

# Simulačná štúdia

Transport tovaru spoločnosťou DALITRANS, s.r.o.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
1.1	Zdroje faktov . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Fakty</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Koncepcia a spôsob riešenia</b>	<b>3</b>
3.1	Prevod riešenia do Petriho siete . . . . .	3
3.2	Implementácia riešenia . . . . .	3
3.2.1	Hlavný súbor . . . . .	3
3.2.2	Použité triedy . . . . .	3
3.2.3	Knižnice . . . . .	4
3.3	Spúšťanie simulačného modulu . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Testovanie a experimenty</b>	<b>5</b>
4.1	Experimenty . . . . .	5
4.1.1	Overenie validity . . . . .	5
4.1.2	Maximálny počet jazd . . . . .	5
4.1.3	Minimálny počet kamiónov na aktuálny počet jazd . . . . .	5
4.1.4	Počet jazd po zrušení 6 hodinovej prestávky po jazde a pri zachovaní počtu kamiónov	5
<b>5</b>	<b>Záver</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Literatúra</b>	<b>8</b>
<b>A</b>	<b>Prílohy</b>	<b>9</b>
A.1	Petriho sieť . . . . .	9

# 1 Úvod

Práca sa zaoberá rozvozom tovaru spoločnosti DALITRANS, s.r.o., konkrétne pomerom využiteľnosti kamiónov na počet jázd za mesiac. Vďaka tomuto modelu a simulačnému experimentu je možné pozorovať efektívnosť aktuálneho systému a nájsť spôsoby na zefektívnenie tohoto systému. Spoločnosť je zameraná na vnútroštátnu i zahraničnú prepravu, preto tento model opisuje obdobie jedného mesiaca. Táto doba je aktuálne používaná i v rámci firmy pre prehľadnenie počtu jázd, účtovných uzávierok a v neposlednom rade kvôli štatistickým potrebám. V modeli je vždy používaný 30-dňový formát mesiaca.

V reálnom systéme je náročné zisťovať ekonomické rozdiely, pretože systém obsahuje veľké množstvo entít a faktorov, ktoré s nimi súvisia. Výsledkom preto budú faktory na zefektívnenie využívania aktuálneho systému, ktoré by bez modelu nebolo možné zistiť.

## 1.1 Zdroje faktov

Informácie o tranzitnej spoločnosti boli získané z jej oficiálnej webstránky[1], štatistických údajov spoločnosti[2] a od majiteľa firmy Dalibora Janegu. Pri práci bola taktiež použitá prezentácia z predmetu Modelování a simulace[3] a online webová stránka o knižnici [4].

Autorom tejto simulačnej štúdie je Adam Ližičiar.

## 2 Fakty

Všetky fakty, ktoré nemajú pri sebe odkaz na zdroj, boli zistené priamo od majiteľa firmy.

K aktuálnemu dátumu je v spoločnosti 267 tranzitných vozidiel (väčšina Renault Trucks 520 T-High). Tieto vozidlá majú kombinovanú spotrebu pri naloženom prívese 34 litrov na 100 kilometrov a pri prázdnom prívese 22 litrov na 100 kilometrov.[5]

Jazdy sú už vopred tak naplánované, že po dokončení jazdy je šofér vyslaný na ďalšiu jazdu, ku ktorej sa dostane za 64 minút  $\pm$  23 minút. Dovolenky alebo ochorenia zamestnancov nie je potrebné riešiť z dôvodu dostatočného počtu voľných zamestnancov a taktiež podrobnému naplánovaniu jász, kedy sa každý vodič vráti po približne 5 dňoch v práci na depo (kamión prevezme ďalší zamestnanec). Počet voľných zamestnancov nie je potrebné riešiť z dôvodu, že ich je dostatočný počet a v ojedinelom prípade, kedy by nikto zo zamestnancov nebol dostupný, sú volaní externí šoféri. Každý mesiac je vykonaných 5083 jász  $\pm$  256 jász. Pravdepodobnosť poruchy kamióna je 2,3 %. Jej následná oprava trvá 2 hodiny (niektoré poruchy vyžadujú omnoho dlhší čas, avšak vo veľkej väčšine sa jedná o rýchloodstrániteľné poruchy).

