

# Technická zpráva k projektu IMS

T10: Počítačové služby

Centrum IT služeb ITmix

**Autor:** Zhdanovich Iaroslav (xzhdan00)

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
1.1	Autor . . . . .	2
1.2	Zdroje . . . . .	2
1.3	Ověření validity . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Rozbor tématu a použitých metod/technologií</b>	<b>3</b>
2.1	Použité postupy . . . . .	4
2.2	Původ použitých metod/technologií . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Koncepce</b>	<b>4</b>
3.1	Způsob vyjádření konceptuálního modelu . . . . .	4
3.1.1	Časovač pracovní směny . . . . .	4
3.1.2	Časovač přijetí požadavků na diagnostiku a návrh a instalace počítačových sítí . . . . .	4
3.1.3	Činnosti techniků v kanceláři . . . . .	5
3.1.4	Činnosti techniků na autě . . . . .	5
3.2	Formy konceptuálního modelu . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Architektura simulačního modelu/simulátoru</b>	<b>8</b>
4.1	Mapování abstraktního modelu do simulátoru . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Podstata simulačních experimentů a jejich průběh</b>	<b>9</b>
5.1	Postup experimentování . . . . .	9
5.2	Dokumentace experimentů . . . . .	9
5.2.1	Experiment 1: Validace modelu . . . . .	10
5.2.2	Experiment 2: Zátěžový test techniků na autě . . . . .	10
5.2.3	Experiment 3: Zátěžový test techniků v kanceláři . . . . .	11
5.2.4	Experiment 4: Zátěžový test celého centra s kritickými parametry . . . . .	12
5.2.5	Experiment 5: Test celého centra s kritickými parametry a nastavením kvalifikace techniků pomocí parametru PRO . . . . .	13
5.3	Závěry experimentů . . . . .	13
<b>6</b>	<b>Shrnutí simulačních experimentů a závěr</b>	<b>14</b>

# 1 Úvod

V této práci je řešena implementace modelu[4, snimek 7] centra IT služeb ITmix[3], která bude použita pro analýzu a optimalizaci jeho provozu. Model je navržen tak, aby simuloval[4, snimek 33] reálné podmínky centra IT služeb, včetně různých parametrů jako jsou počet požadavků, doba jejich vyřízení a dostupnost techniků, a aby demonstroval, jak konkrétní faktory ovlivňují výkon a efektivitu systému[4, snimek 7].

Na základě modelu a simulačních experimentů bude ukázáno chování systému v podmínkách různých scénářů. Cílem těchto experimentů[4, snimek 9] je zjistit, zda lze zvýšit efektivitu centra prostřednictvím zvýšení kvalifikace techniků, tak aby byli schopni uspokojit jakékoliv požadavky, které přijdou.

## 1.1 Autor

Autorem projektu je Zhdanovich Iaroslav (xzhdan00, xzhdan00@stud.fit.vutbr.cz)

## 1.2 Zdroje

Na přípravě této práce se podílel vedoucí centra ITmix, Bc. Valerij Dudanov (memphisrap@gmail.com), který poskytl klíčová data o provozu a struktuře systému. Tato data byla využita jako základ pro sestavení modelu a provádění simulačních experimentů.

## 1.3 Ověření validity

Validita modelu[4, snimek 37] byla ověřena prostřednictvím řady experimentů a následným porovnáním jejich výsledků s reálnými daty získanými z provozu centra ITmix.

## 2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

1. Do centra IT služeb přicházejí 3 typy požadavků:

- $\frac{1}{2}$  požadavků - požadavky na vzdálenou správu sítě (instalace/aktualizace softwaru/OS, oprava drobných závad)
- $\frac{1}{6}$  požadavků - požadavky na obecnou diagnostiku počítačů
- $\frac{1}{3}$  požadavků - požadavky na opravu závad na místě, včetně instalace softwaru, čištění od virů a podobných drobných oprav. Současně 5% těchto požadavků tvoří požadavky na návrh a instalace počítačových sítí.

2. V centru IT služeb pracují 2 typy techniků:

- Technici v kanceláři (zpravidla 3)
- Technici na autě (zpravidla 2)

3. Činnosti techniků:

- Technici v kanceláři musí přijímat a zpracovávat příchozí požadavky a provádět diagnostiku počítačů a vzdálenou správu sítí.
- Technici na autě se musí dostat na místo opravy, provést opravu a poté se vrátit zpět do pracovišti. Pokud přijde požadavek na návrh a instalace počítačových sítí (ne více než 2 za den, z kapacitních důvodů), věnuje technik zákazníkovi zbytek směny (často i více). Technik je do 1,5 hodiny nahrazen jiným technikem.

