

# 1. Úvod

Projekt je zaměřený na experimentování s modelem (viz [1], slajd 7) restaurace v době oběda. Z výsledků lze určit optimální počet a rozložení zaměstnanců podle množství příchozích zákazníků, které může být v praxi použito pro přibližný denní plán. Zajímavost projektu spočívá ve zvoleném typu restaurace, konkrétně se jedná o restaurační zařízení typu McDonald's. Pro zpracování modelu bylo nutné podrobně nastudovat provoz zařízení tohoto typu (viz kapitola 2) a získat konkrétní data potřebná k vypracování modelu (viz kapitola 1.1).

## 1.1 Autoři a zdroje faktů/informací

Autory projektu jsou Jakub Jochlík a Filip Šťastný. K vypracování projektu jsme využili znalosti z předmětu IMS, knihovnu SIMLIB (viz [1]). Hlavním zdrojem dat použitých v modelu byly statistiky a informace od managerky a od zaměstnankyně McDonald's (viz kapitola 2). Dále jsme využili poznatků získaných pozorováním v reálném provozu (viz kapitola 2).

## 1.2 Ověřování validity modelu (viz [1], slajd 37)

Výsledky experimentování byly porovnány s hodnotami naměřenými při pozorování reálného provozu v restauraci. Pozorování proběhlo dvakrát v restauraci (viz kapitola 2), jednou během pracovního dne a jednou o víkendu. Srovnání dat mělo v obou případech jen mírnou odchylku, čímž model považujeme za validní pro potřeby projektu.

# 2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Pobočky McDonald's spadají do kategorie restauračních zařízení, avšak soustředí se především na rychlou, hygienicky nezávadnou a pokud možno i kvalitní obsluhu zákazníka. V modelu se proto soustředíme především na obsluhu zákazníků, přípravu jídla, údržbu čistoty kuchyně a výdej objednávek. Zanedbáváme usazení zákazníků, jelikož velká část zákazníků si bere jídlo s sebou a usazení hosté se vzhledem k „fastfood“ typu jídla rychle střídají, proto s usazením nebývá problém.

Všechny uvedené informace jsou získané:

1. Ze statistik elektronických pokladen a konzultace poskytnuté manažerkou Brněnské provozovny McDonald's.
2. Z informací ohledně činností ve výrobě a jejich trvání poskytnutých crew-trenérkou pražské pobočky McDonald's.
3. Z dvojího pozorování a měření v praxi v restauračním zařízení Tři Kohouti (Brno, Masarykova) v hodinách obědu (11 – 13), jednou v pracovní den, podruhé o víkendu.

V době špičky/oběda je důležité, aby nevznikali příliš dlouhé fronty, které odradí nově příchozí zákazníky, a tak ztrácí provozovna potenciální zisk. V době víkendové špičky může při nedostatečné obsluze opustit restauraci bez objednání během 3 hodin i 15% potenciálních zákazníků, což v našem měření znamenalo přes 100 lidí. V pracovní dny pak ještě větší počet. Tomu by se vhodným plánováním směn dopředu – například pomocí simulace (viz [1], slajd 10) - mohlo předcházet.

Druhou důležitou věcí je, aby zákazníci dostali jídlo v rozumném časovém limitu po objednání a nečekali příliš dlouho – ideálně podle směrnic do 60 sekund, v praxi se pak snaží držet pod maximální hranici 180 sekund. Toto se dá také dopředu ověřovat simulačním modelem, bez rizika nespokojených zákazníků při případném testování v reálném provozu.

Kuchyně musí být také udržována v čistotě, proto by každou hodinu mělo dojít k čištění pracovních ploch a výměně nádob a pomůcek, což obstarávají kuchaři (viz kapitola 4), K zajištění těchto hlavních

požadavků je také nápomocný manager, který v reálném provozu pomáhá podle potřeby zaměstnancům, aby urychlil proces obsluhy zákazníka (viz kapitola 4).

## 2.1 Použité technologie pro vytvoření modelu

Model byl implementován v programovacím jazyce C++. Tento jazyk je vhodný, jelikož je objektově orientovaný a nabízí již zmíněnou knihovnu SIMLIB. Automatizované spouštění jednotlivých instancí simulací a získávání jejich výsledků pro následný převod do grafů bylo prováděno skriptem v jazyce Bash a ukládáním do CSV souboru.

