



**Simulační studie**  
**Rozvoz jídla firmou Freshbox**  
Tým: ModelX  
Varianta 2: Doprava zboží nebo osob

8. prosince 2018

**Dominik Harmim** (xharmi00)  
Vojtěch Hertl (xhertl04)

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
1.1	Autoři, zdroje . . . . .	1
1.2	Ověření validity . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Rozbor tématu a použitých metod/technologií</b>	<b>1</b>
2.1	Použité postupy . . . . .	1
2.2	Popis původu použitých metod/technologií . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Koncepce modelu</b>	<b>2</b>
3.1	Popis konceptuálního modelu . . . . .	2
3.2	Forma konceptuálního modelu . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Architektura simulačního modelu</b>	<b>2</b>
4.1	Mapování konceptuálního modulu do simulačního modelu . . . . .	3
<b>5</b>	<b>Podstata simulačních experimentů a jejich průběh</b>	<b>4</b>
5.1	Postup experimentování . . . . .	4
5.2	Experimenty . . . . .	4
5.3	Závěry experimentů . . . . .	4
<b>6</b>	<b>Shrnutí simulačních experimentů a závěr</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	<b>Petriho síť</b>	<b>6</b>

# 1 Úvod

V této práci je řešen proces sestavování modelu [2, snímek 7] pro rozvoz jídla po Brně firmou Freshbox [1] a jeho následná simulace [2, snímek 33]. Díky tomuto modelu a simulačním experimentům [2, snímek 9] nad ním je možno pozorovat efektivitu a přínos v různých podmínkách. Smyslem experimentů je zjistit, jak kvalitně navržený je systém [2, snímek 18] a zda by se změnou některého z ovlivňujících faktorů mohl zdokonalit. V reálném systému může být obtížné a finančně nákladné tyto ovlivňující faktory měnit a zjišťovat, jak se bude systém chovat, proto je vhodné získat nové znalosti o reálném systému použitím principů modelování a simulace [2, snímek 9].

## 1.1 Autoři, zdroje

Projekt vypracovali studenti Dominik Harmim a Vojtěch Hertl z FIT VUT v Brně.

K technické části této práce bylo využito zdrojů z kursu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně. Jako zdroj k faktům sloužily webové stránky firmy Freshbox a také vedoucí této firmy, Mgr. Silvie Obadalová (obadalova@freshbox.cz).

## 1.2 Ověření validity

Ověřování validity [1, snímek 37] probíhalo telefonicky a elektronicky s vedoucí firmy Freshbox, magistrou Obadalovou. Na základě této komunikace byla získána všechna data potřebná k experimentálnímu ověřování validity modelu. Statistická data byla extrahována z naměřených statistik firmy Freshbox. Validita byla také ověřena pomocí experimentů a srovnáním s realitou.

# 2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Všechna použitá fakta jsou zprůměrována ze všech získaných informací.

Zákazníci mají předem objednaná jídla od firmy Freshbox, která tato jídla každý den od 6:30 hodin do 12:30 hodin (tj. 6 hodin) rozváží zákazníkům po Brně a okolí. Firma Freshbox rozváží jídlo 16 auty, přičemž jedno auto je schopné naložit maximálně 500 jídel. Každý den se rozváží průměrně 21 200 jídel  $\pm$  1 000 jídel. Firma má na začátku rozvozu již všechna jídla připravena a v 6:30 hodin se připraví všechna auta, do kterých se naloží maximální počet jídel, který je dán maximální kapacitou auta. Naložení jednoho auta průměrně trvá 11 minut  $\pm$  3 minuty. Rozvoz všech jídel jednoho auta trvá průměrně 97 minut  $\pm$  12 minut. Při tomto rozvozu každé auto urazí průměrně 43 km  $\pm$  8 km. Pro rozvoz se používají auta Volkswagen Caddy 1.9 TDI. Tato auta mají spotřebu 7,7 l/100 km<sup>1</sup> nafty při městském provozu. Když auto rozveze všechna naložená jídla, vrátí se na pobočku Freshbox, aby se mohla naložit další jídla. Samotné nakládání jídel provádí sám řadič daného auta. Tento proces se opakuje tak dlouho, dokud nejsou rozvezena všechna jídla. Jeden zákazník (právnícká nebo fyzická osoba) si samozřejmě může objednat více jídel na jedno místo doručení, což se typicky děje, protože pravidelnými zákazníky jsou firmy, které si objednávají denně řádově desítky jídel.