4. Doba zpracování požadavků:

- Doba zpracování požadavků na vzdálenou správu sítě a opravu na místě - 2 až 3 minuty
- Doba zpracování požadavků na obecnou diagnostiku počítače - 4 až 6 minut

5. Doba provedení služeb:

- Vzdálená správa sítě - 10 až 20 minut
- Diagnostika počítače trvá v průměru 2,5 hodiny, nicméně tato doba se může v závislosti na případě značně lišit, proto bylo zvoleno exponenciální rozdělení se středem 2,5 hodiny.
- Opravy na místě trvají v průměru 40 minut, ale jejich doba stejně jako doba diagnostiky se mohou značně lišit, proto bylo zvoleno exponenciální rozdělení se středem 40 minut. Cesta na místo a zpět trvá 10 až 15 minut.

6. Pracovní doba:

- Pracovní doba centra je 8 hodin, ale započaté opravy musí být dokončeny i po této době.
- Požadavky na diagnostiku počítače a návrh a instalace počítačových sítí jsou přijímány pouze v první polovině dne, tj. v prvních 4 pracovních hodinách.

Průměrný počet požadavků za den: 30

Všechna data byla zprůměrována na základě statistik poskytnutých Bc. Dudanovem.

## 2.1 Použité postupy

Pro vytvoření simulačního modelu[4, snimek 44] centra IT služeb byl použit jazyk C++, nástroj GNU Make[2] pro správu buildování, knihovna SIMLIB pro simulaci stochastických procesů a Petriho síť[4, snimek 126] pro modelování abstraktního modelu[4, snimek 10]. C++ byl zvolen pro svůj výkon a flexibilitu při práci s simulacemi. Make usnadňuje správu kompilace a závislostí, což zjednodušuje práci na projektu. SIMLIB poskytuje potřebné nástroje pro simulaci událostí[4, snimek 172] a náhodných procesů[4, snimek 72], což je klíčové pro modelování.

## 2.2 Původ použitých metod/technologií

Postupy pro vytvoření modelu byly převzaty z výukových materiálů kurzu "Modelování a simulace"[4] na FIT VUT. Knihovna SIMLIB verze 3.09 byla stažena z oficiálních stránek[5]. Autory knihovny jsou Petr Peringer, David Leška a David Martínek. Byla použita také manuální příručka C++ standardu C++17[1].

# 3 Koncepce

Některé aspekty nemusí být v modelu specifikovány, např. odchod zaměstnanců na toaletu nebo na cigaretu, protože zabírají velmi málo času a nemají dopad na pracovní dobu. Tím pádem validita modelu není nijak ovlivněna. Systém centra IT služeb je systémem hromadné obsluhy[4, snimek 139], takže pro jeho modelování je vhodné použít Petriho síť.

## 3.1 Způsob vyjádření konceptuálního modelu

Pro lepší přehlednost byla Petriho síť popisující model (obrázek 5, str. 16) rozdělena do 4 logicky oddělených sítí, které sdílejí společné stavy a tvoří jednu síť.

### 3.1.1 Časovač pracovní směny

Na začátku směny se spustí 8hodinový časovač (W\_TIME), po jehož uplynutí se směna považuje za ukončenou (S\_END). Po skončení směny již nejsou přijímány požadavky na vzdálenou správu sítě (GEN\_I) a opravu na místě (GEN\_R). Také technici (RW, OW) po ukončení aktuální práce (pokud existuje) opouštějí pracoviště (RW\_OUT, OW\_OUT).

Petriho síť popisující časovač pracovní směny je na obrázku 1.

### 3.1.2 Časovač přijetí požadavků na diagnostiku a návrh a instalace počítačových sítí

Na začátku směny je spuštěn 4hodinový časovač (TIME\_DD), po jehož uplynutí (NO\_DD) nejsou přijímány požadavky na návrh a instalace počítačových sítí a požadavky na diagnostiku počítače (GEN\_D, ALLOW\_D).

Petriho síť popisující časovač přijetí požadavků na diagnostiku a návrh a instalace počítačových sítí je na obrázku 2.

