

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta informačních technologií



Modelování a simulace  
2016/2017

Technická zpráva k projektu do předmětu IMS  
**Okruh 4: Model supermarketu**

# **1 Úvod**

Tato dokumentace vznikla k projektu do předmětu Modelování a simulace (IMS). Dokumentace popisuje simulační model [1, slajd 7] Supermarketu. Cílem projektu je simulovat reálný supermarket za pomoci dat, získaných pomocí pozorování reálného supermarketu.

## **1.1 Autoři a zdroje informací**

Autorem projektu je student FIT VUT v Brně Roman Nahálka. Při tvorbě projektu bylo využito znalostí získaných v předmětu IMS, znalostí získaných ze zkušeností při navštěvování supermarketu a při pozorování supermarketu Brněnka na ulici Purkyňova 3030/35d.

## **1.2 Ověřování validity modelu**

Validita [1, slajd 37] byla ověřována při postupném testování. Ověřování bylo prováděno srovnáním výstupu simulace s daty získanými během pozorování na místě.

Sledovala se doba, kterou zákazníci trávili samotným nakupováním v obchodě, tedy doba než se zákazník zařadil do fronty k pokladně. Dále se sledovala délka obsluhy zákazníka na pokladně a u pultu s uzeninami. Pro generování zákazníků se ještě sledoval údaj, v jakých rozptylech přijde do obchodu nový zákazník. Všechny údaje se sledovali v nákupní špičce.

# **2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií**

Pro modelování a simulaci supermarketu je nutné znát jeho reálný chod. Pro vypracování tohoto projektu jsem si jako předlohu vybral supermarket ze sítě obchodů Brněnka [2], konkrétně se jedná o prodejnu na adrese Purkyňova 3030/35d.

Veškeré dále uváděné údaje byli získány osobním měřením na výše uvedené prodejně v období nákupní špičky. Konkrétně jsem prodejnu pozoroval v pondělí 5.12.2016 v čase od 16:20 do 18:55. Datum i čas bylo vybráno záměrně, protože se jedná o rušné nákupní období způsobené svátkem svatého Mikuláše a ze zkušenosti je tento pondělní čas velice rušný.

Výše uvedená prodejna má pro zákazníky k dispozici až 4 pokladny. Při pozorování byli po celou dobu zároveň otevřeny všechny 4 pokladny, tudíž při modelování počítám se čtyřmi pokladny. Při měření intervalů mezi příchody jednotlivých zákazníků jsem zjistil, že průměrná doba mezi příchody je 14 a půl vteřiny. Při pozorování doby obsluhy jsem zjistil, že doba obsluhy trvá od 17 vteřin do 2 minut a 2 vteřin. Nebyl naměřen žádný větší ani menší údaj, než tento. Stejně tak jsem pozoroval i lidi, kteří si vybírali zboží u pulty s uzeninami. Tam byla doba obsluhy daleko nižší, konkrétně se pohybovala od 7 do 60 vteřin. Jako poslední údaj jsem sledoval dobu, jakou zákazník v obchodě stráví bez čekání ve frontě a obsluhy. Z naměřených hodnot jsem vypočítával, že zákazníci tráví nakupováním v tomto obchodě mezi 1 a 10 minutami, pouze ve dvou případech byla nákupní doba menší nebo větší a to v řádech pár vteřin.

## **2.1 Popis použitých postupů pro vytvoření modelu**

Návrh systému byl vytvořen pomocí Petriho sítě [1, slajd 123]. Pro implementaci byl použit jazyk C/C++, protože umožňuje objektový návrh, který je vhodný pro řešení projektu. Dále byla použita knihovna SIMLIB [3], protože poskytuje vhodné třídy pro simulaci.

## **2.2 Popis původu použitých metod/technologií**

Návrh byl vytvořen pomocí Petriho sítě, která byla definována v předmětu IMS. Jako implementační jazyk byl použit C/C++ a pro něj určenou knihovnu SIMLIB.

