



Modelování a simulace

2017/2018

Dokumentace k projektu  
**Zadání 4: Doprava zboží nebo osob**

5. prosince 2017

**Autoři:** Petr Flajšingr (xflajs00), David Beneš (xbenes41)

# 1 Úvod

Tato práce popisuje návrh a řešení modelování ([9], slajd 8) systému ([9], slajd 7) provozu vlakového spojení poskytovaného společností České dráhy a.s. do předmětu Modelování a simulace (IMS). Smyslem experimentů nad tímto modelem je zjistit optimální nastavení provozu vlakové hromadné dopravy na trati Brno – Kuřim – Tišnov.

## 1.1 Zdroje faktů a literatury

Autory této práce jsou Petr Flajšingr a David Beneš.

Jako zdroje faktů a relevantních a přesných informací jsme používali webové stránky Českých drah pro přesné určení počtu vlakových spojů na modelované trase během týdne a víkendu. Pokoušeli jsme se získat relevantní data přímo od společnosti České dráhy. Ovšem kvůli komunikačnímu tichu ze strany společnosti jsme použili pouze data získaná na webové stránce společnosti a z vlastních zkušeností cestování vlakovou hromadnou dopravou.

[1] <https://cd.cz/>

[2] Přednášky předmětu IMS

<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>

## 1.2 Prostředí a podmínky experimentálního ověřování validity modelu

Validita modelu byla ověřována v průběhu jeho návrhu a implementace. Abstraktní model ([2], slajd 36) byl ověřován

# 2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Spoj, který se zde znažíme modelovat a s daným modelem experimentovat je pro nás zajímavý z toho důvodu, že na této trase projede ve všední dny až 54 spojů. Což vyvolává otázku, jestli není příliš velký počet spojů neoptimální.

Jako provoz spoje se předpokládá, že v periodických intervalech bude vlak opouštět stanici Brno ve směru na Tišnov a naopak. Daný interval se mění podle dení doby popř. dle pracovních dnů nebo víkendů.

Cesta vlaku může, mimo standardní dobu cesty, být zpožděna díky vnějším vlivům (porucha, výluky, překážky na trati, sebevrahové, apod.). Pokud je vlak jakýmkoli způsobem zpožděn, je tím ovlivněna i doba příjezdu do stanice a je-li doba příjezdu příliš dlouhá, mohou nespokojení cestující opouštět nástupiště (pojedou autobusem, rikšou, apod.).

## 2.1 Popis použitých postupů pro vytvoření modelu

Pro vytvoření modelu jsme použili programovací jazyk C++ v kombinaci s knihovnou SIMLIB ([2], slajd 163), jelikož objektově orientované programování je pro modelování reálných systémů vhodné a výše uvedená knihovna poskytuje veškeré potřebné funkce a rozhraní k jejich modelování a experimentování s těmito modely.

## 2.2 Popis původu použitých metod/technologií

Autorem knihovny SIMLIB, použité pro tento projekt, je Dr. Ing. Petr Peringer ([peringer@fit.vutbr.cz](mailto:peringer@fit.vutbr.cz)). Tato knihovna je dostupná ke stažení na URL: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>, včetně dokumentace.

Použité algoritmy pocházejí z materiálů předmětu IMS ([2], slajdy 123-205) a z prezentací ke cvičením z tohoto předmětu [10].