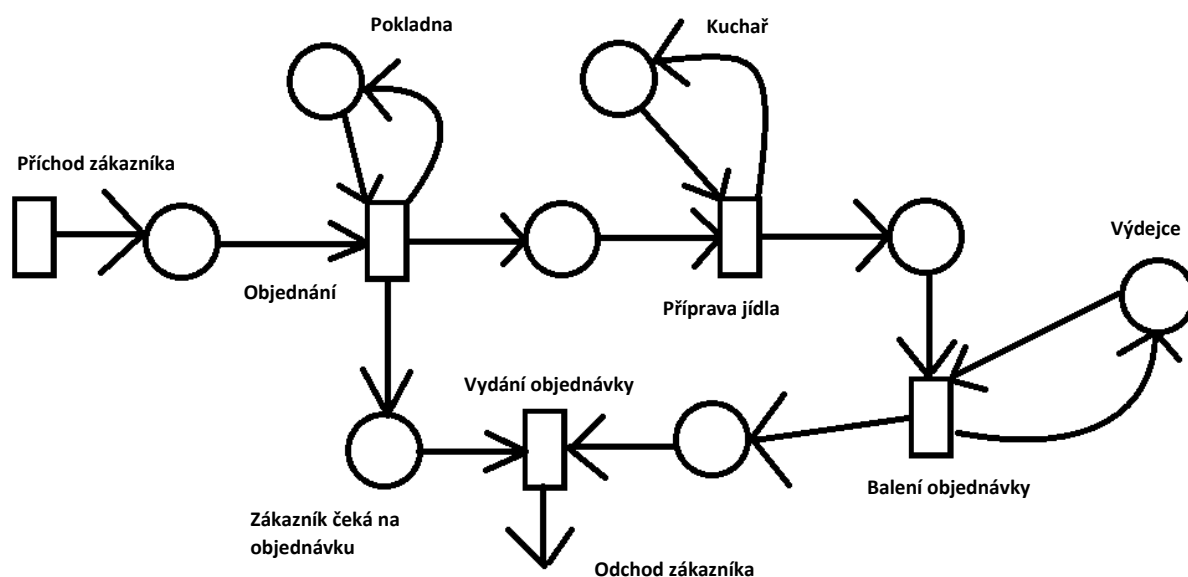
## 2.2 Původ použitých metod/technologií

Byla využita knihovna SIMLIB, která poskytuje řadu potřebných modelačních nástrojů.

# 3. Konceptce

Vzhledem k již zmíněné absenci potřeby usazovat zákazníky (viz kapitola 2) se model skládá z obsluhy zákazníka, přípravy jídla, údržby čistoty a výdeje jídla. Restaurace má být také předpřipravena z hlediska zásobování již před obědovou špičkou, a tedy není modelováno případné přerušení provozu kvůli nedostatku/doplňování surovin. Zákazník tedy přijde, čeká ve frontě, objedná si jídlo a pití. Poté čeká na přípravu jídla kuchyní a balení objednávky u výdejního pultu. Nakonec bere svou objednávku a odchází. Simulační model je také vztažen na aktuální, tj. zimní období. Proto z důvodu množství produktů, které jsou málo prodávány (např. zmrzlinový shake má v zimě méně než 1% podíl tržeb), není s nimi v modelu počítáno. Díky stejným délkám výrobních postupů dalších produktů (např. grilovaný a smažený salát, cheeseburger a hamburger, Swiss king a Cheese king,...) je možné většinu relevantní nabídky shrnout do 5 základních skupin – malý hamburger, velký hamburger, hranolky, nápoj a salát. Velikost hranolek je zprůměrována – balení trvá stejnou dobu. Objednávání menu je zanedbáno, neboť se skládá také pouze z 5 základních typů jídla, které už jsou zahrnuty ve statistice. Sezónní nabídkou jsou v tomto modelu tři typy velkých hamburgerů. V jiném období by bylo potřeba nabídku rozšířit/zkrátit a údaje upravit na základě dané nabídky a prodejů.