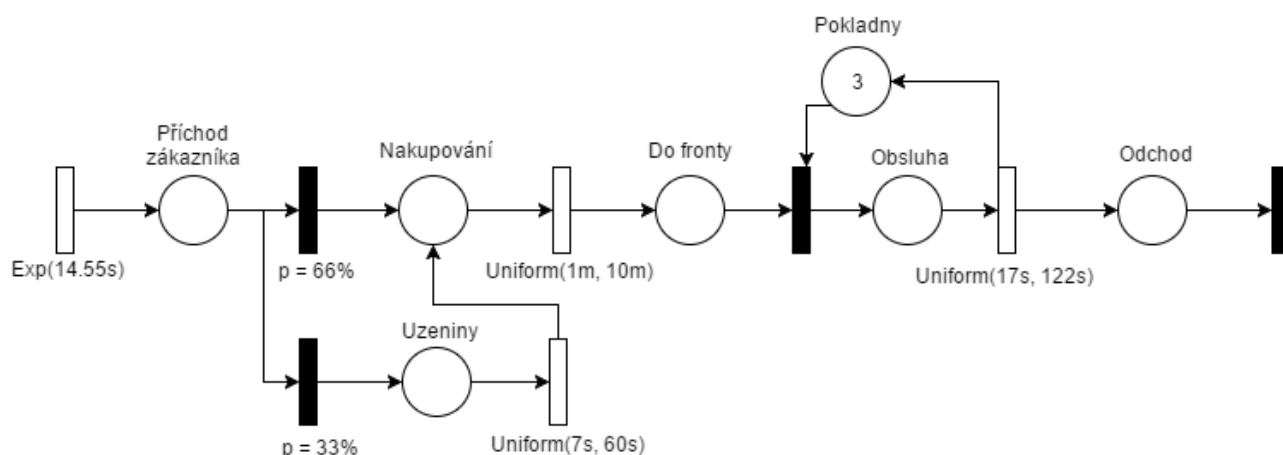
## **3 Koncepce**

### **3.1 Způsob vyjádření konceptuálního modelu**

Konceptuální model je vyjádřen pomocí Petriho sítě. Petriho síť je zobrazena na obrázku (Obr. 1) a je na ní vidět chování zákazníka v supermarketu. Vstupem simulace je zákazník, který přichází do systému s exponenciálním rozložením [1, slajd 91]. Pro zjednodušení systému jde po příchodu do obchodu zákazník ihned nakupovat. V jedné třetině případů zákazník navštíví pult s uzeninami, který pro zjednodušení navštíví ihned po vstupu do obchodu. Po skončení nakupování se zákazník přesune do fronty k pokladně s nejmenší frontou, kde čeká dokud nepříjde na řadu a bude obsloužen. Po skončení obsluhy na pokladně zákazník odchází ze systému.

### **3.2 Konceptuální model**

Na obrázku níže je zobrazen model popsáný pomocí Petriho sítě za pomoci dat získaných pozorováním supermarketu.



Obr. 1: Návrh modelu

## 4 Architektura simulačního modelu

Základní simulační časovou jednotkou je vteřina. Od ní jsou odvozeny všechny časové údaje. Pro snadné nastavení simulačního systému je zavedeno několik konstant (Doba obsluhy, doba nakupování, ...).

Na začátku simulace je spuštěna 1 událost [1, slajd 169], který se stará o otevírací dobu systému. Na začátku simulace se otevírací doba nastaví jako „otevřená“ a zůstane tak 13 hodin, poté se supermarket na zbytek dne (tedy na 11 hodin) uzavře a do systému na tuto dobu nevstoupí žádný zákazník.

Pokladny a pult s uzeninami modelují jako obslužnou linku [1, slajd 180]. Ke každé obslužné lince je přidělena fronta [1, slajd 179]. Zákazník si při příchodu k obslužné lince vždy vybere linku s nejmenší frontou.

Hlavní třídou celého programu je zákazník, který je modelován jako proces [1, slajd 171]. Tato třída simuluje každého zákazníka a jeho chování v systému.

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

S modelem jsem experimentoval změněním některých hodnot (např. Počet pokladen, délka obsluhy, atd...). Cílem těchto experimentů bylo zkusit, jak by supermarket fungoval v extrémních podmínkách.

