

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Modelování a simulace  
Výrobní proces z oblasti strojírenské

6. prosince 2017

Jakub Frýz  
Filip Dostálík

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>2</b>
1.1 Zadání . . . . .	2
1.2 Model . . . . .	2
1.3 Získání potřebných hodnot . . . . .	2
1.4 Cíl experimentů . . . . .	2
<b>2 Linka TrendBinder</b>	<b>3</b>
2.1 Snášedka . . . . .	3
2.2 Lepička . . . . .	3
2.3 Frontero . . . . .	3
2.4 Pila . . . . .	3
2.5 Trojřez . . . . .	3
2.6 Paleták . . . . .	3
<b>3 Model</b>	<b>4</b>
3.1 Petriho síť . . . . .	4
3.2 Modelování . . . . .	4
3.3 Mapování AM na SM . . . . .	4
<b>4 Omezení projektu</b>	<b>5</b>

# 1 Úvod

## 1.1 Zadání

Zvolte si výrobní proces výrobku nebo skupiny výrobků z oblasti buď strojírenské nebo zemědělské výroby, který lze modelovat jako SHO. Proces modelujte jako SHO s uvedením relevantních údajů o strojích, postupech, produkci a podobně. Experimentálně zjišťujte vlastnosti výrobního procesu, vytížení strojů, důsledky poruch ve výrobě, možnosti zvyšování produktivity ve výrobě, ekonomické aspekty výroby a podobně.

## 1.2 Model

Rozhodli jsme se vytvořit model výrobní linky TrendBinder ve firmě CPI Moravia Books. Tato firma se specializuje na tisk knih a linka TrendBinder slouží primárně pro výrobu brožovaných knih.

Důvodem výběru bylo, že jeden z nás tam měl brigádu a zná to tam + jeden z našich rodičů tam pracuje.

## 1.3 Získání potřebných hodnot

Informace o výrobě jsme získali od onoho jednoho z našich rodičů.

Získali jsme statistiky vyrobených knih za měsíc říjen, počet poruch a doby jejich oprav.

Přímo ve firmě jsme provedli sledování cesty jedné knihy linkou se stopkami. Měřili jsme, jak dlouho trvá jednomu bloku dostat se na konec linky (společně s mezičasy na podle nás důležitých místech - vstup/výstup do/z mašiny). Měření probíhalo při výkonu 2000 (v projektu máme funkci `scale(int)`, která slouží k tomu, aby zadané hodnoty přizpůsobila zadanému výkonu).

Dále jsme kontrolovali, zda-li zadaný výkon odpovídá rychlosti mašin. Zjistili jsme, že mašiny jedou jenom cca. 95% zadaného výkonu.

Čísla ze získaných statistik a naměřené hodnoty jsme následně dali dohromady a vypočítali si průměrné časy v různých místech linky.

## 1.4 Cíl experimentů

Smyslem experimentů na modelu linky je demonstrovat dokonalou výrobu nehledě na chyby, aby jsme poskytli data, kolik knížek může být hotových za určitý čas na paletě.

V projektu lze nastavit určité parametry strojů (výkon linky, vypnout/zapnout určité mašiny, počet knížek ve sloupci na paletu, atd.)

## 2 Linka TrendBinder

Linka *TrendBinder* se skládá z 6 strojů: snášečka, lepička, Frontero, pila, trojřez a paleták. Tyto názvy jsou formálně ve firmě používány a proto budou použity i v této dokumentaci.

### 2.1 Snášečka

*Snášečka* je stroj, který skládá archy na hromádku, které jdou následně po pásu do lepičky ke slepení.

Tato se skládá z 25 kapes a 25 mechanických ramen ke každé kapse a pásu, který je skrz celý stroj. Na tento pás skládají ramena archy z kapes.

### 2.2 Lepička

*Lepička* slouží k tomu, aby hromádky archů slepila do bloků, které po oschnutí lepidla půjdou na ořez.

Tato se skládá z frézy, která ofrézuje stranu bloku, která bude hřbetem knihy, několik lepících válců, které nanášejí lepidlo na právě ofrézovaný hřbet, a podavače obálek, který na lepidlo přilepí obálku. Blok se přes mašinu pohybuje pomocí 27 ramen točících se okolo.

Po slepení jde blok na delší cestu po pásu, aby uschlo lepidlo.

### 2.3 Frontero

*Frontero* se nepoužívá u všech zakázek. Má za úkol oříznou nejdelší hranu knihy (naproti hřbetu) tak, aby nepoškodil obálku. Tu si před seříznutím nadzvedne. Zpracovává v jednu chvíli jen jeden blok.

### 2.4 Pila

*Pila* se stejně jako *Frontero* nepoužívá pro všechny zakázky. Používá se pro ty zakázky, které jsou udělány dvojtiskem, což znamená, že jeden blok jsou dvě knížky v jednom. *Pila* pak má jen za úkol tento blok rozpůlit tento blok na dvě stejné knížky. Zpracovává v jednu chvíli jen jeden blok.

### 2.5 Trojřez

Jak už název napovídá, základ *trojřezu* jsou tři čepele. Ty slouží k oříznutí knížky ze tří stran (všechny až na hřbet). Pokud knížka prošla *Fronterem*, oříznou se pouze dvě strany a to ty krátké. V jednu chvíli může ořezávat i několik bloků.