### 3.1.3 Činnosti techniků v kanceláři

Intervaly příchodu příchozích požadavků na diagnostiku počítače, správu sítě a opravu na místě (REQ\_D, REQ\_I, REQ\_R) jsou určeny normálním rozdělením se středem 44 minut a směrodatnou odchylkou 22 minut, normálním rozdělením se středem 32 minut a směrodatnou odchylkou 16 minut a normálním rozdělením se středem 44 minut a směrodatnou odchylkou 22 minut, což umožňuje nastavit rovnoměrný příchod požadavků podle doby trvání pracovního dne, poměru různých typů požadavků a průměrného počtu požadavků za den. Technici v kanceláři (OW) slouží jako obslužná linka, kde jsou zpracovávány různé typy požadavků. Požadavky jsou zpracovány v jednotlivých procesech:

- PROC\_D (diagnostika) s dobou trvání 4–6 minut,
- PROC\_I (vzdálená správa sítě) s dobou trvání 2–3 minuty,
- PROC\_R (oprava na místě) s dobou trvání 2–3 minuty.

Následně jsou požadavky směrovány do různých stavů, přičemž požadavky na opravu na místě (R\_Q) nevyžadují další vyřizování technikem v kanceláři, na rozdíl od ostatních (D\_Q, I\_Q). Doba diagnostiky počítače (D\_W) je určena exponenciálním rozdělením se středem 2,5 hodiny. Vzdálená správa sítě trvá 10-20 minut. Po úspěšném dokončení procesu jsou požadavky označeny jako vyřízené (D\_OUT, I\_OUT) a odstraněny ze systému.

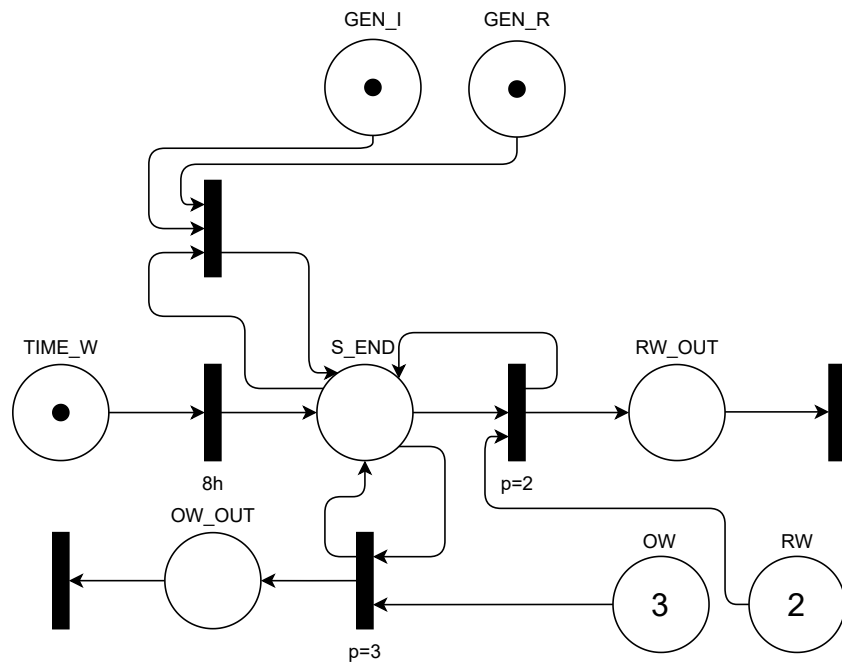
Petriho síť popisující činnosti techniků v kanceláři je na obrázku 3.