## 3.1 Návrh konceptuálního modelu



Obrázek č. 1 – Zjednodušená Petriho síť

Model je popsán velmi zjednodušenou Petriho sítí (viz [1], slajd 123) na obrázku 1. Zákazník čeká na volnou pokladnu, přistupuje k pokladně a objedná si. Zákazník poté čeká na svoji objednávku, která po vzniku vstoupí do fronty objednávek, v případě jídla prochází kuchyní, potom co je jídlo vyhotoveno kuchařem, přichází objednávka k výdejnímu pultu, je kompletována a po zabalení vyzvednuta zákazníkem. Zákazník odchází.

### 3.2 Formy konceptuálního modelu

Formou konceptuálního modelu je zjednodušená Petriho síť s vysvětlením (viz kapitola 3.1).

## 4. Architektura simulačního modelu/simulátoru

Systém se skládá ze čtyř hlavních částí – příchod zákazníka, obsluha zákazníka na pokladně, kuchyně, výdej objednávek. Simulace začíná aktivací procesu manager (Process Manager), kuchyně (Process Kuchyne - přebírá objednávky jídel a přiděluje je kuchařům) a generátor zákazníků (Process GeneratorZakazniku). Většina možných pochybení zaměstnanců, či problémů vyvolaných zákazníky, je modelována pomocí exponenciálního rozložení délky úkonů. Také je využito exponenciálního a uniformního rozložení k simulaci lokálních maxim/minim příchodu zákazníků, což věrněji napodobuje

Po vygenerování zákazníka (Process Zakaznik) vstupuje do prodejny a podle velikosti fronty se rozhodne, zda ihned odchází, nebo pokračuje v objednávce - v tomto případě se postaví do fronty a čeká na obsluhu u pokladny (Store pokladny). Jakmile na něj přijde řada, zákazník si buď nic neobjedná (velmi malá pravděpodobnost), nebo proběhne objednání náhodného počtu jídel (určeno dle zdrojů z el. Pokladen McDonald's) a zákazník odchází čekat na výdej jídla.

Objednávka je vložena do objednávací fronty, jejíž obsluhu má na starost proces kuchyně. Ten přidělí jednotlivé úkony kuchařům (Store kuchari), kteří jídlo připravují. Ideálně se snaží držet určitý počet předpřipravených jídel, aby zákazníci nečekali příliš dlouho. Pokud jsou všechny jídla pro daného zákazníka připravena, zákazník se přesune k výdávacímu pultu, výdejci (Store vydejci) mu poté zkompletují objednávku – zabalí jídlo a případně přidají nápoj/hranolky. Jakmile je vše hotovo, zákazník odchází.

Průběžně běží proces managera, který hlídá, zda některá fronta nepřesáhla limitní hodnotu (definována #define PRILIS\_DLOUHA\_FRONTA\_<POKLADNY/KUCHARI/VYDEJ>). Pokud nepřesáhne, pokračuje další minutu kontrolou provozovny a jinými manažerskými úkony. V případě, že je nutné další pracovní síly na některém místě, manažer dojde a poté se do výroby zapojí až do doby, kdy je fronta dostatečně zredukována, nebo kdy je potřeba jeho pomoc jinde.

Průběžně také v kuchyni probíhá úklid, ideálně přibližně jednou za hodinu, který provádí vždy jeden z kuchařů. Pokud se tento interval nestíhá, měl by se navýšit počet kuchařů. Tato činnost se také projevuje na zdržení výroby jídla.

### 4.1 Mapování abstraktního modelu do simulátoru

Již poměrně důkladně popsáno v samostatné kapitole, pro vyhnutí se duplicitě zde neuváděno znovu (viz kapitola 4).

## 5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentů je zjistit, jaký je optimální počet zaměstnanců a jejich rozložení na jednotlivých stanovištích v době obědové špičky – v pracovní den a o víkendu. Snažíme se předejít pokusům v reálném provozu, kdy by mohlo dojít ke ztrátě tržby, či případné nespokojenosti/stížnostem zákazníků, pokud by byl zaměstnanců nedostatek.

