**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

##### BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

**Technická správa k projektu do predmetu IMS**

**Technical documentation for IMS project**

### Téma č.8: Diskrétny model výrobného procesu chipsov (SHO)

**Discrete model of manufacturing process of potato crisps**

### 

### AUTORI PRÁCE MATEJ DUBEC, ADAM POLÍČEK

**AUTHORS xdubec00, xpolic05**

##### BRNO 2020

## Úvod

Tento dokument slúži ako technická správa pre náš projekt do predmetu IMS.   
Popisuje simulačný model [1,44] výroby zemiakových lupienkov (chipsov) v továrňach,   
nasledovaný simulačnými [1,8] experimentami na danom vytvorenom modeli.   
  
Zmienené experimenty popisujú chovanie systému hromadnej obsluhy v rôznych   
situáciach, za účelom vyjadrenia efektivity výroby a nájdenia úzkych miest a hrozieb.

Pre spracovanie a vytvorenie modelu bolo nutné prečítať množstvo štúdií, článkov   
a štatistík, aby sme si mohli vytvoriť reálny obraz o priebehu výroby zemiakových   
lupienkov. Snažili sme sa kontaktovať rôznych lokálnych výrobcov chipsov, avšak   
ani jeden z kontaktovaných nám nebol ochotný poskytnúť informácie, ktoré by sme   
mohli použiť pri vytváraní modelu. Preto sme sa rozhodli použiť informácie zo štúdií   
a článkov, ktoré medzi sebou korelovali.

### Autori a zdroje informácií

Na projekte sa podieľal dvojčlenný tým študentov FIT VUT Matej Dubec a Adam Políček.  
Použité informácie boli získané z viacerých zdrojov, ktoré sú uvedené v poslednej   
kapitole ***Zdroje***.

### Overovanie validity

Validita modelu [1,37] bola overená pri postupnom testovaní a výsledky porovnané so   
získanými dátami zo štatistík a štúdií. Požiadavky boli kladené najmä na dobu   
čistenia zemiakov, pomer surových zemiakov a z nich vyrobených lupienkov a   
celkový počet vyrobených lupienkov za hodinu.

Z experimentu simulujúceho bežnú prevádzku sme zistili následovné:

....

Ak výsledky porovnáme s dátami získanými zo štatistík a štúdií, môžeme vidieť,   
že naše výsledky odpovedajú reálnym dátam a tým pádom prehlásiť daný model   
za valídny.

## Rozbor tématu a použitých metód/technológií

Simulovaný systém [1,18] predstavuje automatizovanú veľkovýrobu chipsov / zemiakových   
lupienkov. Celá výroba sa odohráva na výrobnej linke, okrem samotnej distribúcie, tzn.   
prívoz čerstvých, surových zemiakov a odvoz hotových, zabalených lupienkov.

Zemiaky musia byť privezené na výrobnú linku do 24 hodín od ich   
výberu zo zeme, ak sú zemiaky staršie, hotové lupienky budú obsahovať čierne škvrny,   
ktoré znižujú celkovú kvalitu výrobku.   
[praktický experiment s degradovaním kvality na vzduchu]  
  
V majorite prípadov sa výrobný proces skladá z týchto na-seba-nadväzujúcich častí: [3,6]

* Šúpanie (využívaná je šúpacia mašina)
* Umývanie (vodná sprcha)
* Triedenie (manuálne vyraďovanie chybných zemiakov – čierne časti a iné defekty)
* Krájanie (zemiaky sú uložené do rotujúceho valca, valec pozostáva z ostrých hrán)
* Čistenie (dodatočné odstránenie nečistôt, nemusí následovať nutne po krájaní)
* Sušenie (využívaná je rotujúca sušička)
* Praženie a Solenie (využívaný najmä slnečnicový / repkový olej s teplotou 180 **°**C)
* Balenie

Umývanie môže byť iterované viac krát a neplatí, že nasleduje bezprostredne po šúpaní.

Všetky pasáže výrobného procesu sú popísané v konceptuálnom modeli. V kapitole   
***Koncepcia*** si popíšeme ich funkciu a dôležitosť. Všetky informácie o častiach výrobného   
procesu sú získané z viacerých zdrojov, ktoré proces výroby popisovali rovnako.