### 3.1.4 Činnosti techniků na autě

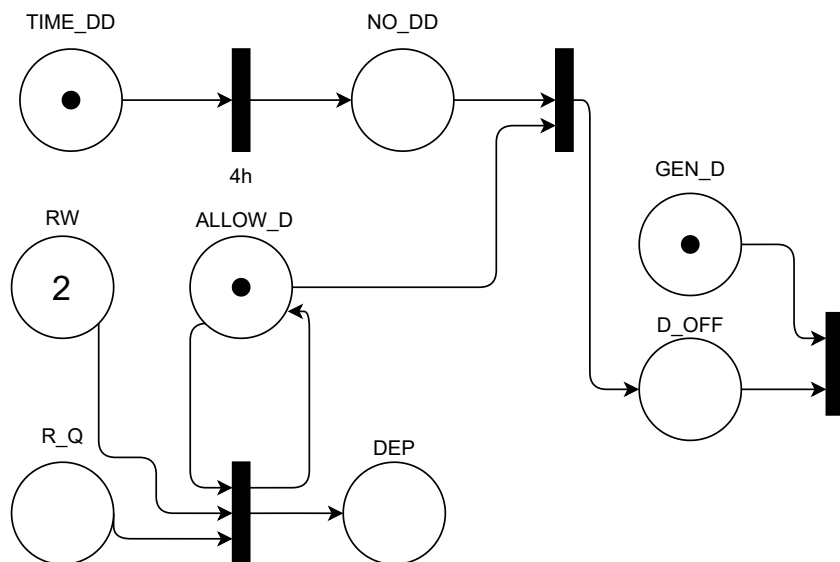
Technici na autě (RW) slouží jako obslužná linka, kde jsou zpracovávány požadavky na opravy na místě (R\_Q). 5% požadavků tvoří požadavky na návrh a instalace počítačových sítí (DEP). Při vykonání tohoto úkolu se technik po zbytek směny věnuje zákazníkovi (ON\_DEP). Zároveň se spustí 1,5hodinový časovač (NEW\_RW), po jehož uplynutí ho nahradí nový technik. S pravděpodobností 95% bude požadavek na opravu na místě běžný, pak se musí technik dostat na místo, což trvá 10-15 minut. Doba opravy se určuje exponenciálním rozdělením se středem 40 minut (D\_W). Po opravě se technik musí vrátit do kanceláře, což také trvá 10-15 minut, a poté je požadavek na opravu na místě označen jako vyřízený a ze systému odstraněn.

Petriho síť popisující činnosti techniků v kanceláři je na obrázku 4.

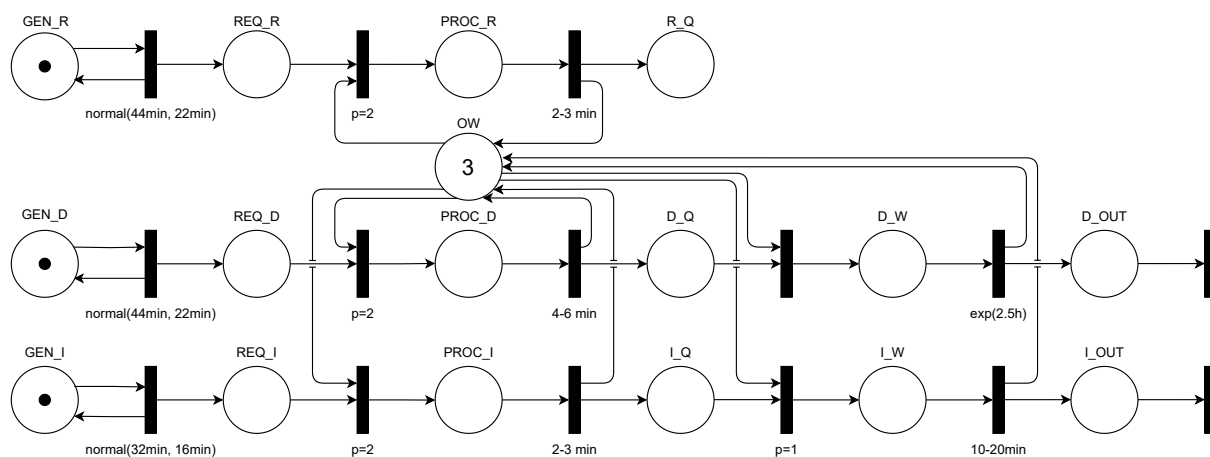
### 3.2 Formy konceptuálního modelu



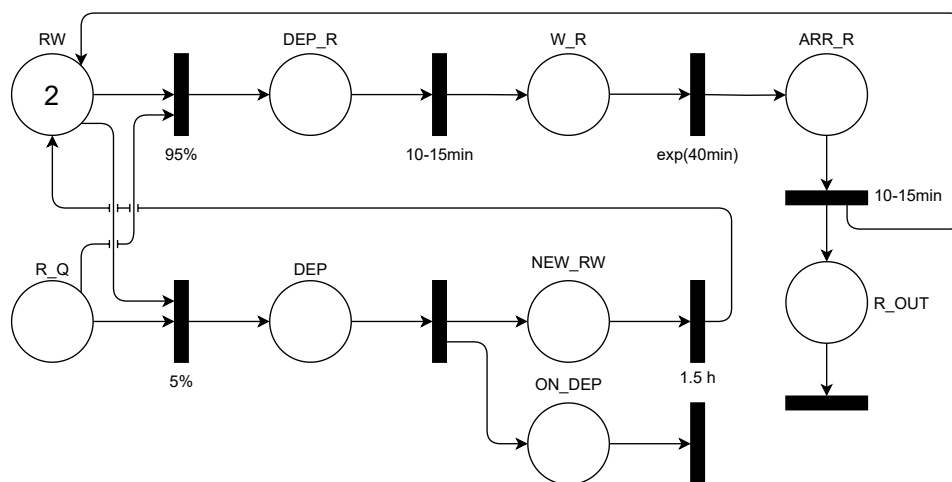
Obrázek 1: Petriho síť popisující časovač pracovní směny