## 2.1 Použité postupy

Pro vytvoření modelu byl použit programovací jazyk C++ za podpory simulační knihovny SIMLIB [3]. Tyto technologie jsou ideální pro řešení zadaného problému, jelikož poskytují všechna potřebná rozhraní k implementaci modelu. Další výhodou je, že se jedná o otevřený software, jsou to multi-platformní technologie a poměrně jednoduše se používají, nejedná se o nic zbytečně těžkopádného. Dále byly použity postupy popsané v textech ke kursu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně [2] k vytváření Petriho sítě [2, snímek 123] a samotnému programování za použití knihovny SIMLIB.

---

<sup>1</sup><https://www.auto-data.net/en/volkswagen-caddy-maxi-life-typ-2k-1.9-tdi-105hp-8855>

## 2.2 Popis původu použitých metod/technologií

Použili jsme standardní třídy a funkce jazyka C++<sup>2</sup>. Drželi jsme se standardu C++14. Využívali jsme možnosti oběktově orientovaného návrhu.

Pro překlad zdrojových souborů byly použity nástroje CMake<sup>3</sup> a GNU Make<sup>4</sup>.

Knihovna SIMLIB byla získána z oficiálních stránek tohoto nástroje<sup>5</sup>. Použili jsme nejnovější dostupnou verzi (ke dni 8. prosince 2018), tj 3.07. Autory tohoto nástroje jsou Petr Peringer, David Leska a David Martinek, viz [3]. Pro účely vytvoření našeho simulačního modelu [2, snímek 44] jsme používali standardní nástroje a rohraní této knihovny.

## 3 Koncepce modelu

V této sekci se zpracovává návrh konceptuálního (abstraktního) modelu [2, snímek 48] nad systémem, který je brán ze své podstaty jako systém hromadné obsluhy [2, snímek 136]. Při vytváření je potřeba vybrat ze všech údajů ty podstatné informace pro model. Z rozboru tématu plyne, že je důležité namodelovat všechno, co souvisí se samotným rozvozem. Díky skutečnosti, že všechny jednotlivé údaje jsou zprůměrovány, je zapotřebí simulovat průběh jednoho dne, přičemž se samozřejmě může den ode dne nepatrně lišit. Na oba proměnné časové údaje při modelování se tedy použije rovnoměrné rozdělení [2, snímek 89] s vyhovující odchylkou. Aby se model zjednodušil, průměrný počet jídel, který se každý den rozváží, se zaokrouhlí, aby byl dělitelný maximální kapacitou aut. Na validitu to má nepatrný vliv, až zanedbatelný, jelikož jsou údaje zprůměrovány. Dále značka auta, spotřeba paliva a cena nejsou pro model důležité, tyto informace budou použity při zefektivňování systému. Přesto, že tato situace reálně často, díky již nabraným zkušenostem z reality, nenastává, pro lepší experimentování je přidán druhý koncový stav, který znamená, že směna skončí dříve než jsou rozvezena všechna jídla, tedy nějaká jídla zbydou na skladě. Tento stav značí neúspěšné dokončení směny, protože se nestihlo rozvést všechno jídlo v časovém limitu. Předpokládá se také, že auto, které započne ještě během pracovní směny svůj cyklus, ho celý dokončí. Ovšem pokud mezitím skončila směna, znamená to, že byl rozvoz neúspěšný z časového hlediska.