### 5.1 Postup experimentování

Simulační experimenty provedeme nastavením hodnoty pro generování zákazníků v pracovní den (prům. 5,1 zákazníků za minutu) a o víkendu (prům. 4 zákazníci za hodinu). Poté skriptem spouštíme opakovaně simulaci v cyklu s různými počty zaměstnanců na jednotlivých stanovištích. Přitom sledujeme výsledky simulací (délky front, stíhání úklidu, atp.), ale rozhodujeme se prioritně na základě 3 ukazatelů:

- Procento zákazníků, kteří odešli kvůli velké frontě u pokladny (= ušlý zisk, ideálně 0%, max. 3%). Hledáme co nejnižší hodnotu.
- Průměrná délka čekání na vyhotovení objednávky (ideálně pod 60 sekund, max. 180 sekund). Hledáme co nejnižší hodnotu.
- Počet zaměstnanců. Hledáme co nejnižší počet, který zároveň neovlivní rychlost a kvalitu obsluhy - nepřekročí hranice hodnot a) i b).

### 5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů

#### 5.2.1 Experiment č. 1

Experiment byl prováděn na simulačním modelu při nastavení frekvence příchodu zákazníků na 4 za minutu (víkendový provoz). Poté byl program opakovaně skriptem spouštěn pro získání výsledků jednotlivých pod-experimentů. V tomto rozsahu však bylo přes 100 různých kombinací hodnot zaměstnanců, a tudíž jej nelze vhodně přenést do grafu v dokumentaci. Ovšem bylo odhaleno, že i poměrně stejné vstupní hodnoty místy dávaly extrémně rozdílné výsledky. Toto bylo zapříčiněno nadměrnou použitím exponenciálních náhodných rozložení pro časové trvání jednotlivých činností zaměstnanců a zákazníků. Proto byla později některá místa v programu upravena za použití smysluplnějšího uniformního rozložení a množství kombinací sníženo na reálné meze provozu McDonald's provozovny Tři Kohouti.