Prechod k prvému zákazníkovi na miesto nakladania trvá priemerne 64 minút  $\pm$  23 minút (vzdialenosť 85 km  $\pm$  28 km). Následne prebehne naloženie (46 minút  $\pm$  21 minút). Po naložení sa vodič vyberie na jazdu, ktorá trvá 14 hodín  $\pm$  10 hodín (v čase sú započítané aj povinné pauzy podľa štandardov Európskej únie). Dĺžka trasy je 605 km  $\pm$  421 km. Po vyložení tovaru (28 minút  $\pm$  14 minút) si šofér spraví 6 hodinovú prestávku a pokračuje k ďalšiemu zákazníkovi (64 minút  $\pm$  23 minút). Pri prevoze je vždy v prívese tovar iba od jedného zákazníka.[1]

### 3 Konceptcia a spôsob riešenia

V modeli sú zahrnuté všetky potrebné a dôležité fakty z kapitoli č. 2. Počet jász je už vopred známy (väčšinou sú jazdy vo firme objednávané s predstihom 3 mesiacov), preto generátor prichádzajúcich jász nie je potrebný. Firma vždy prijme približne  $5083 \pm 256$  jász na jeden mesiac. Proces prijímania taktiež nezohráva žiadnu rolu, pretože ponúk na prevoz je vždy dostatočný a jazdy, ktoré sa nezmestia alebo sú nevhodné pre firmu sú odmietnuté. Taktiež približne 70 percent jász tvoria pravidelne opakujúce sa zásobovacie jazdy. Za zmienku stojí aj rozdelenie modelu do mesačných blokov, v ktorom každý mesiac pozostáva vždy z 30 dní.

#### 3.1 Prevod riešenia do Petriho siete

Petriho sieť (príloha A.1) sa skladá z 4 hlavných častí. Prvou časťou je riadenie aktivity modelu, ktorá má za úlohu sledovať stav počtu jász a taktiež mesačného časovača a v prípade vyčerpania všetkých naplánovaných jász alebo ukončenia časovača ukončí model. Druhou hlavnou časťou je model kamióna zahrňujúci prechod k zákazníkovi, naloženie, jazdu, vyloženie, pauzu a možnú poruchu kamióna. Treťou časťou je časovač mesiaca, ktorý na začiatku modelu začne počítať čas a dohliada, či už nebolo prekročených 30 dní. V prípade, ak by táto situácia nastala, bude program ukončený a niekoľko jász (1 a viac) bude nedokončených. Poslednou štvrtou časťou je úspešné ukončenie v prípade vyčerpania všetkých jász pod dobu 1 mesiaca od začatia jász.

#### 3.2 Implementácia riešenia

Model je vytvorený v programovacom jazyku C++. Na simuláciu je použitá knižnica SIMLIB, ktorá obsahuje všetky časti potrebné k implementácii modelu.

##### 3.2.1 Hlavný súbor

Súbor `main.c` obsahuje základnú funkciu `int main(int argc, char *argv[])`, v ktorej prebieha iterácia počtu vopred určených simulácií (prednastavený na 3 v premennej `NUM_OF_SIMULATION_ATTEMPS` v `src/Libraries/main.hpp`). Okrem tejto funkcie obsahuje hlavný súbor ešte funkcie na výpis začiatku a konca simulácie na štandardný chybový výstup.

```
výpis začiatku simulácie;
for i = 1; i ≤ NUM_OF_SIMULATION_ATTEMPS; i ++ do
    vypíš začiatok konkrétnej simulácie;
    vytvor a aktivuj konkrétnu simuláciu;
    vypíš výsledok konkrétnej simulácie;
end
vypíš koniec simulátora;
```

**Algoritmus 1:** Preudokód `main.cpp`

##### 3.2.2 Použité triedy

**Arguments** Trieda slúži na parsovanie argumentov. Má povinné argumenty `-t/--trucks`, ktorá reprezentuje počet kamiónov a `-j/--journeys`, ktorá reprezentuje počet jász. Taktiež je možné využiť voliteľný argument `-h/--help` na výpis informácií o argumentov.

**ModelActivity** Riadi aktivitu jednotlivých simulácií. Obsahuje vo funkcii `void ModelActivity::Behavior()` cyklus ukázaný v **Algoritmus 2**.

```

výpis začiatku simulácie;
while naplánované jazdy sú nenulové do
    zobratie voľného kamióna (ak je k dispozícii, ak nie je, tak čaká na voľný kamión);
    if nie sú už žiadne jazdy then
        uvoľnenie kamióna;
        break;
    else
        odpočítanie počtu jazd o 1;
        aktivácia modelu kamióna;
    end
end
čakanie na nulový počet jazd a na vrátenie sa všetkých kamiónov;
ukončenie;

```

### Algoritmus 2: Pseudokód jednej simulácie

**MonthTimer** Časovač, ktorý dohliada, či nebol prekročený mesiac v modelovom čase od spustenia programu.

**Truck** Obsahuje implementáciu kamióna od cesty k zákazníkovi, cez nakladanie, jazdu s nákladom, vyloženie, pauzu a možnú poruchu kamióna.

**UniformGenerator** Generuje náhodné čísla s normálovým rozložením. Generátor vygeneruje pri každom pokuse iné číslo, čo zlepšuje výsledok s ohľadom na náhodnosť javov. Pri každom pokuse bolo použitých 10 vzorkov, ktoré boli spriemerované.