### **5.1 Postup experimentování**

Jako referenční hodnoty jsou hodnoty, které jsem naměřil v terénu. Při experimentech budeme tyto hodnoty měnit a porovnávat výsledná data s těmi, které jsou získány z referenčních hodnot.

### **5.2 Jednotlivé experimenty**

#### **Experiment 1**

Tento experiment probíhal za nastavení hodnot získaných v terénu a za odhadnuté doby špičky obchodu, která se mi zdála nejpravděpodobnější. Špička při tomto experimentu trvá 4 hodiny ze 13 hodinové otevírací doby. Naměřené hodnoty pochází za období 1 týden.

**Průměrná doba strávena zákazníkem v obchodě:** 24 minut

**Průměrná doba obsluhy na pokladně:** 1 minuta a 10 vteřin

**Počet lidí, kteří navštívili pult s uzeninami:** 3768 lidí

**Počet zákazníku, kteří přišli ve špičce:** 7008

**Počet zákazníků, kteří přišli mimo špičku:** 4409

#### **Experiment 2**

Tento experiment probíhal za zvýšení počtů pokladen na dvojnásobek a zkoušky tak, jak moc by supermarketu pomohlo otevření nových pokladen.

Všechny ostatní hodnoty budou nastaveny stejně jako v minulém experimentu.

**Průměrná doba strávena zákazníkem v obchodě: 7 minut a 30 vteřin**

**Průměrná doba obsluhy na pokladně: 1 minuta a 10 vteřin**

**Počet lidí, kteří navštívili pult s uzeninami: 3820 lidí**

**Počet zákazníku, kteří přišli ve špičce: 6987**

**Počet zákazníků, kteří přišli mimo špičku: 4454**

### **Experiment 3**

Tento experiment probíhal za zvýšení počtu příchozích zákazníků na dvojnásobek. Cílem je zjistit, jak moc se změní údaje v době úplné maximální vytíženosti např. v době před vánočními svátky, kdy jsou obchody často přeplněné.

**Průměrná doba strávena zákazníkem v obchodě: 2 hodiny a 29 minut**

**Průměrná doba obsluhy na pokladně: 1 minuta a 9 vteřin**

**Počet lidí, kteří navštívili pult s uzeninami: 7361 lidí**

**Počet zákazníku, kteří přišli ve špičce: 13570**

**Počet zákazníků, kteří přišli mimo špičku: 8595**

### **Experiment 4**

Tento experiment probíhal, pokud by měl být obchod navštěvován po celou jeho otevírací dobu ve špičce.

**Průměrná doba strávena zákazníkem v obchodě: 1 hodina a 15 minut**

**Průměrná doba obsluhy na pokladně: 1 minuta a 10 vteřin**

**Počet lidí, kteří navštívili pult s uzeninami: 6366 lidí**

**Počet zákazníku: 19102**

## 5.3 Závěry experimentů

Celkem jsem provedl 15 experimentů. Některé z nich bylo provedeno za účelem optimalizace některých hodnot, jiné byly provedeny za účely testování vybraného supermarketu v extrémních podmínkách. Většina experimentů byla prováděna na týdenním provozu, některá pouze na denním. Z experimentů bych usoudil, že tato vytíženost a počet pokladen je pro tuto prodejnu ideální a v případě nějakých větších změn by obchod v žádném případě nestíhal. Vzhledem k tomu, že mnou naměřená data pocházela pouze z období špičky nelze s naprostou jistotou říci, že se jedná o validní model. Navíc jsem data v období špičky zjišťoval pouze necelé 3 hodiny v jeden vybraný den z celého roku. Nemůžu si být jistý, že v jinou dobu v období špičky bych naměřil opět stejné hodnoty.

## Reference

- [1] PERINGER, Petr. FIT VUT. Modelování a simulace [online] 2016. [cit. 2016-12-06]  
Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>
- [2] Obchodní síť Brněnka [online]. 2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z:  
<http://www.brnenka.cz/>
- [3] PERINGER, Petr. FIT VUT. SIMLIB: SIMulation LIBrary for C++ [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>