#### 5.2.2 Experiment č. 2

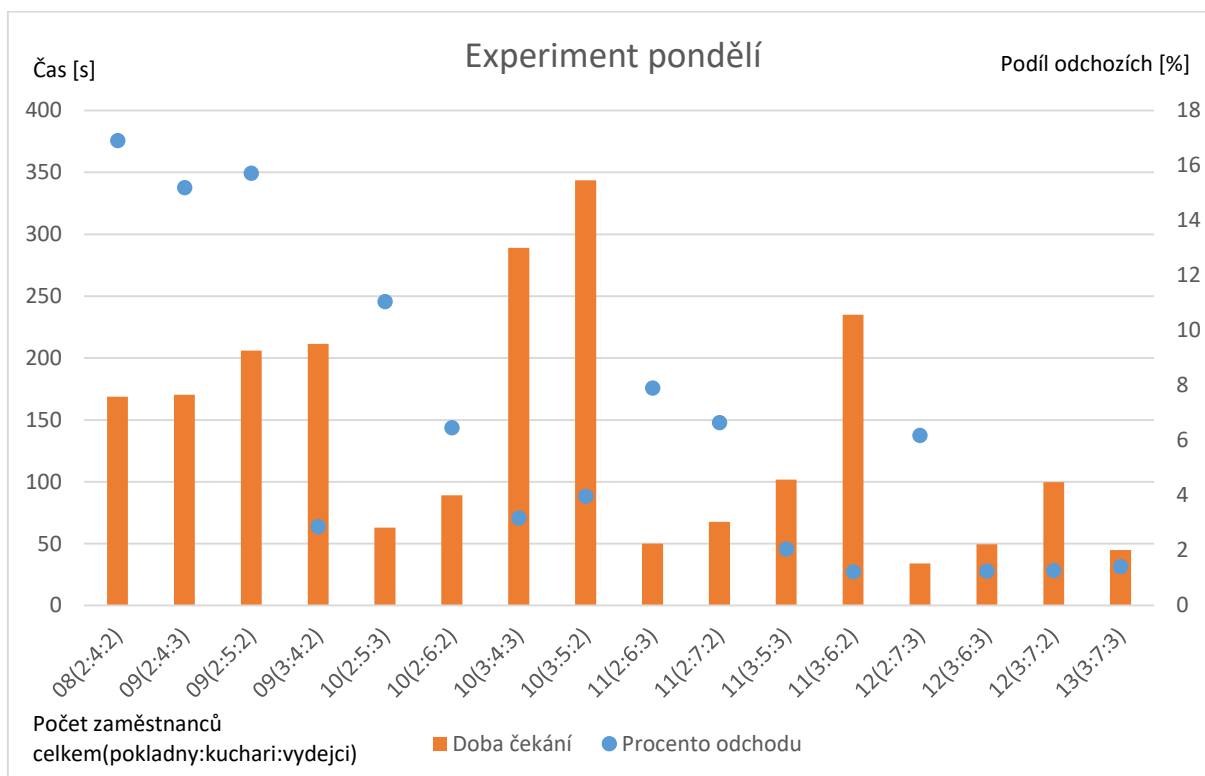
##### a) Experiment – pondělí

Měření bylo provedeno s optimalizovaným programem po předchozím experimentu č. 1 (viz 5.2.1). Hodnota frekvence příchodu lidí byla nastavena na 5,1 za minutu (dle reálného měření). Poté byl program postupně spouštěn skriptem pro získání výsledků dílčích pod-experimentů, které byly zaneseny do grafu (viz Obrázek č. 2). V grafu jsou na horizontální ose zaneseny hodnoty počtů pracovníků formátem celkový\_počet(pokladny:kuchaři:výdejci). Na hlavní vertikální ose jsou průměrné hodnoty čekání zákazníků na vyhotovení objednávky v sekundách. Na vedlejší vertikální ose jsou hodnoty zákazníků, kteří odešli kvůli velké frontě u pokladny, v %.

Na grafu si můžeme všimnout zajímavosti, kdy s lineárním růstem počtu zaměstnanců neklesá přímo úměrně doba čekání ve frontě a procento odchozích lidí, avšak podle rozložení zaměstnanců na jednotlivých stanovištích hodnoty kolísají. Další zajímavostí je, že stejný počet např. zaměstnanců u pokladny nedává vždy stejné výsledky odchozích zákazníků (nejsou ovlivněny

pouze náhodným rozložením), což je dáno i přítomností managera, který jednotlivým stanovištím pomáhá podle situace na všech stanovištích. Tzn., pokud se nestihá např. v kuchyni, nejde pomoci na pokladnu a naopak.

Výsledná optimální hodnota počtu a rozložení zaměstnanců, která splňuje výše uvedená kritéria (viz kapitola 5.1), je zde varianta 11(3:5:3), která splňuje minimálně stanovená kritéria. Pokud by ovšem manager nechtěl při plánování směny riskovat, měl by raději zvolit variantu 12(3:6:3), která splňuje téměř ideální podmínky.