### 3.2.3 Knižnice

Na simuláciu v programe je použitá knižnica SIMLIB[4].

Taktiež sú využité štandardné knižnice ako `iostream`, `stdlib.h` ako aj `getops.h` na prácu s argumentami a `random`, `chrono` a `time.h` na generovanie náhodných čísel.

## 3.3 Spúšťanie simulačného modulu

Pre spustenie je najskôr potrebný jeho preklad a následne spustenie buď pomocou preddefinovaných parametrov alebo vlastných parametrov:

```

// moznost s preddefinovanymi parametrami
make
make run

// moznost s vlastnymi parametrami
make
./bin/simulation -t/--trucks X -j/--journeys Y

```

## 4 Testovanie a experimenty

Cieľom experimentov je v prvom rade overiť validitu modelu a následne hľadať možné vylepšenia aktuálneho systému. Vo všetkých experimentoch boli najskôr vložené vstupné hodnoty, s ktorými simulácia vykonala svoju činnosť a vrátila výsledky. Tieto výsledky boli spriemerované a vypísané do tejto simulačnej štúdie.

### 4.1 Experimenty

#### 4.1.1 Overenie validity

Vstupnými hodnotami sú hodnoty získané z faktov, t.j. 267 kamiónov a 5083 jázd. Po vykonaní experimentu je výsledok, že model je validný, pretože všetkých 10 vykonaných experimentoch bolo ukončených úspešne s dostatočnou rezervou.

Počet kamiónov	Počet jázd	Ubehnutý čas/celkový čas [m]	Správnosť modelu
267	5124	30 053/43 200	100 %

Tabuľka 1: Experiment: Overenie validity

#### 4.1.2 Maximálny počet jázd

Vstupná hodnota počtu trás bola postupne zvyšovaná, pokiaľ nenastalo prekročenie počtu jázd, ktoré sú schopné kamióny za mesiac previesť. Experiment bol vykonaný 10 krát pre každý pokus s jedinečnými vstupnými údajmi a hodnoty spriemerované.

Z výsledkov plynie, že maximálny počet jázd na 267 kamiónov je 7942, po tomto čísle úspešnosť postupne klesá k 0 percentám.

Počet kamiónov	Počet jázd	Ubehnutý čas/celkový čas [m]	Správnosť modelu
267	5495	28 692/43 200	100 %
267	6012	31 100/43 200	100 %
267	6541	33 802/43 200	100 %
267	7942	41 087/43 200	100 %
267	8208	42 138/43 200	80 %
267	8516	43 200+/43 200	30 %
267	8687	43 200+/43 200	0 %

Tabuľka 2: Experiment: Maximálny počet jázd

#### 4.1.3 Minimálny počet kamiónov na aktuálny počet jázd

V tomto experimente sa mení počet kamiónov a zachováva sa stály počet jázd. Experiment bol vykonaný 10 krát pre každý pokus s jedinečnými vstupnými údajmi a hodnoty boli spriemerované.

Z výsledkov plynie, že minimálny počet kamiónov pre zachovanie 100 percentnej úspešnosti a priemerného počtu jázd za mesiac je 170.

#### 4.1.4 Počet jázd po zrušení 6 hodinovej prestávky po jazde a pri zachovaní počtu kamiónov

Počet kamiónov zostáva stály, zvyšuje sa počet jázd a je zrušená 6 hodinová prestávka po jazde.

Z uvedeného vyplýva, že po zrušení 6 hodinovej prestávky by bolo možné spraviť s tým istým počtom kamiónov viac než dvojnásobný počet jázd pri 100 úspešnosti.

Počet kamiónov	Počet jász	Ubehnutý čas/celkový čas [m]	Správnosť modelu
267	5124	28 692/43 200	<b>100 %</b>
240	5080	29 568/43 200	<b>100 %</b>
200	5043	35 126/43 200	<b>100 %</b>
180	5052	38 709/43 200	<b>100 %</b>
170	5109	40 976/43 200	<b>100 %</b>
160	5095	43 200+/43 200	<b>70 %</b>

Tabuľka 3: Minimálny počet kamiónov na aktuálny počet jász

Počet kamiónov	Počet jász	Ubehnutý čas/celkový čas [m]	Správnosť modelu
267	5124	19 612/43 200	<b>100 %</b>
267	5499	20 967/43 200	<b>100 %</b>
267	6521	24 906/43 200	<b>100 %</b>
267	7508	28 498/43 200	<b>100 %</b>
267	8436	32 054/43 200	<b>100 %</b>
267	9454	35 685/43 200	<b>100 %</b>
267	10 505	39 460/43 200	<b>100 %</b>
267	11 497	43 144/43 200	<b>100 %</b>
267	12 042	43 200+/43 200	<b>60 %</b>

Tabuľka 4: Počet jász po zrušení 6 hodinovej prestávky po jazde a pri zachovaní počtu kamiónov



## 5 Záver

Zo záveru vyplýva, že je možné so zachovaním 100% úspešnosti zvýšiť počet jász na 7 942 za mesiac. V prípade zachovania počtu jász stačí používať o 97 kamiónov menej (z 267 na 170). Ak by došlo k zrušeniu vodičskej 6 hodinovej prestávky po jazde, bolo by možné za mesiac vykonať viac než dvojnásobný počet jász. Z experimentov vyplýva jednoznačné doporučenie, aby spoločnosť DaliTrans zvýšila počet jász za mesiac alebo znížila počet svojich kamiónov.

