



Modelování a simulace – IMS

Okruh 12. – SHO vo výrobě

Dokumentácia

Obsah

1 Úvod	2
1.1 Čerpanie a konzultácia dát	2
1.2 Overovanie validity dát	2
2 Rozbor témy	2
2.1 Používané metódy, postupy a technológie	2
2.2 Pôvod metód a technológií	2
3 Konceptcia modelu	3
4 Architektúra simulačného modelu	3
4.1 Vstupy modelu	3
4.2 Výstup simulácie	4
4.3 Spúšťanie simulačného modelu	4
5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh	4
5.1 Postup experimentovania	4
5.2 Priebeh experimentov	4
6 Zhrnutie simulačných experimentov	4
7 Čerpanie zdrojov	4

1 Úvod

V tejto práci je riešená implementácia procesu výroby chleba, ktorá je použitá na zostavenie modelu testujúceho najlepšie možné nakonfigurovanie množstva strojov, pracovníkov a miestností výroby pre rôzne scenáre požiadaviek množstva chlebov v daný deň. Danú prácu vypracovali študenti Zdeněk Lapeš a Andrej Bínovský z Fakulty informačních technologií VUT v Brně.

1.1 Čerpanie a konzultácia dát

V rámci tejto práce boli dáta použité a konzultované z praxe, ktoré boli získané z výrobného procesu chleba z Brnenskej pekárne Crocus[1]. Pre dosiahnutie čo najvalidnejšieho modelu procesu výroby chleba sme spomenutú pekárňu navštívili a získali informácie o problematike každého procesu výroby.

1.2 Overovanie validity dát

Po celý čas modelovania boli dáta overované a validované na základe komunikácie majiteľa pekárne. Hneď zo začiatku sme si namodelovali a porovnali presnú konfiguráciu spomenutej pekárne. Čo nám docielilo overenie presnosti modelu na základe porovnania skutočného času výroby s časom výroby chleba v modeli.

2 Rozbor témy

Postup výroby chleba sa skladá z viacerých procesov, ktoré sú navzájom závislé:

- **Výroba cesta** { Proces výroby cesta spočíva zo zmiešania všetkých surovín do jedného. Počet a dostupnosť surovín sa v modeli neberie do úvahy. Jeden proces výroby cesta reprezentuje jeden mixér a výsledkom je 140kg cesta. Proces trvá **10 minút ± 2 minúty**.
- **Krájanie cesta na bochníky** { Krájanie cesta na bochníky je proces, ktorý sa vykonáva pracovníkom ručne. V modeli teda platí, že jeden pracovník sa rovná jednému stolu na krájanie. Vstupom procesu je 1kg cesta a výstupom je **1 bochník**. Proces trvá **30 sekúnd ± 5 sekúnd**.
- **Fermentácia bochníkov** { Po nakrájaní sa bochníky ukladajú na plech do vozíka. Jeden vozík obsahuje miesto na **70 bochníkov**. Po naplnení sa vozík odvezie do fermentačnej miestnosti na čas **20 minút ± 2 minúty**.
- **Pečenie chleba** { Po fermentácii sa bochníky na vozíkoch uložia do pece, kde sa pečú. Jedna pec má kapacitu **1 vozíku**, teda **70 bochníkov**. Proces trvá **30 minút ± 2 minúty**.
- **Balenie chleba** { Po upečení pracovníci roztriedia chleba do bedien. Balenie jedného chleba pracovníkom trvá **10 sekúnd ± 3 sekundy**.

2.1 Použité metódy, postupy a technológie

Na implementáciu modelu bol použitý programovací jazyk C++ za podpory simulačnej knižnice SimLib. Hlavným dôvodom použitia jazyka C++ je využitie naimplementovanej knižnice SimLib. Knižnicu sme si vybrali z dôvodu modelovania procesov výroby na základe petriho siete, ktorá toto modelovanie podporuje. Príklady a správne použitie knižnice sme čerpali z priručiek predmetu IMS[2]. Na kompiláciu sme využili nástroj CMake. Na vývoj bol zvolený operačný systém Linux Ubuntu, ktorý bežal vo virtualizovanom prostredí nástroja Docker.

2.2 Pôvod metód a technológií

- **C++** { Verzia C++20: <https://en.cppreference.com/w/cpp/20>.
- **SimLib** { Verzia 3.09[3]. Autori knižnice sú Petr Peringer, David Leska a David Martinek.
- **CMAKE** { Verzia 3.5: <https://cmake.org/>.
- **Docker** { Verzia 20.10.17: <https://www.docker.com/>.
- **Linux Ubuntu** { Verzia 20.04: <https://ubuntu.com/>.

3 Koncepcia modelu

Konceptuálny model pekárne je zobrazený pomocou petriho siete V modeli je zobrazený zjednodušený proces výroby chleba. Napriek zjednodušeniu modelu je zachovaná korektnosť simulácie.

