



Simulační studie

Rozvoz logistickou firmou Zásilkovna

Tým xsocha03

Varianta 5: SHO Model logistiky -
rozvoz/transport zboží a materiálu

1. Úvod

Cílem této práce je popsat proces modelování [2, slide 8] a následná simulace [2, slide 33]. Ověřit chování modelu v různých podmínkách. Výsledky a závěry získané z modelu [2, slide 7] a simulačních experimentů [2, slide 9] následně slouží k validaci [2, slide 37] či zlepšení modelu.

1.1 Autoři

Autory této práce jsou studenti Marcin Sochacki a Adam Nieslanik z FIT VUT v Brně. Informace potřebné k implementaci modelu jsou získané z rozhovoru s ředitelem logistiky firmy Zásilkovna [1], Radkem Simerským. Tento rozhovor je dostupný na oficiálních stránkách firmy.

1.2 Ověření validity

Pro ověření validity modelu byly provedeny simulační experimenty se získanými daty od firmy Zásilkovna [1]. Tyto experimenty byly navrženy tak, aby co nejvěrněji simulovaly reálné podmínky.

2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Tento model představuje rozvoz zásilek firmou Zásilkovna[1], tato firma rozveze denně v průměru 20 tisíc zásilek v normálním období tj. mimo Vánoce. V tomto období firma zaměstnává od 220 do 320 řidičů. Jednotlivý řidič dokáže doručit v průměru 70 zásilek za jednu směnu. Pokud se však blíží období Vánoc, je potřeba navýšit kapacity řidičů z důvodu navýšení poptávky o jejich doručovací služby. Z rozhovoru s ředitelem logistiky firmy Zásilkovna[1] jsme zjistili, že se očekává nárůst denně doručených zásilek v průměru až na 70 tisíc. Firma proto plánuje zaměstnat až 700 řidičů. Tento model a následná simulace se snaží potvrdit, zda je tento scénář proveditelný či nikoliv a navrhnout možná zlepšení, která se týkají úspor. V modelu se také počítá s tím, že nově zaměstnaní brigádníci na předvánoční dobu budou zásilky doručovat v průměru o 5% pomaleji.

2.1 Použité Metody a Technologie

Pro vytvoření modelu systému [2, slide 7] rozvozu zásilek byl zvolen programovací jazyk C++ a simulační knihovna SIMLIB[3] jako optimální nástroje pro řešení daného problému. Dále byly použity studijní texty z předmětu IMS pro lepší pochopení knihovny SIMLIB[3] a práce s ní.

2.2 Původ Použitých Metod/Technologií

Byly použity znalosti získané z předmětu IMS(Modelování a simulace) z FIT VUT v Brně. Pomocí knihovny SIMLIB[3] a funkcí a tříd jazyka C++ jsme byli schopni jednoduše modelovat námi zvolené téma. Popis knihovny SIMLIB[3] je získán z oficiálních stránek této knihovny, jejíž autory jsou Petr Peringer, David Martinek a David Leska.