Obrázek 2: Petriho síť popisující časovač přijetí požadavků na diagnostiku a návrh a instalace počítačových sítí



Obrázek 3: Petriho síť popisující činnosti techniků v kanceláři



Obrázek 4: Petriho síť popisující činnosti techniků na autě



## 4 Architektura simulačního modelu/simulátoru

V této části je popsána implementace konceptuálního modelu do simulačního prostředí za použití jazyka C++ (standard C++17) a knihovny SIMLIB-3.09. Model simuluje správu požadavků na jízdy (Ride Requests), diagnostiku (Diagnostics Requests) a vzdálenou správu sítě (SW Installation Requests). Obsahuje několik klíčových komponent reprezentujících pracovní toky a zpracování požadavků.

### 4.1 Mapování abstraktního modelu do simulátoru

Simulační model odpovídá konceptuálnímu modelu následujícím způsobem:

#### Generování požadavků

- Každý typ požadavku má vlastní generátor (RideRequestGenerator, DiagnosticsRequestGenerator, SWInstallRequestGenerator), který vytváří požadavky na základě normálního rozdělení.
- Interval mezi generovanými požadavky jsou určeny parametry, které simulují průměrný počet požadavků během směny.

#### Procesy zpracování

- Požadavky jsou po vygenerování přiřazeny odpovídajícím procesům (Ride, Diagnostics, SWInstall). Tyto procesy modelují čas potřebný na obsluhu požadavků a využívají dostupné zdroje.
- Ride proces zahrnuje přepravu pracovníků s využitím Riders (technici na autě) a modeluje uniformní i exponenciální distribuci doby zpracování.
- Procesy Diagnostics a SWInstall využívají OfficeWorkers (technici v kanceláři) a pracují s exponenciální či uniformní distribucí pro simulaci doby zpracování.

#### Sdílené zdroje

- **Sklad[4, snímek 187] Riders:** Kapacita je inicializována na 2 pracovníky, přizpůsobitelná podle vstupních parametrů.
- **Sklad OfficeWorkers:** Kapacita inicializována na 3 pracovníky, rovněž přizpůsobitelná.

Požadavky soutěží o dostupné zdroje podle nastavených priorit.

#### Pracovní směna

- Směna je modelována třídou WorkShift, která po uplynutí 480 minut uzavře generování nových požadavků.
- Po 240 minutách směny je deaktivováno přijímání diagnostických požadavků a požadavků na nasazení sítě (DDRequestTaker).

## 5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentů je analyzovat únosnost centra při různých úrovních zatížení a dále otestovat vliv na výkonnost centra zvýšením kvalifikace techniků. sunija.

Program bude přeložen pomocí příkazu `make all` a spuštěn pomocí příkazu `make run` s potřebnými argumenty:

```
make run RIDE=n DIA=n SWI=n OW=n RW=n PRO=n,
```

kde `RIDE` je odhadovaný počet požadavků na opravu na místě (10 ve výchozím nastavení), `DIA` je odhadovaný počet požadavků na diagnostiku PC (5 ve výchozím nastavení), `SWI` je odhadovaný počet požadavků na vzdálenou správu sítě (15 ve výchozím nastavení), `OW` je počet techniků v kanceláři (3 ve výchozím nastavení) a `RW` je počet techniků na autech (2 ve výchozím nastavení). Parametr `PRO` určuje úroveň kvalifikace pracovníků: pokud je nastaven na `PRO=1`, znamená to, že všichni pracovníci mají vysokou kvalifikaci a jsou schopni vykonávat všechny úkoly (i ty, které jsou specifické pro určité typy požadavků). Výchozí nastavení odpovídá průměrnému zatížení centra podle statistických údajů získaných od vedoucího centra ITmix, Bc. Valerije Dudanova.

### 5.1 Postup experimentování

Každý experiment bude proveden desetkrát se stejnými vstupními parametry a bude vyhodnocen na základě metriky úspěšnosti, která bude vypočítána podle vzorce:

$$\text{Úspěšnost} = \frac{\text{počet splněných požadavků}}{\text{celkový počet požadavků}}$$

Výsledky všech deseti pokusů budou zprůměrovány a výsledný průměr bude použit k vyhodnocení úspěšnosti experimentu. Tento přístup zlepšuje platnost závěrů tím, že minimalizuje vliv náhodných odlehklých hodnot nebo vzácných událostí na výsledky. Úspěšnost vyšší než 90% znamená, že systém splnil požadavky pracovní směny.

### 5.2 Dokumentace experimentů

Pro každý experiment budou zaznamenány:

1. Cíl
2. Vstupní parametry
3. Výsledky
4. Komentář (Zda výsledky odpovídají očekáváním, identifikace potenciálních problémů nebo neočekávaného chování)

### 5.2.1 Experiment 1: Validace modelu

Cílem prvního experimentu je ověřit, zda model funguje podle očekávání za standardních podmínek. Tento experiment vychází z výchozího nastavení parametrů, které odpovídají běžnému zatížení centra a dostupnosti zdrojů.

#### Vstupní parametry:

- **RIDE:** 10 (požadavky na opravy na místě),
- **DIA:** 5 (požadavky na diagnostiku PC),
- **SWI:** 15 (požadavky na vzdálenou správu sítě),
- **OW:** 3 (technici v kanceláři),
- **RW:** 2 (technici na aute).
- **PRO:** 0 (běžní technici)

**Výsledky:** Po provedení experimentu bylo zjištěno, že průměrná úspěšnost všech deseti pokusů činí 100%.

**Komentář:** Tento výsledek je plně očekávaný, protože model byl nastaven tak, aby fungoval za standardních podmínek s adekvátním počtem techniků a požadavků. To naznačuje, že model je správně nastaven pro simulaci běžného pracovního dne.

### 5.2.2 Experiment 2: Zátěžový test techniků na autě

Cílem tohoto experimentu je zjistit maximální počet požadavků na opravy na místě (RIDE), které technici na autě dokážou během jedné pracovní směny zpracovat, a přitom udržet přijatelnou úroveň úspěšnosti.

#### Vstupní parametry:

- **RIDE:** Zvýšeno z 10 na 20 (v krocích po 2).
- **DIA:** 5
- **SWI:** 15
- **OW:** 3
- **RW:** 2
- **PRO:** 0

**Výsledky:** Tabulka obsahuje průměrné hodnoty úspěšnosti pro různé počty požadavků typu RIDE, přičemž ostatní parametry byly nastaveny na jejich výchozí hodnoty (DIA = 5, SWI = 15, OW = 3, RW = 2). Kombinace s úspěšností pod 90 % jsou označeny jako neúspěšné (*NEÚSPĚŠNÉ*).

RIDE	DIA	SWI	Úspěšnost (%)	Poznámka
10	5	15	100	ÚSPĚŠNĚ
12	5	15	95.9	ÚSPĚŠNĚ
14	5	15	94.8	ÚSPĚŠNĚ
16	5	15	90.2	ÚSPĚŠNĚ
18	5	15	88.5	NEÚSPĚŠNĚ
20	5	15	84.8	NEÚSPĚŠNĚ

Tabulka 1: Výsledky zátěžového testu techniků na autě při různých hodnotách RIDE.

**Komentář:** Z výsledků zátěžového testu vyplývá, že technici na autě ( $RW = 2$ ) dokážou efektivně zvládnout až 16 požadavků na opravy na místě (RIDE), při kterých úspěšnost dosahuje 90.2 %. Při vyšším zatížení se však úspěšnost začíná výrazně snižovat, což ukazuje na přetížení kapacity systému. Hodnoty RIDE nad 16 již nejsou považovány za přijatelně efektivní z pohledu dosažení úspěšnosti nad 90 %.

### 5.2.3 Experiment 3: Zátěžový test techniků v kanceláři

Cílem tohoto experimentu je zjistit, jak různé kombinace počtu požadavků na diagnostiku PC (DIA) a vzdálenou správu sítě (SWI) ovlivňují úspěšnost systému, při zachování přijatelných hodnot úspěšnosti (např. nad 90%).

#### Vstupní parametry:

- **RIDE:** 10
- **DIA:** Zvýšeno od 5 do 15 (v krocích po 2).
- **SWI:** Zvýšeno od 15 do 25 (v krocích po 2).
- **OW:** 3
- **RW:** 2
- **PRO:** 0

**Výsledky:** Tabulka obsahuje průměrné hodnoty úspěšnosti pro různé kombinace počtu požadavků typu DIA a SWI, přičemž ostatní parametry byly nastaveny na jejich výchozí hodnoty ( $RIDE = 10$ ,  $OW = 3$ ,  $RW = 2$ ). Kombinace s úspěšností pod 90 % jsou označeny jako neúspěšné (*NEÚSPĚŠNĚ*).