### 3.1 Popis konceptuálního modelu

Model, viz příloha A, se skládá ze dvou hlavních větví. První značí samotný průběh rozvozu jídel a druhá časovač. Druhá z větví jen určuje, jak dlouho probíhá pracovní směna, to je 6 hodin, a jakmile směna skončí, skončí rozvoz jídel. První větev má dvě vstupní proměnné – počet aut a počet jídel. Auto zde slouží jako obslužná linka, kde pokud je některé volné a připravené na rozvoz a zároveň jsou ještě nějaká jídla na skladě, začnou se nakládat. Pokud ale již byla všechna jídla rozvezena a všechna auta jsou připravena na rozvoz, skončí pracovní směna. Po naložení jídel se auto vydá na cestu a všechna jídla rozveze. Po ukončení této činnosti je auto zase volné a připraveno k dalšímu použití.

### 3.2 Forma konceptuálního modelu

Model je vizualizován pomocí Petriho sítě v příloze A a doplněn informacemi a legendou.

## 4 Architektura simulačního modelu

Při spuštění simulačního modelu [2, snímek 44] se spustí jednotlivé simulační experimenty, jeden po druhém, viz kapitola 5.2. Simulační model je možné, po jeho přeložení příkazem `make`, spustit příkazem `make run`.

<sup>2</sup><https://cpptreference.com/w/cpp>

<sup>3</sup><https://cmake.org>

<sup>4</sup><https://www.gnu.org/software/make>

<sup>5</sup><http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB>

Po dokončení běhu simulace se na standardní výstup vypíše informace o provedených experimentech. Před začátkem každého z experimentů se vypíše modelový čas [2, snímek 21] začátku experimentu, počet dostupných aut pro rozvážení jídla a počet jídel, které je potřeba rozvézt. Na konci každého z experimentů se vypíše modelový čas konce experimentu, počet jídel, které se nestihly rozvézt, celková auta ujetá vzdálenost, celková spotřeba pohonných hmot všech aut, informace o skladu [2, snímek 184] aut a statistiky ohledně času nakládání aut, době trvání rozvozu jídel, ujeté vzdálenosti a spotřebě aut.

Před spuštěním každého z experimentů se inicializuje modelový čas tak, aby doba trvání experimentu odpovídala jednomu dni v reálném čase [2, snímek 21], protože modelujeme jeden den rozvozu jídla. Jedna časová jednotka modelového času odpovídá jedné minutě v reálném čase.

Spuštění experimentu v simulačním modelu znamená vytvořit a aktivovat proces [2, snímek 121], který reprezentuje pracovní směnu a následně spustit samotnou simulaci. Tento proces reprezentující pracovní směnu lze vytvořit s parametry, které mění chování simulace. Tyto parametry jsou měněny při spouštění jednotlivých experimentů. Jedná se o parametr značící počet aut pro rozvoz jídel, samotný počet jídel a odchylku o této hodnoty.

Na algoritmu 1 je znázorněno chování procesu pracovní směny a na algoritmu 2 je znázorněno chování procesu auta.

vytvoření události reprezentující časovač, který po určité době ukočí směnu;

```
while jsou na skladě jídla připravena k rozvozu do
    čekání na volné auto a jeho zabránění;
    if na skladě už nejsou žádná jídla then
        vrácení auta do skladu aut;
        break;
    else
        odebrání jídel ze skladu, které budou naloženy do auta;
        vytvoření a aktivace procesu auta;
    end
end
čekání, až budou všechna auta ve skladu;
ukončení směny;
```

**Algoritmus 1:** Chování procesu pracovní směny

```
čekání na naložení auta;
čekání na rozvezení všech jídel;
vrácení auta do skladu aut;
```

**Algoritmus 2:** Chování procesu auta

## 4.1 Mapování konceptuálního modulu do simulačního modelu

Jak je popsáno v kapitole 3.1 a znázorněno v Petriho síti v příloze A, časovač, který ukončí směnu po uplynutí konce směny, je v simulačním modelu implementován jako událost [2, snímek 169], která při jejím vytvoření naplánuje sama sebe na čas, kdy má pracovní směna skončit. V popisu chování této události je potom implementováno ukončení procesu pracovní směny. Této události v simulačním modelu odpovídá třída `WorkShiftTimer`.