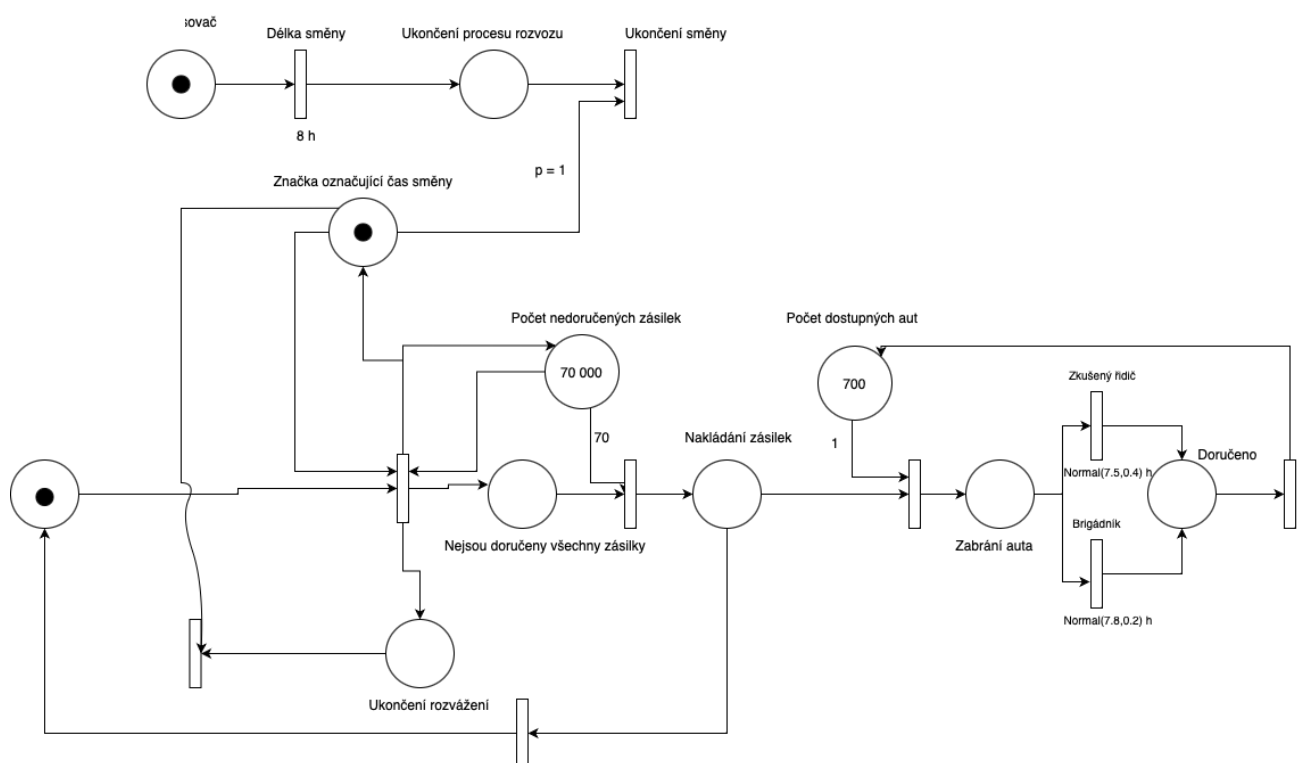
3. Koncepce - modelářská témata

Systém představuje abstraktní model systému hromadné obsluhy. Pro modelování byly použity důležité informace a data, která souvisí s rozvozem zásilek. Tyto informace byly zprůměrovány a proto stačí modelovat provoz v průběhu jednoho dne. Pro časový údaj doby rozvozu jedním řidičem se použije normální rozdělení s odpovídajícím rozptylem.

3.1 Způsob vyjádření konceptuálního modelu

Schéma systému je uvedeno na obrázku 1, který představuje tento systém modelován pomocí Petriho sítě[2, slide 126]. Systém je rozdělen do dvou částí, první část tvoří časovač, jež značí délku pracovní směny řidičů. Délka pracovní směny je nastavena na 8 hodin. Druhou část tvoří obslužná linka, která reprezentuje rozvážení zásilek řidičem. V systému se použije tolik aut, kolik je potřeba pro rozvezení všech zásilek do konce pracovní doby. Pokud pracovní směna skončí a nebudou rozvezeny všechny zásilky, je tato simulace považována za neúspěšnou.

3.2 Formy konceptuálního modelu



Obrázek 1. Petriho síť

3.3 Koncepce - implementační témata

```
Spust' časovač;  
  
while zůstaly nedoručené zásilky do  
  
    Čekej na volné auto;  
  
    Nalož určitý počet zásilek;  
  
    Spust' proces rozvážení řidičem;  
  
end  
  
Ukonči směnu;
```

Proces nakládání zásilek

```
if nový řidič then  
    rozvážení zásilek o 10 % déle;  
else  
    průměrná délka rozvážení;  
end  
  
Vrať auto;
```

Proces rozvážení zásilek

4. Architektura simulačního modelu

Po spuštění simulace se následně 10krát spustí simulační experiment. Tyto experimenty se liší jak ve vstupních parametrech, které jim byly předány a se kterými pracují, tak ve výsledném čase provádění a úspěšnosti. Po skončení simulace se na standardní výstup vypíše statistiky ohledně průměrného času rozvážení zásilek, průměrného počtu nedoručených zásilek a procentuální úspěšnost daného experimentu. Jedná časová jednotka v simulačním modelu představuje jednu hodinu v realitě. Po spuštění simulačního modelu se inicializuje simulační čas na délku jednoho dne a spustí se proces nakládání zásilek a zároveň se spustí časovač, který reprezentuje pracovní dobu. Při spuštění je možno měnit vstupní parametry z

příkazové řádky, první měněný parametr značí počet aut k rozvážení, druhý počet zásilek, které je potřeba doručit.

4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního

Nakládání i rozvážení zásilek jsou implementovány jako proces. Samotné nakládání představuje třída `Load`, tato třída využívá `Sklad` aut při jejich zabrání před rozvážením. Třída `Truck` představuje implementaci procesu rozvážení zásilek a taktéž využívá `Sklad` aut, do kterého po skončení rozvozu vrací auta. Při rozvážení se vybírá délka rozvozu podle typu řidiče, pokud je řidič brigádníkem, je pravděpodobné, že jeho rozvoz bude trvat déle.

Pro implementaci časovače je vytvořena událost ve třídě `Timer`, která se spustí po 8 hodinách simulačního času a ukončí pracovní směnu a tedy všechny rozvozy.