- **Výroba cesta** { Pri prvom procese je zanedbateľná dostupnosť a naskladňovanie surovín, pretože to zaobstaráva externá firma. Výstup a čas procesu je totožný s realitou.
- **Krájanie cesta na bochníky** { Pri druhom procese sme reálne dáta dekomponovali. Získané dáta z pekárne reprezentovali čas nakrájania 70 bochníkov (zo 70 kg cesta) na jeden vozík pracovníkmi za čas **10 min ± 2 minúty**. Pre systém sme zvolili proces krájania 1kg cesta na 1 bochník, 1 pracovníkom za čas **30 sekúnd ± 5 sekúnd**.
- **Fermentácia bochníkov** { Pri procese fermentácie sme zachovali vstupy, výstupy a časy na základe reálnych dát.
- **Pečenie chleba** { Pri procese pečenia sme zachovali vstupy, výstupy a časy na základe reálnych dát.
- **Balenie chleba** { Proces balenie chleba reprezentuje viacero podprocesov ako napríklad príprava a existencie bedien. Balenie spočíva v roztriedení chleba do bedien a ich následne uloženie do skladu. Reálny proces bol meraný na zabalenie jedného vozíku 70 chlebov do bedien za čas **10 min ± 2 minúty**. Jedna bedňa môže obsahovať 3 až 4 chleby. Proces v modeli sme dekomponovali na zabalenie jedného chleba jedným pracovníkom za čas **10 sekúnd ± 3 sekundy**.

4 Architektúra simulačného modelu

Simulačný model[2, slide 44] je možné spustiť v 3 režimoch. Nastavenie týchto režimov je určené konštantami v súbore `src/macros.h`. Každý proces má nasledujúcu implementáciu funkcie `Behavior()`: Na začiatku sa spustia včety `mixer process`, poprípade sa vytvorí fronta na `mixer process`.

```
Zahájenie order process;  
while nemixuje sa cesto pre upečenie včetských chlebov do  
| Zahájenie mixer process;  
end  
čakanie, až budú včetky chleby v bedničkách;  
ukončenie Order process;
```

Algoritmus 1: Zahájenie procesu výroby chleba

```
Čakaj pokiaľ nie je daný proces hotový;  
Spusť nasledujúci proces;
```

Algoritmus 2: Proces výroby chleba

4.1 Vstupy modelu

Vstupom simulačného modelu sú atribúty triedy `Args` v súbore `src/Args.h`:

- `breads` { počet chlebov, ktoré se majú vyrobiť
- `mixers` { počet mixérov
- `tables` { počet stolov na krájanie
- `carts` { počet vozíkov
- `ovens` { počet pecí
- `packers` { počet pracovníkov na balenie

Dalšie atribúty triedy `Args` sú pre ovládanie simulácie a výstupného súboru:

- `outfile` { názov výstupného súboru
- `simulations` { počet simulácií, ktoré se majú spustiť

Tieto vstupy sú zadávané pri spustení programu, viz.4.3

4.2 Výstup simulácie

Výstupom simulácie je možné riadiť cez konštanty v súbore `src/macros.h`:

- `SIMULAČNÝ REŽIM` (`DEBUG=0` a `TEST=0`) { v tomto režime je možné spustiť simuláciu a sledovať výsledky, model sa spustí 3x.
- `DEBUG REŽIM` (`DEBUG=1`) { v tomto režime je možné sledovať podrobnejšie informácie o prebiehajúcich simuláciách v jednotlivých krokoch (doba vybavenia jednotlivých procesov, vstupy a výstupy jednotlivých procesov, ...)
- `EXPERIMENT REŽIM` (`TEST=1`) { v tomto režime je spustené experimentovanie pre zistenie, ktorá konfigurácia modelu (vstupu), je najvhodnejšia pre pečenie chleba z hladiska najmenšieho času vybavenia tzv. optimálnej konfigurácie.

Výstupom simulácie sú dáta o čase výroby chleba, zataženie jednotlivých strojov a pracovníkov. Výstup môže byť uložený do súboru, ktorý je zadán príkazom `--outfile`, keď nie je zadán výstup je vytlačený na štandardný výstup.

4.3 Spúšťanie simulačného modelu

Simulačný model sa musí pred spustením skompilovať pomocou `Makefile`. `make` a spustený model je možné pomocou príkazu `make run` s predvolenými hodnotami vstupu. Model je možné spúšťať aj s parametrami, ktoré sú vstupmi simulačného modelu, viz. `src/Args.h`: Spúšťanie: `./build/bread_factory --breads 100 --mixers 2 --tables 2 --fermentations 2 --ovens 3 --loads 3 --simulations 3 --outfile out.txt`.

5 Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Cieľom práce, ktorá má simulovať výrobu chleba je zistiť, či pekáreň s ktorou pracujeme má najlepšiu konfiguráciu strojov, miestností a pracovníkov pre výrobu chleba.

5.1 Postup experimentovania

Pre experimentovanie je vytvorená funkcia `experiments()`, ktorá po spustení prebehne všetky možné konfigurácie počtu prostriedkov v rozmedzí 1 až 10.

5.2 Priebeh experimentov

čas / min	chleby / ks	mixéry	pracovníci na krájanie	kapacita fermentačnej miestnosti	kapacita peci	pracovníci na balenie
6253	100	2	9	2	9	9

6 Zhrnutie simulačných experimentov

7 Čerpanie zdrojov

Literatúra

- [1] Pekárna Crocus s.r.o.: 2022, [vid. 2022-12-04]. Dostupné z: <https://www.crocus.cz>
- [2] Peringer, P.; Hrubý, M.: Modelování a simulace, Text k přednáškám kursu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně. [online], 2022, [vid. 2022-12-04]. Dostupné z: