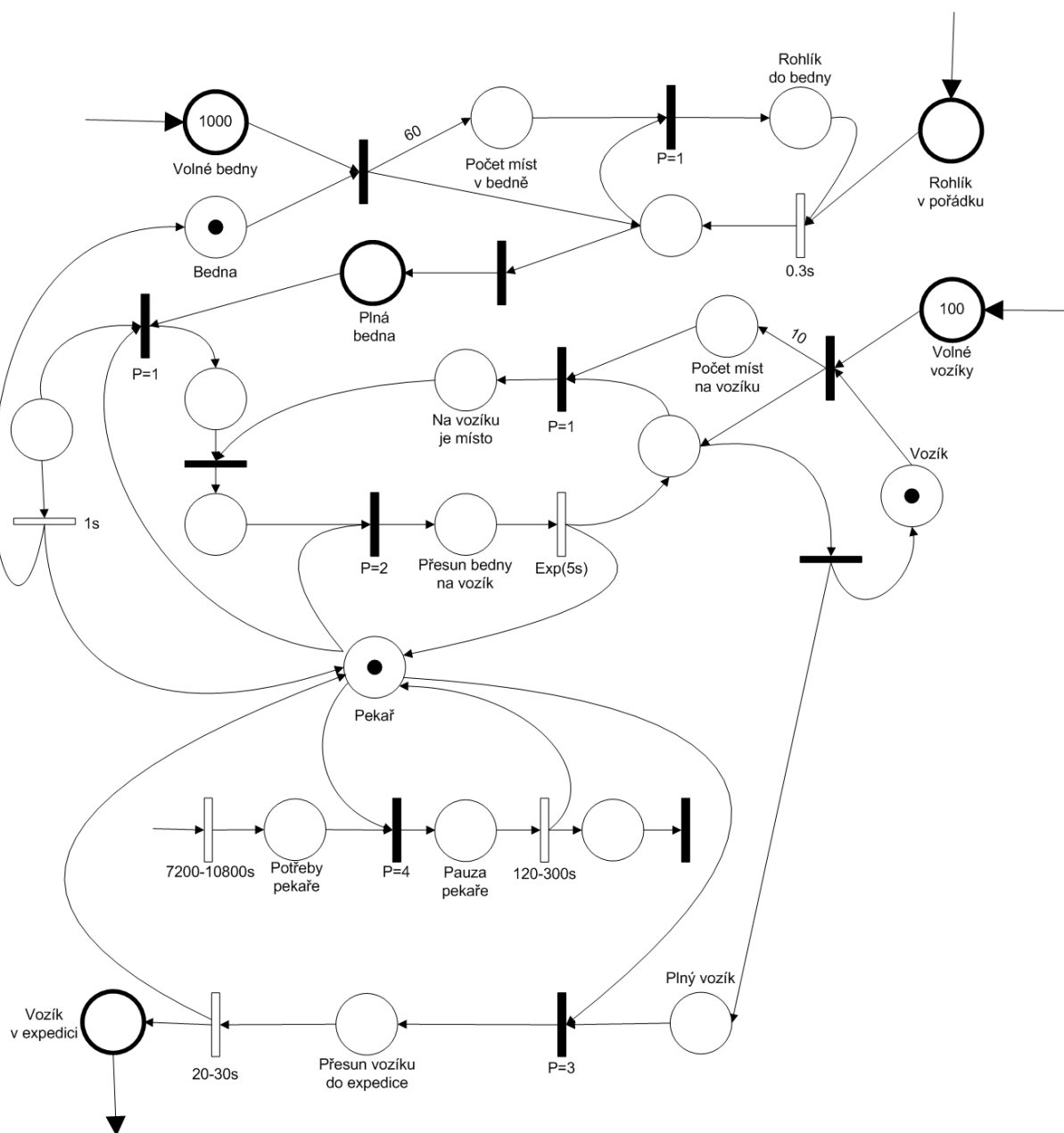
Pro snažší modelování Petriho sítě jsme si nejprve vytvořili slovní popis problému.

3.1. Princip výroby

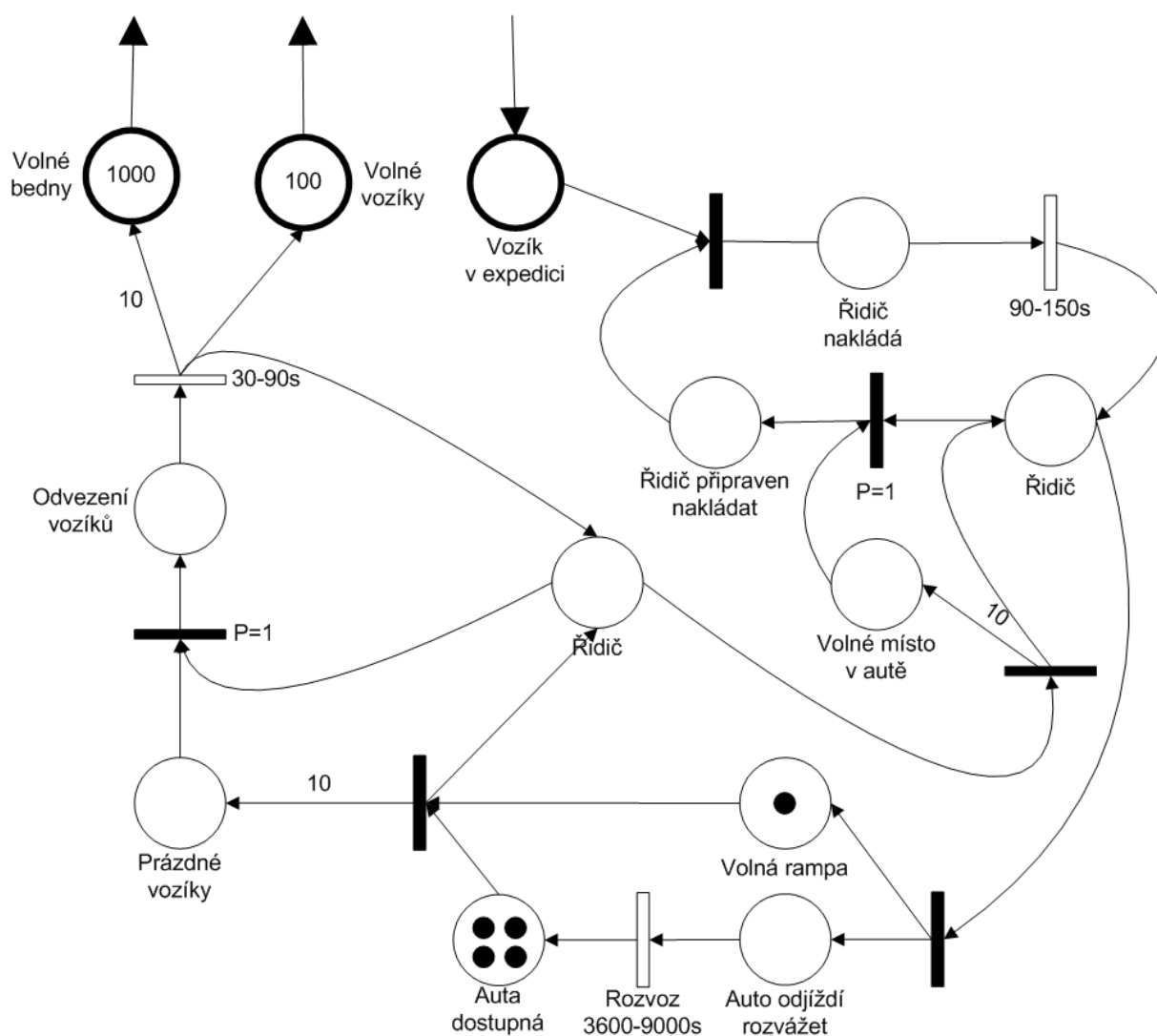
Mísič vytvoří těsto potřebné pro jeden rohlík za 0,5s. Poté rohlík putuje do kynárny. Kapacita kynárny je 600 rohlíků, doba kynutí je 300s. Z nakynutých rohlíků je 5% vadných, jejichž těsto putuje zpět ke kynutí. 95% rohlíků putuje dále do pece. Kapacita pece je 1200 rohlíků, délka pečení je 600s. Každý rohlík, který vyjde z pece, je vizuálně zkontrolován pekařem. Kontrola jendoho rohlíku zabere pekaři 0,1s. 2% z kontrolovaných rohlíků jsou nevyhovující, tudíž vyřazena. Vyřazení rohlíku zabere pekaři 0,2s (0,3s včetně prohlédnutí). Vyhovující rohlíky sype zařízení do beden rychlostí 0,3 rohlíku/s. Po naplnění bedny 60 rohlíky se sypací zařízení uzavře, pekař bednu odebere, na její místo dá novou, prázdnou bednu a sypací zařízení opět otevře, což mu zabere 1s. Plné bedny skládá pekař na vozík. Složení jedné bedny trvá 5s exponenciálně⁷. Po naplnění vozíku 10 bednami jej pekař odveze do expedice. Toto mu zabere 20-30s rovnoměrně⁸. Počet beden na skladě je 1000, vozíků 100. Pekař si každých 7200-10800s udělá pauzu, přičemž zanechá rozdělané práce. Pauza trvá 120-300s. Pokud je nutné provést libovolné úkony ve stejnou dobu, provádí je pekař v pořadí: pauza, přesun vozíku do expedice, přesun bedny na vozík, otevření sypacího zařízení, kontrola rohlíků. Rohlíky jsou rozváženy čtyřmi auty. Auto odjíždí po naplnění 10 vozíky. Vykládání a naložení aut probíhá na jedné rampě, na rampu se vleze jedno auto. Vyložení prázdných vozíků trvá 30-90s pro jeden vozík. Naložení trvá 90-150s pro jeden vozík. Auto rozváží zboží po dobu 3600-9000s.

⁷ - IMS, slajd č. 94

⁸ - IMS, slajd č. 92



Obrázek 2: Petriho síť, část 2



Obrázek 3: Petriho síť, část 3

3.3. Odchyly oproti realitě

Záměrně jsme abstraktní model zjednodušili, avšak bez vlivu na validitu. V našem modelu předpokládáme neustálý přísun těsta s konstantní dobou pro výrobu rohlíků. Díky této konstantní době je velmi jednoduché plánovat množství spotřebovaných surovin a tudíž je mít vždy dostupné s dostatečným předstihem.

Pekárna přirozeně nevyrábí pouze rohlíky, ale celou řadu jiných druhů pečiva. Ovšem z důvodu velkého množství těchto druhů a vesměs jejich nezávislé výroby a odlišného výrobního postupu jsme si zvolili pouze výrobu jednoho produktu a to rohlíků.

4. Architektura simulačního modelu/simulátoru

V této části dokumentace stručně popíšeme implementaci jednotlivých prvků abstrakního modelu v modelu diskrétní simulace.

Jako entity pasivní⁹ máme v modelu použity tyto obslužné linky:

- *Kynarna* - sklad¹⁰ s kapacitou 600
- *Pec* - sklad s kapacitou 1200
- *Pekar* - zařízení¹¹
- *PrazdneBedny* - sklad s kapacitou 1000
- *PrazdneVoziky* - sklad s kapacitou 100
- *Rampa* - zařízení

Naopak jako entity aktivní¹² máme v modelu použity následující:

- *GeneratorRohliku*
 - o událost¹³, která každých 0,5s generuje nový proces *UpeceniRohliku*
- *GeneratorPotrebPekare*
 - o událost generující každých 7200 – 10800s proces *PauzaPekare*
- *UpeceniRohliku*
 - o proces¹⁴ simulující průchod rohlíku kynárnou a pecí
 - o proces končí opuštěním systému nebo zvýšením proměnné *HotoveRohliky*
 - o proces má prioritu 0
 - o využívá zařízení *Pekar* a sklady *Kynarna* a *Pec*
- *NaplneniBedny*
 - o proces simulující plnění bedny rohlíkama
 - o proces se vytvoří jednou a již nikdy nezaniká, až s koncem simulace
 - o proces má prioritu 1
 - o využívá zařízení *Pekar* a sklad *PrazdneBedny*
- *NaplneniVoziku*
 - o proces simulující plnění vozíku bednami
 - o proces se vytvoří jednou a již nezaniká
 - o proces má prioritu 2
 - o využívá zařízení *Pekar* a sklad *PrazdneVoziky*
- *PresunVozikuDoExpedice*
 - o proces simulující přesun naplněného vozíku do expedice
 - o proces se opět jednou vytvoří a již nezaniká

⁹ - IMS, slajd č. 122

¹⁰ - IMS, slajd č. 187

¹¹ - IMS, slajd č. 183

¹² - IMS, slajd č. 122

¹³ - IMS, slajd č. 172

¹⁴ - IMS, slajd č. 174

- proces má prioritu 3
 - využívá zařízení Pekar
- *PauzaPekare*
 - proces simulující vyvolání pauzy pekaře
 - vzniká na základě události GenerovaniPotrebPekare a trvá 120-300s
 - proces má nejvyšší prioritu
 - využívá zařízení Pekar s prioritou obsluhy – tvoří se dvě fronty
- *Auto*
 - proces simulující provoz auta – nakládání, vykládání a rozvoz zboží
 - využívá zařízení Rampa a vkládá do skladů PrazdneBedny a PrazdneVoziky

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentování je odhalit nedostatky v reálném systému, případně navrhnout změny a úpravy k vylepšení stávající situace. Experimentování s námi vytvořeným modelem je podstatně snazší, časově méně náročné a finančně méně zatěžující než provádění experimentů v reálném provozu pekárny.

5.1. Odhalené chyby v modelu

Během experimentování jsme odhalili v námi navrženém abstraktním modelu několik méně či více závažných chyb. Příkladem může být chyba, kdy jsme omylem zanedbali obsluhu sypacího zařízení, které sypalo nové rohlíky do bedny, i když bednu doposud pekař nevyměnil a znovu neotevřel sypací zařízení.

5.2. Postup experimentování

Na základě výstupů simulace s údaji získanými z reálného provozu jsme po zamyšlení nad výsledky navrhli určité změny, které by mohly běh systému vylepšit. Zajímali nás především délky front, čekací doby, využití kapacit atd. Jak jsme později na základě experimentů zjistili, některé změny byly přínosné, jiné naopak vedly k ještě horším výsledkům.

5.3. Dokumentace experimentů

Výsledky jednotlivých simulací po zlepšujících úpravách jsou uvedeny v souborech *simulaceX.txt*, které jsou součástí námi odevzdaného zip archivu. Každá simulace odpovídá době běhu výrobní linky jednoho týdne.

Jako první nás ve výstupu simulace doposud nijak neupravené pekárny (soubor *sim1.txt*) zaujaly údaje o použitých bednách a vozících, které byly následující:

```
STORE Prazdne bedny
Maximal used capacity = 411
```

```
STORE Prazdne voziky
Maximal used capacity = 42
```

Z toho vyplývá, že počty beden a vozíků jsou velmi naddimenzovány. Proto jsme počty snížili z původních 1000 na 500, resp. 100 na 50. Výsledek simulace se sníženým počtem beden a vozíků je v souboru *sim2.txt*.

Další zajímavou hodnotou byla průměrná a maximální vytíženost pece:

```
Store PEC
    Maximal used capacity = 1167
    Average used capacity = 1139.02
```

což se nám při kapacitě pece 1200 jevílo jako málo. Proto jsme se zamysleli, kde by mohl být problém. Problém vzniká již při kynutí rohlíků, kdy 5% rohlíků je špatně nakynutých a vrací se zpět na začátek kynárny. Tím dochází k tomu, že před kynárnou se rohlíky hromadí a kapacita kynárny neumožňuje jejich dostatečně rychlý odbyt. Námi navrhované řešení situace je navýšení kapacity kynárny o 5% procent. Díky tomu je bez jakýchkoliv dalších zásahů systému možné zvýšit produkci rohlíků až o 5% procent, což se nám vzhledem k tomu, že se jedná o relativně malou úpravu, jeví jako velmi výhodné. I přes tuto změnu nedochází nikde v systému ke hromadění rohlíků, tedy pekař i nadále stíhá a jeho zaměstnanost se zvýší přibližně o 2%. Výsledek této simulace je v souboru *sim3.txt*.

Dále jsme si všimly délky fronty a čekací doby na rampě:

```
FACILITY Rampa
QUEUE Q1
    Average length = 0.919325
    Average time = 2836.77
```

což nás přivedlo na myšlenku, zda není aut příliš a tak jsme zkusili snížit jejich počet ze 4 na 3. Výsledek této simulace je v souboru *sim4.txt*. Z údajů jsme zjistili, že i tři automobily stíhají rozvážet produkované rohlíky a to tak, že počet jízd plně naložených automobilů byl dostatečný k tomu, aby tyto vyprodukované rohlíky rozvezl. Délka fronty a čekací doba na rampě se snížili:

```
FACILITY Rampa
QUEUE Q1
    Average length = 0.176215
    Average time = 1145.97
```

Tyto výše uvedené úpravy vedly ke zlepšení systému. Samozřejmě jsme během experimentů provedly i úpravy, které situaci naopak zhoršily nebo nijak situaci v systému nezlepšily. Příkladem takovéto zbytečné úpravy může být přidání rampy, které sice vedlo ke snížení čekací doby aut ve frontě, ale nijak nezrychlilo rozvážku rohlíků, protože rozvoz poté váznul na rychlosti produkci rohlíků pekárnou.

5.4. Závěry experimentů

Systém se nám podařilo vylepšit na základě úprav uvedených v kapitole 5.3. V reálném provozu by naše upravy znamenaly zvýšení produkce pekárny o 5%, snížení počtu zaměstnanců o jednoho (řidič automobilu) a možnost prodat 500 beden a 50 vozíků. To by jistě znamenalo nemalé finanční úspory.

Z experimentů jsme mohli vyčíst také řadu zajímavých údajů, například:

- průměrná doba čekání již naplněné bedny pod sypacím zařízením, než ji pekař odebere je 1,6s , což je údaj odpovídající skutečnosti
- průměrná doba strávená autem na rampě je 2336s, což opět odpovídá realitě
- počet pauz pekaře za týden práce je 69, z toho 38 pauz bylo započato v době, kdy měl pekař rozdělanou práci
- průměrná doba naplnění vozíku plnými bednami je 307s
- za týden se vyrobí přibližně 1 180 000 rohlíků

6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Z výsledků experimentů vyplývá, že se námi navržený model blíží realitě. Validita modelu byla ověřena srovnáním údajů získaných z námi vytvořené simulace a údajů získaných z reálného provozu pekárny. V rámci projektu vznikl nástroj pro simulaci výrobní linky rohlíků v pekárně. Námi odevzdaný zdrojový soubor simulačního modelu *ims.cpp* již představuje námi upravenou verzi systému pekárny s veškerými vylepšeními.