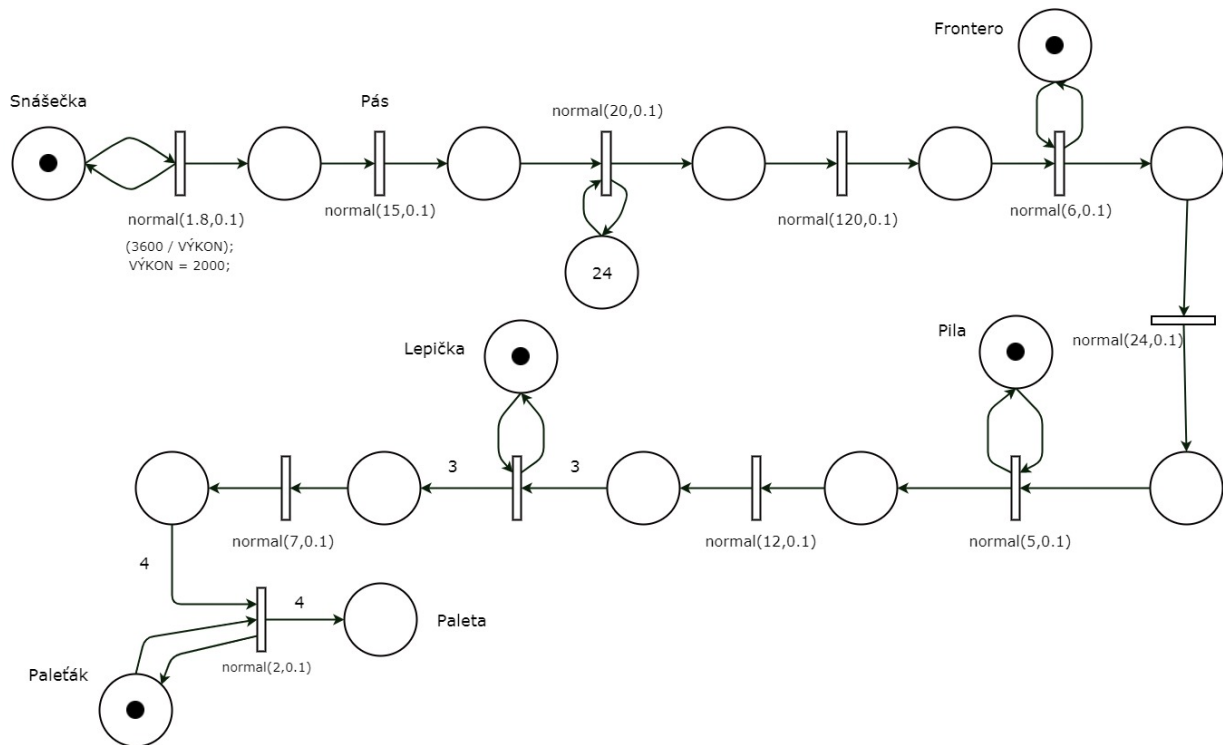
Z *trojřezu* už vyleze hotová knížka.

### 2.6 Paleták

*Paleták* je stroj, který skládá hotové knížky do sloupečků. Ty pak obsluha přesouvá na paletu.

## 3 Model

### 3.1 Petriho síť



Obrázek 1: Petriho síť

### 3.2 Modelování

Náš model pracuje v real-time čase.

Při měření jsme zjistili, že stroj pracuje jak hodinky, protože všechny naše měření byly téměř stejné. Proto jsme se rozhodli pro normální rozdělení s minimálním rozptylem (0.1) čekání procesů v našem modelu.

### 3.3 Mapování AM na SM

Jednotlivé přechody mezi mašinami, které jsou viditelné na obrázku 1, jsme se rozhodli modelovat jako samostatné procesy.

- **Event::Generator**

- Tato událost pro nás funguje jako *snášedka*. Generátor se řídí naší konstantou `SECpBOOK` (doba v sekundách potřebná na jednu knihu), která je vypočítána z výkonu linky.

- **Process::BlokSL**

- Cesta bloku od snášedky skrz lepičku

- **Process::BlokLF**

- Cesta bloku od lepičky skrz frontero

- **Process::BlokLP**

- Cesta bloku od lepičky skrz pilu

- **Process::BlokLT**

- Cesta bloku od lepičky skrz trojřez

- **Process::BlokFP**

- Cesta bloku od frontera skrz pilu

- **Process::BlokFT**

- Cesta bloku od frontera skrz trojřez

- **Process::BlokPT**

- Cesta bloku od pily skrz trojřez

- **Process::BlokTP**

- Cesta bloku od trojřezu až do paletáku

- **Process::Kniha**

- Kniha na paletě

## 4 Omezení projektu

Bohužel se nám nepodařilo implementovat poruchy mašin a jejich opravy. Máme pro toto vytvořenou třídu `machine_queue`, která ukládá stav jednotlivých mašin (jede/nejede, poškozena/nepoškozena). Třída je téměř hotova a okomentována, pouze není použita.

Z toho důvodu jsme se zaměřili na výrobu jako takovou bez ohledu na chyby.