Pracovní směna je v simulačním modelu implementována jako proces, který při svém vytvoření vytvoří a inicializuje sklad [2, snímek 184] aut a sdílenou proměnnou, která reprezentuje momentální počet jídel pro rozvoz. Chování tohoto procesu je znázorněno algoritmem 1. Tomuto procesu v simulačním modelu odpovídá třída `WorkShift`.

Rozvoz jídla auty je v simulačním modelu implementováno procesem, jehož chování je znázorněno na algoritmu 2. Tomuto procesu v simulačním modelu odpovídá třída `Car`.

## **5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh**

### **5.1 Postup experimentování**

### **5.2 Experimenty**

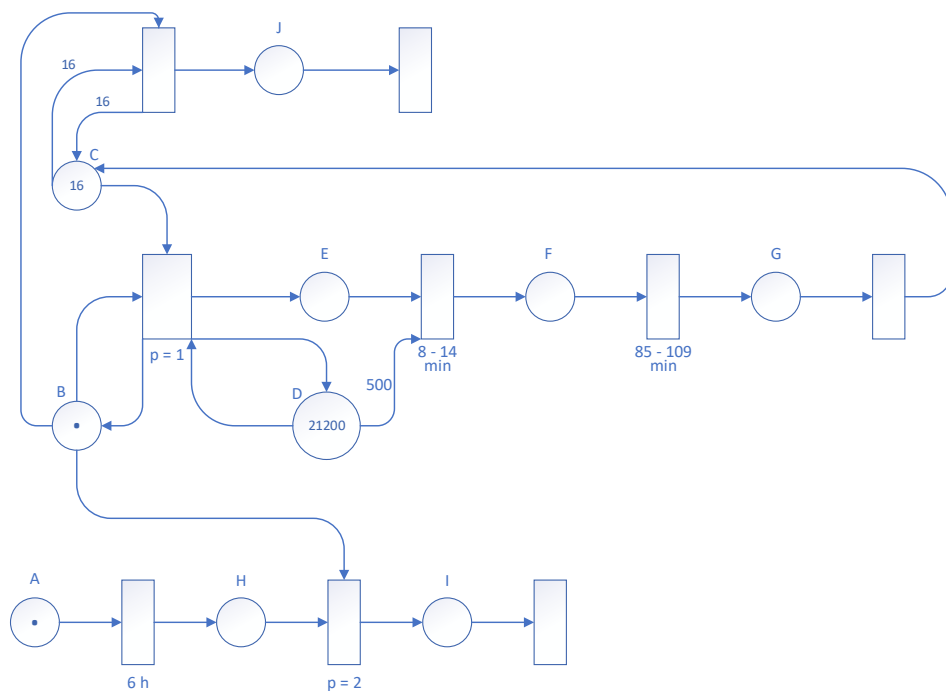
### **5.3 Závěry experimentů**

## **6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr**

## Literatura

- [1] Freshbox: Freshbox. [online], 2018, [vid. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.freshbox.cz>
- [2] Peringer, P.; Hrubý, M.: Modelování a simulace, Text k přednáškám kursu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně. [online], 22. listopad 2018, [vid. 2018-12-05]. Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [3] Peringer, P.; Leska, D.; Martinek, D.: SIMLIB/C++ (SIMulation LIBrary for C++). [online], 19. září 2018, [vid. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB>

## A Petriho síť



- A Začátek směny, spuštění časovače.
- B Identifikátor, je-li směna.
- C Volá auta.
- D Počet jídel zbylých k rozvozu.
- E Auta se nakládají.
- F Auta rozváží jídla.
- G Auta skončila rozvoz.
- H Čekání na ukončení směny z časového důvodu.
- I Ukončení směny z časového důvodu.
- J Ukončení směny z důvodu rozvezení všech jídel před koncem směny.

Obrázek 1: Petriho síť