4.2 Spouštění modelu

Model před jeho prvním spuštěním musíme nejdříve přeložit příkazem ***make***. Spuštění simulačního modelu se provádí příkazem ***make run***. Pokud spustíme modul pomocí ***make run***, hodnoty se nastaví na výchozí hodnoty programu, to znamená počet aut na 700 a počet balíku na 70000. Pokud chceme měnit tyto hodnoty, můžeme pomocí argumentů ***-c*** (počet aut) a ***-p*** (počet balíku) a spustit pomocí ***./ims-projekt***. Například pro spuštění modelu s 600 auty a 65000 balíky použijeme příkaz: ***./ims-projekt -c 600 -p 65000***

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Projekt se zaměřuje na simulační experimenty v oblasti logistiky a přepravy zásilek. Cílem je analyzovat chování systému s ohledem na různé parametry. V průběhu experimentů sledujeme vývoj systému, zaznamenáváme statistiky a analyzujeme výsledky. Naším cílem je získat poznatky o optimálních podmínkách pro co nejefektivnější fungování logistického systému. Simulace nám poskytují užitečné informace pro plánování a rozhodování v reálných situacích.

5.1 Postup experimentování

Během simulace jsou vytvořeny instance tříd, které reprezentují nákladní auta, nakládací procesy a časovače pro sledování pracovní doby. Parametry simulace, jako počet vozidel a počet balíků, mohou být specifikovány při spuštění programu. Simulace začíná nakládáním materiálu do skladu, kde jsou nákladní auta aktivována k doručování. Čekací doby a průběh cest jsou generovány náhodně. Po skončení pracovní doby se statistiky zaznamenávají a simulace může být opakována s různými vstupními parametry.

5.2 Experimenty

U každého experimentu můžeme vidět výpis výsledků se shrnutím.

5.2.1 Experiment č. 1

První experiment sloužil k ověření validity modelu. K jeho provedení byly použity informace z článku [1].

Počet zásilek	Počet aut	Průměrný čas [h : m]	Úspěch v [%]
70 000	700	7:45	100

Tabulka 1

Z tabulky vychází, že model je validní. Ve všech simulacích vyšlo, že řidiči stihli rozvést zásilky před skončením pracovní směny.

5.2.2 Experiment č. 2

Druhý experiment měl zjistit kolik minimálně aut za aktuálních podmínek může jezdit. Vstupní hodnota "počet aut", se s každou simulací snižovala. Pokud řidiči nestihli do 8 hodin rozvést zásilky, směna skončila a zásilky zůstaly nedoručeny.

Počet zásilek	Počet aut	Průměrný čas [h:m]	Průměrný počet nedoručených zásilek	Úspěch v [%]
70 000	650	7:49	0	100
70 000	600	7:52	0	100
70 000	550	7:58	42	90
70 000	500	8:00	5810	0

Tabulka 2

Při použití alespoň 600 aut výsledek byl vždy stoprocentní, ale při snížení počtu aut na 550, 10% směn nestihlo rozvést všechny balíčky. Pokud počet aut snížíme na 500 aut, ani jedna směna nedoručí všechny balíky a průměrný počet nedoručených balíků bude až 5810.

5.2.3 Experiment č. 3

Cílem třetího experimentu bylo zjistit kolik maximálně balíků, za aktuálních podmínek (700 řidičů), by byli řidiči schopni rozvést za jednu směnu.

Počet zásilek	Počet aut	Průměrný čas [h:m]	Průměrný počet nedoručených zásilek	Úspěch v [%]
75 000	700	7:48	0	100
80 000	700	7:51	0	100
85 000	700	7:55	0	100
90 000	700	7:59	134	70
95 000	700	8:00	4756	0

Tabulka 3

Tento experiment ukazuje, že při aktuálním počtu řidičů (700), mohou rozvést až 85 000 balíků s 100% úspěšností.

5.3 Závěr experimentů

Bylo provedeno 30 experimentů. Bylo zjištěno mnoho užitečných informací, které by mohly být použity ke zlepšení systému. Například, bylo zjištěno, že očekávaný počet zásilek by bylo možné doručit i s 600 řidiči, tedy šlo by v tomto ohledu výrazně ušetřit, nebo že při počtu 700 řidičů, firma Zásilkovna by byla schopna rozvést o 15 000 balíků více s 100% úspěšností. Experimenty taky ukázaly limitní hranice systému.

Bylo by možné provést mnoho dalších experimentů, například snížení délky směny a jak moc by to ovlivnilo fungování systému.

6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Studii provedenou na modelu bylo prokázáno, že systém je navržený tak, že za současných podmínek se vždy během pracovní směny stihne rozvézt všechny balíky. Z výsledků simulačních experimentů dále vyplývá, že systém za současných podmínek by byl schopen snížit počet aut na 600, nebo zvýšit počet balíků denně na 85000 a při tom stále být schopen mít 100% úspěšnost.

Literatura

[1] Informace o datech Zásilkovny. Dostupné z:

<https://www.zasilkovna.cz/blog/v-sezone-rozvezeme-na-adresu-az-70-000-zasilek-za-jediny-den-rika-reditel-logistiky-radek-simersky>

[2] Peringer, P: Hrubý, M: Modelování a simulace, text k přednáškám.
Dostupné z:

<http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>

[3] SIMLIB/C++: SIMulation LIBrary for C++ programming language

<https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html/index.html>