### Postupy pre vytvorenie modelu

Podľa dát získaných zo štúdií, článkov a informačných webov výrobcov lupienkov sme   
vytvorili abstraktný model [1,41] a následne zostrojili Petriho sieť [1,123], ktorá   
reprezentuje nami zvolený systém hromadnej obsluhy [1,136]. Vytvorený model bol   
implementovaný v jazyku C++, pretože sme zvolili modernejší a pre účely projektu   
praktickejší jazyk z dvojice C/C++. Na simuláciu sme využili odporúčanú knižnicu   
SIMLIB [2].

### Pôvod použitých metód

Na návrh systému boli použité vyššie uvedené metódy a nástroje, s ktorými nás zoznámil   
predmet IMS a boli nám vedením predmetu odporúčané.

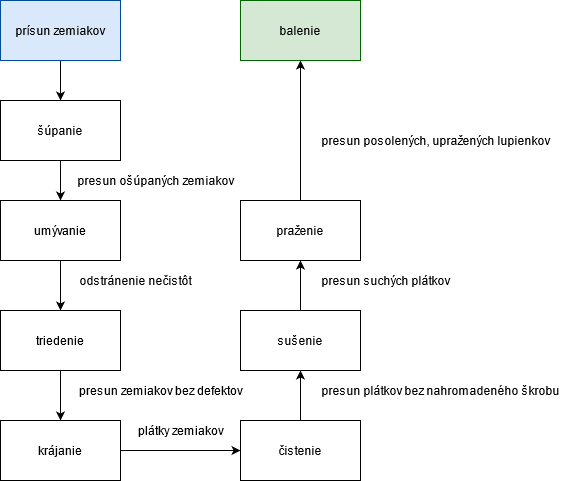
## Koncepcia

Počet zamestnancov, ktorí sa pohybujú vo výrobni bol nastavený na 3. Kedže je výroba   
úplne automatizovaná a odosielanie výsledného produktu nepočítame ako súčasť   
výrobného procesu lupienkov v rámci linky, tak v simulácií [1,33] je potreba   
prítomnosti len tých zamestnancov, ktorí vykonávajú inšpekciu (tzn. Kontrola výrobného procesu).

Modelovaná výrobná linka sa skladá zo šúpača, krájača, čističky a vyprážacieho kotla.  
Jednotlivé nástroje sú poprepájané linkou, kade zemiaky „cestujú“ ponorené vo vode.   
Tým spôsobom predídeme degradácií kvality zemiakov, ktorá by nastala ak by zemiaky   
museli putovať na páse za pôsobenia kyslíku a zbavíme sa prebytočného škrobu.   
Nástroje sú v bezprostrednej blízkosti a tak sme čas „cestovania“ zemiakov nebrali do   
úvahy, pretože idé o minoritné zdržanie.

Časová náročnosť šúpania, sušenia, krájania, umývania a vyprážania jednej várky   
lupienkov bola nastavená na 4 minúty, ako priemer zo získaných hodnôt z rôznych   
zdrojov [3,4,5,6]. V modeli využívame 2 kotle na praženie za účelom zvýšenia efektivity   
výroby.