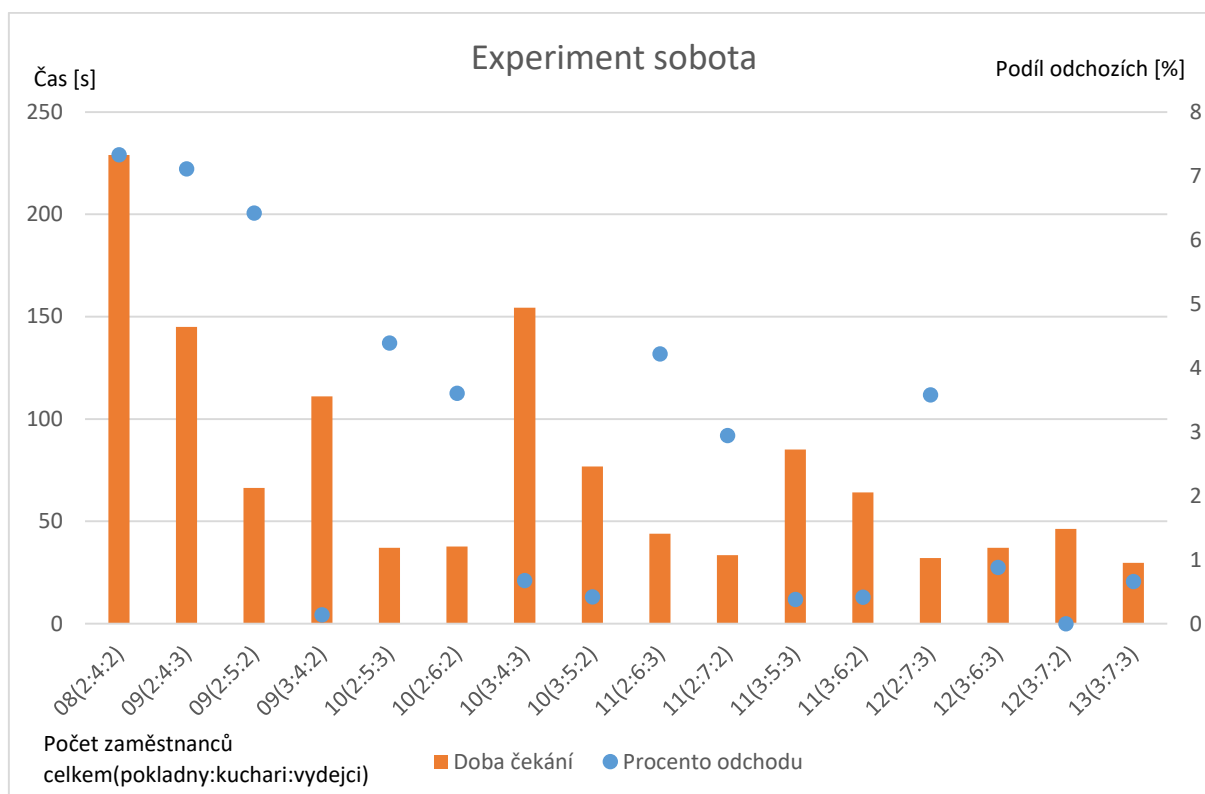
Obrázek č. 2 – Výsledky experimentu v pracovní den – pondělí

#### b) Experiment – sobota

Experimentováno bylo s nastavením frekvence příchodu zákazníků 4 za minutu (dle reálného měření o víkendu). Pro ostatní náležitosti spouštění programu a informace na osách grafu platí stejné podmínky jako v předchozím experimentu (viz kapitola 5.2.2 odrážka a).

S rostoucím počtem zaměstnanců zde vidíme ztlačující čekací dobu a procento odchozích. Jsou ovšem pořád závislé i na rozložení zaměstnanců.

Jakou dostatečnou minimální variantu můžeme zvolit 09(3:4:2), ovšem pokud bychom chtěli znovu vybrat variantu ideální, raději bychom volili variantu 10(3:5:2) s procentem odchodu nižším než 0,5% a dobou čekání přibližně 75 sekund.



Obrázek č. 3 – Výsledky experimentu o víkendu - sobota

### 5.3 Závěry experimentů

Byl proveden 1 prvotní experiment s množstvím dílčích pod-experimentů, na jehož základě byl optimalizován program. S touto verzí pak byly provedeny další 2 experimenty, které sestávaly z 16 dílčích pod-experimentů, které poměrně přesně popisují provoz restaurace během oběda v pracovní den a o víkendu. Zvolená optimální verze z grafu dokonce počtem zaměstnanců i odpovídala reálnému provozu o víkendu. V pracovní den se lišila minimální optimální varianta od reálu pouze o 1 zaměstnance.

## 6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Z výsledků experimentů (viz kapitola 5.2.2 a 5.3) vyplynulo, že rozložení zaměstnanců zvolené podle simulačního modelu velmi blízce odpovídá i rozložení zaměstnanců v reálném provozu, což naznačuje validitu modelu při použití v dané situaci.

## 7. Literatura

1 PERINGER P., Slajdy k přednáškám modelování a simulace, 2010. Verze 2016-09-20 [cit. 2016-12-06] <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMS-IT/lectures/IMS.pdf>

2 PERINGER P., SIMulation LIBrary for C++ programming language. [cit. 2016-12-06][Online] [www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/](http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/)