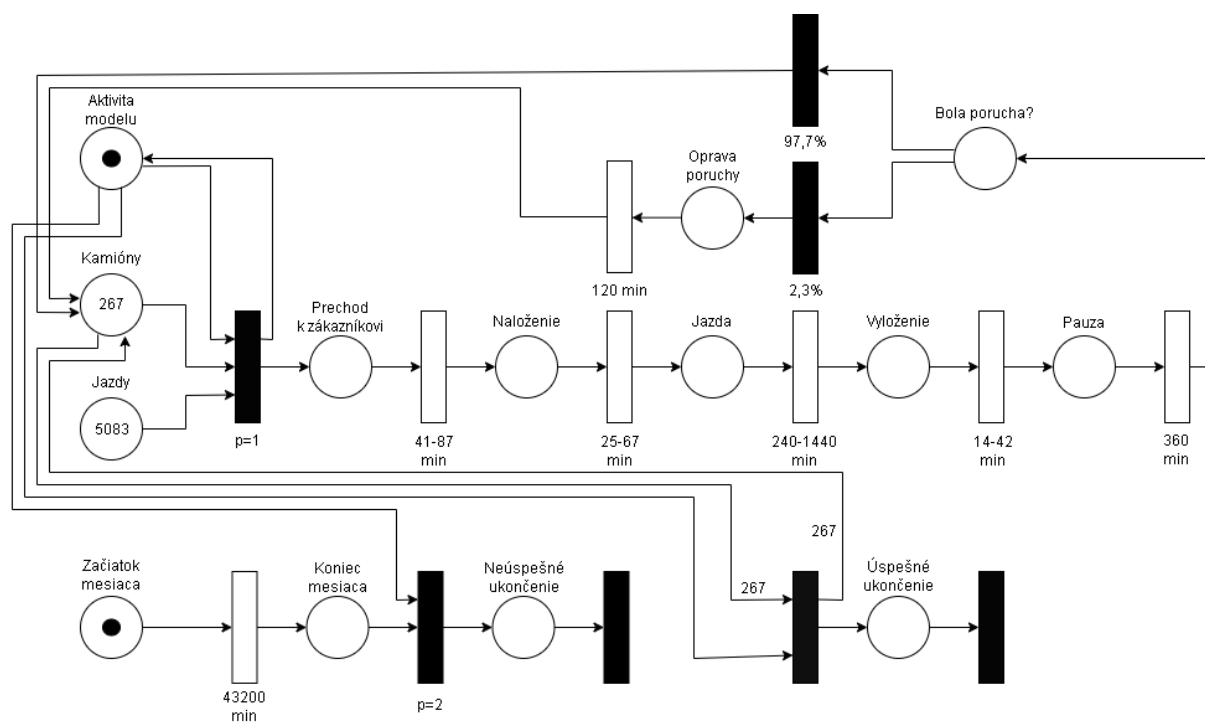
Výsledky týchto experimentov sú správne, pretože bola najskôr overená validita modelu a pri každom experimente bolo vykonaných min. 70 pokusov. Spolu bolo aj s validáciou modelu vykonaných 231 experimentov, ktoré boli priemerované do jednotlivých výsledkov.

## 6 Literatúra

- [1] DaliTrans: DaliTrans. [online], 2023, [citované 2023-12-10]. Dostupné z: <https://dalitrans.sk/>
- [2] FinStat, s.: DALITRANS, s.r.o. - Financial Report. [online], 2023, [citované 2023-12-10]. Dostupné z: <https://finstat.sk/36298883>
- [3] Hrubý, M.: Seminář o projektech IMS. [online], 2023. Dostupné z: <http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-ims/uploads/1/IMS-2023-seminar-o-projektech.pdf>
- [4] Peringer, P.; Leska, D.; Martinek, D.: SIMLIB/C++ (SIMulation LIBrary for C++). [online], 4.10.2021, [citované 2023-12-10]. Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB>
- [5] Renault Slovensko, s. s. r.: Renault Trucks T. [online], 2023, [citované 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.renault-trucks.sk/product/renault-trucks-t>

## A Prílohy

### A.1 Petriho sieť



Obr. 1: Petriho sieť modelu