# 3 Koncepce – modelářská témata

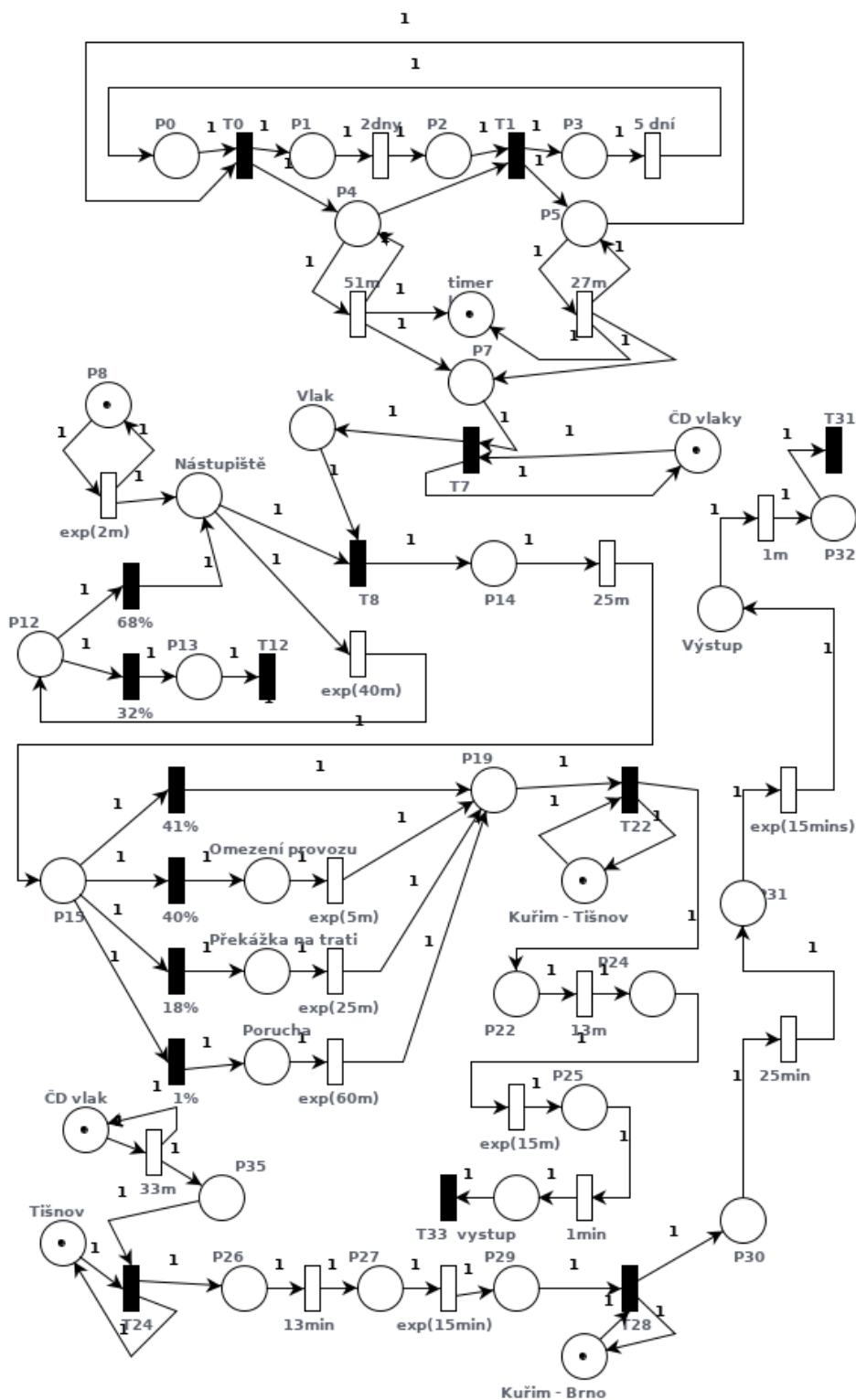
Spojení na dané trase je hodně frekventované (54 spojů ve všední den), lidé tedy příliš velké zpoždění nepocítují. Ovšem je potřeba se na daný model podívat i ze strany počtu přepravených osob.

## 3.1 Vyjádření konceptuálního modelu

K vyjádření konceptuálního modelu byla použita Petriho síť ([9], slajdy 123-135). Schéma systému je uvedeno na obrázku 1. V samotné petriho síti je použito mnoho abstrakcí, jelikož jsou zde opkující se procesy, které jsme pro zjednodušení zakreslili pouze jednou detailně a poté jsme daný proces kreslili mnohem jednodušeji. Jedná se především o modelování případného zpoždění, generování cestujících na nástupišti v jednotlivých stanicích a časovač pro generování vlaků v čase týdne nebo víkendu. Pro účely našeho experimentu je možné zanedbat menší stanice na této trase jelikož zde, v porovnání s modelovanými stanicemi, vystupuje popř. nastupuje jen zanedbatelné množství cestujících.

### 3.2 Formy konceptuálního modelu

Petriho síť na obrázku 1 zachycuje provoz vlaků na dráze Brno – Kuřim – Tišnov a naopak.



Obrázek 1: Petriho síť

## 4 Architektura simulačního modelu/simulátoru

Za účelem generování cestujících a vlaků byli vytvořeni dva potomci třídy *Event* ([2], slajd 163). Generátor cestujících (*CommuterGenerator*) je vytvořen pro každou simulovanou stanici a jeho aktivace je určena exponenciálním rozložením, které závisí na čase. Generátor vlaků (*TrainGenerator*) generuje vlaky pro oba směry na trati a aktivace této události je také určena exponenciálním rozložením podle času.

Pro případ odchodu cestujícího z nástupiště byl použit potomek třídy *Event* – *Timeout*. Tato třída na základě uniformní pravděpodobnosti odstraní cestujícího z nástupiště, pokud čeká příliš dlouhou dobu.

Nástupiště z hlediska jejich obsazení vlakem byla modelována pomocí třídy *Facility* ([2], slajd 163).