### Vyjadrenie konceptuálneho modelu

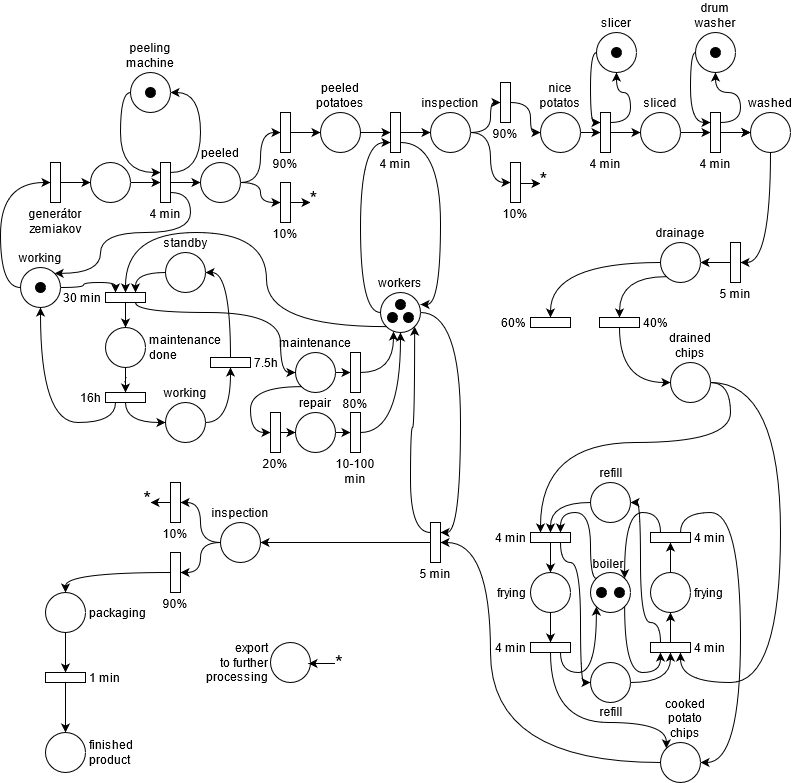


Obrázok 1: Abstraktné schéma systému

Na obrázku 1 je znázornený abstraktný model výroby zemiakových lupienkov.  
Zemiaky na linke putujú ku šúpaciemu stroju, z neho putujú ošúpané zemiaky vo   
vode do myčky, kde sú zemiaky zbavené prebytočných šúp, hliny a iných nečistôt.   
Následne sú roztriedené na vyhovujúce a nevyhovujúce kusy, vyhovujúce kusy idú   
do krájača, kde sú zemiaky pokrájané na lupienky. Čistiaci stroj odstráni z lupienkov   
prebytočný škrob ktorý sa nahromadil na hranách a ide do sušičky. Vysušené lupienky   
idú rovno do vyprážača, kde sú vypražené, posolené a pripravené na balenie.

(Solenie počas praženia šetrí čas a spôsobí rovnomernejšiu slanosť chipsov, kedže sa   
lupienky v pražiacom stroji hýbu, aby boli rovnomerne vypražené. [4])

### Forma konceptuálneho modelu



Obrázok 2: Petriho sieť

Na obrázku 2 je znázornená Petriho sieť reprezentujúca systém výroby pražených   
lupienkov zo surových zemiakov. Pre zjednodušenie schémy neberieme do úvahy   
výrobu iných príchutí lupienkov, ako solených. Zároveň sme opomenuli distribúciu   
produktu, keďže nás zaujíma hlavne výroba samotných lupienkov.

Zemiaky sú generované počas celej pracovnej doby, kedže prípady kedy by v továrni   
počas bežného pracovného dňa surové zemiaky došli, sme nezaznamenali.

Zemiaky sú spracované po várkach [5], šúpací stroj má kapacitu presne na 1 várku a šúpanie   
trvá 4 minúty. V priemere 10% váhy várky zemiakov sú šupy, ktoré sú neskôr predávané   
ako palivo.

Várka ošúpaných zemiakov podlieha inšpekcií, ktorú vykonáva jeden zo zamestnancov,   
a trvá mu to 4 minúty. V priemere 10% ošúpaných zemiakov je kazných / defektných a sú vyradené z výroby a odpredané.

Kvalitatívne vyhovujúce ošúpané zemiaky sú pokrájané, tento proces pre jednu várku trvá   
tiež 4 minúty. Následne sú 4 minuty umývané aby boli dôkladne zbavené nečistôt.

Várka čistých, ošúpaných lupienkov je pripravená na vysušenie, resp. zbavenie prebytočnej   
vody. Z praktického experimentu sme zistili že 60% pôvodnej váhy várky je voda, ktorá nás v tomto projekte nezaujíma.

Várka čistých, ošúpaných a vysušených lupienkov je pripravená na praženie a solenie.   
Využívame 2 pražiace kotle, doba praženia sa u rôznych zdrojov lýšila, najčastejšie   
vyskytujúca sa hodnota však bola 4 minúty, s ktorou pracujeme aj my. Keď sa naplní  
kapacita prvého kotla, druhá várka lupienkov putuje rovno do druhého kotla.

Vypražené lupienky čaká posledná inšpekcia, kde zamestnanec zistí, či je vyhovujúca chuť, štruktúra, a kvalita výrobku (obhorené a nedopražené lupienky sú vyradené z várky).

Hotové, skontrolované, vypražené a osolené lupienky sú pripravené na balenie, ktoré pre   
jednu várku trvá v priemere 1 minútu.

## Architektúra simulačného modelu

Pre implementáciu modelu bol zvolený jazyk C++ a knižnica SIMLIB. Základná časová   
jednotka je sekunda, z nej sú odvodené konštanty pre ďalšie časové údaje.

### Rozbor implementácie

Minimálně je nutno ukázat mapování abstraktního (koncept.) modelu do simulačního (resp. simulátoru). Např. které třídy odpovídají kterým procesům/veličinám a podobně.