DIA	SWI	RIDE	Úspěšnost (%)	Poznámka
5	15	10	100	ÚSPĚŠNĚ
5	17	10	99.2	ÚSPĚŠNĚ
5	19	10	98.7	ÚSPĚŠNĚ
7	17	10	95.2	ÚSPĚŠNĚ
7	19	10	94.5	ÚSPĚŠNĚ
7	21	10	93.9	ÚSPĚŠNĚ
9	19	10	91.1	ÚSPĚŠNĚ
9	21	10	90.4	ÚSPĚŠNĚ
9	23	10	88.9	NEÚSPĚŠNĚ
11	21	10	84.8	NEÚSPĚŠNĚ
11	23	10	83.2	NEÚSPĚŠNĚ

Tabulka 2: Výsledky zátěžového testu techniků v kanceláři při různých kombinacích hodnot DIA a SWI.

**Komentář:** Výsledky experimentu ukazují, že úspěšnost systému zůstává nad 90% pro různé kombinace hodnot DIA a SWI až do momentu, kdy počet požadavků na vzdálenou správu sítě (SWI) překročí hodnotu 23 a počet požadavků na diagnostiku (DIA) dosáhne 11. V těchto kombinacích úspěšnost klesá pod 90%, což naznačuje, že technici v kanceláři jsou při těchto zátěžích již přetíženi. Tento výsledek poskytuje cenné informace pro plánování kapacity kancelářských techniků, kde lze očekávat zhoršení výkonu při dalších zátěžích.

#### 5.2.4 Experiment 4: Zátěžový test celého centra s kritickými parametry

Cílem tohoto experimentu je otestovat chování celého systému při použití kritických parametrů získaných z předchozích experimentů (Experiment 2 a Experiment 3). Tento test se zaměřuje na zátěž systému při vysokém počtu požadavků na opravy na místě (RIDE), diagnostiku (DIA) a vzdálenou správu sítě (SWI), při zachování úspěšnosti nad 90%.

##### Vstupní parametry:

- **RIDE:** 16 (kritická hodnota z Experimentu 2).
- **DIA:** 9 (kritická hodnota z Experimentu 3).
- **SWI:** 21 (kritická hodnota z Experimentu 3).
- **OW:** 3
- **RW:** 2
- **PRO:** 0

**Výsledky:** Výsledky tohoto experimentu ukázaly, že systém dokázal udržet úspěšnost nad 90% i při těchto kritických parametrech. Úspěšnost se pohybovala mezi 88% a 97,1%, což nám dává průměr 90,2% a ukazuje, že systém byl schopen efektivně zpracovávat požadavky i při vysokém zatížení.

**Komentář:** Tento experiment potvrzuje, že i při vysokých hodnotách RIDE, DIA a SWI je systém stále efektivní a vykazuje uspokojivou úroveň úspěšnosti. To naznačuje, že centrum je dostatečně odolné vůči stresu a schopné zvládnout zvýšené pracovní zatížení.

### 5.2.5 Experiment 5: Test celého centra s kritickými parametry a nastavením kvalifikace techniků pomocí parametru PRO

Cílem tohoto experimentu je zjistit, jaký vliv má nastavení kvalifikace techniků na výkonnost celého centra při použití kritických parametrů z předchozích experimentů (Experiment 2 a Experiment 3). Kvalifikace techniků bude nastavena parametrem PRO, který určuje, zda jsou technici plně kvalifikováni pro všechny typy požadavků.

#### Vstupní parametry:

- **RIDE:** 16 (kritická hodnota z Experimentu 2).
- **DIA:** 9 (kritická hodnota z Experimentu 3).
- **SWI:** 21 (kritická hodnota z Experimentu 3).
- **OW:** 3 (výchozí hodnota).
- **RW:** 2 (výchozí hodnota).
- **PRO:** 1 (nastavení kvalifikace techniků na plně kvalifikované, což znamená, že každý technik je schopný vykonávat všechny úkoly).

**Výsledky:** Po provedení experimentu s parametrem PRO nastaveným na 1, což znamená, že všichni technici jsou plně kvalifikováni pro všechny typy úkolů, systém vykazuje výrazně zlepšenou úspěšnost ve všech testovaných scénářích. Výsledky ukázaly, že i při vysokém zatížení systému (kritické parametry) a při plně kvalifikovaných technicích systém dokázal udržet úspěšnost nad požadovanou úrovní 90%. Průměrná úspěšnost pro tento experiment je **94.2%**.