Samotné transakce vlaku (*Train*) a cestujících (*Commuter*) byly implementovány potomky třídy *Process*.

Třída *Train* obsazuje jednotlivé zastávky a aktivuje procesy cestujících pro nastoupení/vystoupení z vlaku. Pomocí funkce *Train::generateDelay()* s určitou pravděpodobností generuje zpoždění. Obsahuje informace o počtu cestujících, maximální kapacitě vlaku a době cesty.

Třída *Commuter* modeluje převážně čekání na zastávce, nastupování a vystupování z vlaku. Využívá člen třídy *Facility.in* pro přístup k vlaku u aktuální stanice a jeho funkce *Train::joinTrain()*. Tímto je zajištěno, že bude cestující aktivován ve správnou dobu. Při vstupu na nástupiště je vytvořen objekt *Timeout*, který je popsán výše.

## 5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentování je zjistit optimální počet vlakových spojení na dané trase při běžném dni nebo při vyjimečných událostech jako jsou např. koncerty (počítá se s větším počtem cestujících).

Také bychom rádi zkoumali počet přepraveným cestujících. Jelikož se při menším počtu vlakových spojů předpokládá, že počet cestujících na jeden vlak bude příliš velký. V našich experimentech chceme ověřit, že současný počet spojů je opravdu optimální.

## 5.1 Postup experimentování

## 5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů

- Experiment 1 – Klasické nastavení bez změny parametrů

Průměrné zpoždění	4 minuty
-------------------	----------

Průměrný počet cestujících	
Všední den	Víkend
4821	991

Zaplnění vlaků (počet lidí)				
	Všední den	Všední noc	Víkendový den	Víkendová noc
Min	0	0	0	0
Max	180	149	62	41
Průměr	92.9	9	34.3	8.5

Průměrný počet odchozích lidí z nástupiště	
Pracovní dny	4
Víkend	3

Časové rozestupy vlaků			
Pracovní den	Pracovní noc	Víkendový den	Víkendová noc
30 minut	60 minut	40 minut	60 minut

- Experiment 2 – Méně vlakových spojů

Průměrné zpoždění	4 minuty
-------------------	----------

Průměrný počet cestujících	
Všední den	Víkend
4821	991

Zaplnění vlaků (počet lidí)				
	Všední den	Všední noc	Víkendový den	Víkendová noc
Min	0	0	15	0
Max	220	212	89	94
Průměr	134.4	15.3	57.1	13.9

Průměrný počet odchozích lidí z nástupiště	
Pracovní dny	30
Víkend	153

Časové rozestupy vlaků			
Pracovní den	Pracovní noc	Víkendový den	Víkendová noc
40 minut	70 minut	60 minut	80 minut

- Experiment 3 – Výjimečný stav, více lidí

Průměrné zpoždění	4 minuty
-------------------	----------

Průměrný počet cestujících	
Všední den	Víkend
6541	2036

Zaplnění vlaků (počet lidí)				
	Všední den	Všední noc	Víkendový den	Víkendová noc
Min	0	0	4	0
Max	220	220	111	84
Průměr	148.4	18.2	68.4	14.7

Průměrný počet odchozích lidí z nástupiště	
Pracovní dny	60
Víkend	4

Časové rozestupy vlaků			
Pracovní den	Pracovní noc	Víkendový den	Víkendová noc
30 minut	60 minut	40 minut	60 minut

- Experiment 4 – Výjimečný stav, více lidí, více spojů

Průměrné zpoždění	4 minuty
-------------------	----------

Průměrný počet cestujících	
Všední den	Víkend
6423	2018

Zaplnění vlaků (počet lidí)				
	Všední den	Všední noc	Víkendový den	Víkendová noc
Min	0	0	2	0
Max	220	113	126	61
Průměr	75.9	8.5	68.4	8.7

Průměrný počet odchozích lidí z nástupiště	
Pracovní dny	3
Víkend	2

Časové rozestupy vlaků			
Pracovní den	Pracovní noc	Víkendový den	Víkendová noc
15 minut	50 minut	40 minut	60 minut

### **5.3 Závěry experimentů**

Experimentování bylo zaměřeno na optimální rozložení vlakových spojů vůči počtu přepravených cestujících.

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

Experimentováním nad naším simulačním modelem jsme zjistili, že současně nastavený model je optimální pro běžný provoz během týdne i víkendu, v experimentu č. 2 je prokázáno, že při snížení frekvence vlakových spojů se výrazně zhorší spokojenost cestujících, což se projeví na počtu odchodů z nástupiště. Pouze v případě výrazně vyšší zátěže (demonstrováno v experimentu č. 3), je nutné zvýšit frekvenci vlakových spojů (potvrzení v experimentu č. 4).