NEVIEEEEM

## Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Zvolené simulačné experimenty sa snažia preveriť, či skrz využitie dvoch pražiacich kotlov dokážeme zefektívniť výrobu lupienkov a či pomer surových zemiakov / vyrobených   
lupienkov sa dlhodobo drží v okolí 4:1 [4]. Experimenty boli spravené s dobou simulácie 1 deň.  
Sledovanými údajmi sú počet vyrobených zemiakov za hodinu a pomer surových zemiakov k vyrobeným lupienkom.

### Postup experimentovania

V princípe sledujeme výrobu lupienkov počas všedného dňa. Referenčná hodnota pomeru surových, neopracovaných zemiakov k vyrobeným lupienkom je 4:1. Náhodne vyberáme   
časové úseky poočas pracovnej doby a kontrolujeme odchýlku od vyššie zmieneného pomeru. Zároveň nás zaujíma, či použitím dvoch pražiacich kotlov dokážeme konkurovať väčším   
firmám, ktoré používajú viacero výrobných liniek, a dokážu tak vyrobiť až 260 kg lupienkov   
za 1 hodinu behu systému [7]. Zároveň sledujeme percentuálnu úroveň odpadu zo zemiakov.

### Priebeh experimentov

Dokumentace jednotlivých experimentů - souhrn vstupních podmínek a podmínek běhu simulace, komentovaný výpis výsledků, závěr experimentu a plán pro další experiment (např. v experimentu 341. jsem nastavil vstup x na hodnotu X, která je typická pro ... a vstup y na Y, protože chci zjistit chování systému v prostředi ... Po skončení běhu simulace byly získány tyto výsledky ..., kde je nejzajímavější hodnota sledovaných veličin a,b,c které se chovaly podle předpokladu a veličin d,e,f které ne. Lze z toho usoudit, že v modelu není správně implementováno chování v podmínkách ... a proto v následujících experimentech budu vycházet z modifikovaného modelu verze ... Nebo výsledky ukazují, že systém v těchto podmínkách vykazuje značnou citlivost na parametr x ... a proto bude dobré v dalších experimentech přesně prověřit chování systému na parametr x v intervalu hodnot ... až ...)

### Závery experimentov

Závěry experimentů – bylo provedeno N experimentů v těchto situacích ... V průběhu experimentování byla odstraněna ... chyba v modelu. Z experimentů lze odvodit chování systémů s dostatečnou věrohodností a experimentální prověřování těchto ... situací již napřinese další výsledky, neboť ...

## Zhrnutie simulačných experimentov a záver

Závěrem dokumentace se rozumí **zhodnocení simulační studie a zhodnocení experimentů** (např. Z výsledků experimentů vyplývá, že ... při předpokladu, že ... Validita modelu byla ověřena ... V rámci projektu vznikl nástroj ..., který vychází z ... a byl implementován v ...).

* důležitá je pouze kvalita zpracování simulátoru/modelu a obsažnost simulační studie

## Zdroje

[1] PERINGER, Peter. FIT VUT. Modelovanie a simulácie [online]   
Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>

[2] PERINGER, Peter. FIT VUT. SIMLIB: SIMulation LIBrary for C++ [online]  
Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/.cs>

[3] B. GOYAL, P. GOYAL. Journal of Food Processing & Technology. Manufacturing of   
Potato Chips and its Quality Improvement[online]  
Dostupné z: [https://www.longdom.org/open-access/manufacturing-of-potato-chips-  
and-its-quality-improvement-2157-7110-1000765.pdf](https://www.longdom.org/open-access/manufacturing-of-potato-chips-and-its-quality-improvement-2157-7110-1000765.pdf)

[4] How Products are Made. Potato Chip [online]  
Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-3/Potato-Chip.html>

[5] European Snacks Association. Snack Manufacturing Process [online]  
Dostupné z: <https://www.esasnacks.eu/preparation.php>

[6] Potatochipsmachinery. Potato Chips Production Line [online]

Dostupné z: [https://www.potatochipsmachinery.com/potato-chips-making-line  
/semi-automatic-potato-chips-plant.html](https://www.potatochipsmachinery.com/potato-chips-making-line/semi-automatic-potato-chips-plant.html)

[7] Agentúra na podporu regionálneho rozvoja Košice. SlovChips [online]

Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=WtTmD2niyYE>