**Komentář:** Tento experiment ukázal, že nastavení parametru PRO na hodnotu 1, což znamená plnou kvalifikaci všech techniků, má pozitivní vliv na efektivitu celého systému. Pro srovnání, v předchozím experimentu, kdy technici nebyli tak flexibilní (nebyli schopni vykonávat všechny úkoly), byla úspěšnost 90.2%. Technici jsou schopni efektivně vykonávat všechny požadavky, což výrazně zvyšuje úspěšnost a výkon centra. Tato optimalizace může být klíčová pro zvýšení kapacity centra v náročných podmínkách.

## 5.3 Závěry experimentů

Bylo provedeno více než 20 experimentů v různých konfiguracích systému, zaměřených na analýzu únosnosti centra při různých úrovních zatížení a vliv na výkonnost při změně kvalifikace techniků.

V průběhu experimentů bylo prokázáno, že systém funguje podle očekávání za standardních podmínek. Experimenty ukázaly, že technici na autech jsou schopni efektivně zvládnout až 16 požadavků na opravy na místě, zatímco jakékoliv zvýšení nad tuto hranici vedlo k poklesu úspěšnosti. Stejně tak bylo potvrzeno, že technici v kanceláři jsou schopni zvládat různé kombinace požadavků na diagnostiku a správu sítě až do určitých limitů (9 požadavků na diagnostiku a 21 požadavek na vzdálenou správu sítě), přičemž jakékoliv překročení těchto limitů vede k přetížení systému a zhoršení výkonu.

Experimenty dále ukázaly, že systém je dostatečně odolný i při vysokých hodnotách parametrů, přičemž při nastavení plné kvalifikace techniků (PRO=1) došlo k výraznému

zlepšení úspěšnosti systému. Vysoká kvalifikace techniků umožnila systému udržet úspěšnost nad 90% i při vyšších hodnotách požadavků.

Z těchto experimentů lze odvodit, že systém je schopný efektivně zpracovávat požadavky v běžných i náročných podmínkách, a že zlepšení kvalifikace techniků výrazně zvyšuje výkonnost a odolnost systému. Experimentální prověřování těchto situací již nepřinese zásadní nové výsledky, neboť byly identifikovány všechny klíčové faktory ovlivňující výkon systému.

## 6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Simulační experimenty provedené na vytvořeném modelu prokázaly, že navržený systém odpovídá reálným podmínkám a výsledky modelu jsou v souladu s empirickými daty získanými z reálného centra IT služeb ITmix. Během experimentů bylo ověřeno, že při předpokladu optimálních podmínek a kvalifikace techniků systém vykazuje vysokou efektivitu, s úspěšností opravy převyšující 90%.

Další simulace ukázaly, že růst počtu požadavků na opravy vede k nárůstu zátěže, avšak systém je schopen i při vysokém zatížení udržet stabilní výkon díky vhodně nastaveným parametrům a optimalizovaným procesům. V rámci provedených experimentů bylo také prokázáno, že vyšší kvalifikace techniků má pozitivní vliv na časové nároky, což přispívá k celkové efektivitě systému.

Model byl implementován v jazyce C++, přičemž využívá knihovny SIMLIB pro simulaci dynamických procesů a ověření parametrů systému. Výstupy modelu poskytují podrobné statistiky a umožňují další analýzu chování systému při různých konfiguracích a nastaveních.

V rámci tohoto projektu vznikl nástroj pro simulaci a analýzu výkonnosti systémů s proměnnými parametry, který může být dále využíván k testování různých scénářů a optimalizaci procesů. Tento nástroj prokázal svou hodnotu a validitu v reálných podmínkách, jak bylo ověřeno na konkrétním centru IT služeb ITmix, a může sloužit jako základ pro další výzkum a vylepšení podobných systémů.

## Reference

- [1] C++17 manual. <https://en.cppreference.com/w/cpp/17>, 2024.
- [2] Gnu make. <https://www.gnu.org/software/make/>, 2024.
- [3] Itmix webová stránka. <https://itmix.pro/>, 2024.
- [4] Kurz "modelování a simulace". <https://www.fit.vut.cz/person/peringer/public/IMS/prednasky/IMS.pdf>, 2024.
- [5] Simlib webová stránka. <https://www.fit.vut.cz/person/peringer/public/SIMLIB/>, 2024.



