MODELOVÁNÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ S VYUŽITÍM PROGRAMU SIMUL8 V KONTEXTU VÝUKY TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ

SEDLÁČEK Michal, CZ

Resumé

Příspěvek se zabývá možností použití modelačních a simulačních nástrojů ve vyučovacím procesu. Důraz je kladen na jejich aplikaci ve výuce technických předmětů formou názorně demonstrační pomůcky výuky. Jako softwarový nástroj byl vybrán simulační program Simul8, který primárně slouží k modelování logistických procesů na bázi simulace diskrétních událostí a umožňuje tvorbu vizuálních modelů výrobních, distribučních, ekonomických a jiných procesů. Příspěvek je zaměřen na konkrétní kroky postupu při tvorbě simulačních modelů výrobních procesů a možnosti jejich využití ve výchovně vzdělávacím procesu zaměřeném na rozvoj technického myšlení.

Klíčová slova: simulační model, Simul8, názorně demonstrační prostředky výuky, technické vzdělávání, kritické myšlení.

MODELING PRODUCTION PROCESSES USING SIMUL8 SOFTWARE IN THE CONTEXT OF TEACHING TECHNICAL SUBJECTS

Abstract

The paper deals with the possibility of using modeling and simulation tools in the teaching process. Emphasis is placed on their application in teaching technical subjects in the form of a demonstration tool. Simul8 program was chosen as a software tool, which is primarily used for modeling logistic processes based on discrete simulation and enables creation of visual models of production, distribution, economic and other processes. The paper is focused on the steps of the process of creating simulation models of production processes and the possibilities of their use in the educational process focused on the development of technical thinking.

Key words: simulation model, Simul8 software, demonstration tool, technical education, critical thinking.

Úvod

Počítačová simulace se postupně stává nezbytným podpůrným nástrojem v oblasti zefektivňování procesů lidských činností, výrobních systémů i služeb. Umožňuje mimo jiné napodobovat a sledovat vlastnosti jednotlivých procesů a předpovídat jejich chování. Simulace se stává významným pomocníkem při řešení problémů, vyžadujících využívání takových metod a podpůrných prostředků, které umožní komplexní přístup k projektování systémů i rychlé vyzkoušení různých variant řešení a minimalizování rizika chybných rozhodnutí. Nahrazení reálného systému za simulovaný poskytuje pohled na ucelené prostředí systémů s jejich prvky a kreativní přístup při demonstraci a snadnějšímu pochopení principů činnosti technických systémů. Simulace umožňuje napodobit jakékoliv technické procesy, včetně výrobních, distribučních, ekonomických i behaviorálních. Tématy aplikace simulačních modelů v logistice při řešení konkrétních problémů a materiálových toků ve výrobních procesech se podrobněji zabýváme v jiných odborných publikacích (Sedláček, 2014, 2016, 2017), (Kodym, 2015, 2016).

Technické vzdělávání nabývá na významu a stává se nedílnou součástí kurikul vzdělávacích programů základních i středních škol v České republice. Důraz je kladen na odborné kompetence,

s nimiž v úzké míře souvisí chápání technických systémů jako celku i detailní rozbor jejich součástí. Potřeba technicky vzdělaných a smýšlejících pracovníků rezonuje stále častěji v odborných diskusích, propojení technické a vzdělávací sféry nabývá na svém významu. Vhodnou implementací metod výuky podporujících kritické myšlení, názornost, představivost a konstrukční přístup můžeme pomoci rozvíjet technické myšlení již na základních, poté na středních a následně na vysokých školách. Jednou z možností je využitím simulačních modelů, které názornou formou žákům umožní pochopit prvky a vazby v technických systémech a rozvíjet tvořivost a technické myšlení. Simulační modely dnes běžně využíváme v průmyslovém sektoru při řešení problematiky optimalizace výroby, materiálových toků v podnicích, optimalizaci dopravních a distribučních systémů a řadě dalších postupů manažerského rozhodování. Významným milníkem potřeby aplikace simulačních modelů ve výuce technických předmětů byl příchod Průmyslu 4.0. Touto problematikou se hlouběji zabýváme v jiné odborné publikaci (Kavka, 2019). Vhodným uchopením a využitím simulačních modelů získáme výkonný softwarový prostředek, který má vysoký motivační potenciál, je názorný, umožňuje rozvíjení technického myšlení a snadnějšího chápání principů, vazeb a souvislostí v technických systémech.

1 Počítačová simulace

Pod pojmem simulace rozumíme experimentování s počítačovým modelem reálného systému. Simulace v principu odstraňuje nedostatky analytických metod, může zároveň být náročnější na čas (ve smyslu sestavení modelu, jeho testování a vykonávání experimentů) i na plánování, sběr a přípravu vstupních údajů, které jsou pro jeho tvorbu nezbytné.

Při tvorbě simulačního modelu obecně postupujeme dle následujících kroků:

1. Stanovení cíle simulace.
2. Sběr údajů, které jsou potřeba k simulaci.
3. Sestavení simulačního modelu.
4. Prověření sestaveného modelu.
5. Provádění experimentů - hledání vylepšení systému, ověření se jejich vlivů na modelovaný systém.
6. Zpracování výsledků do reálného systému.

Hlavní výhodu simulačních modelů lze spatřit v možnosti poměrně jednoduše získat výsledky, ke kterým bychom se jinak dopracovali daleko složitější, případně finančně náročnější, cestou. Specializovaný modelační software obsahuje celou řadu numerických výstupů, které práci nejen usnadní, ale i graficky znázorní. Simulační model umožňuje práci v reálném čase, sledování průběhu simulace, transformaci entit (prvků, které prochází systémem), stanovení vstupních i výstupních podmínek, její délky, rychlosti a mnoha dalších parametrů. Smyslem modelování v simulačním software je prezentovat malou část celkové reality. Pokud vytvoříme model technického systému, je nutné zohlednit tolik prvků v modelu, kolik jich je třeba k vyjádření celkového chování daného systému. Pokud se nám podaří vytvořit simulační model, který se chová dostatečně podobně jako modelovaná realita, je možné konstatovat, že máme k dispozici nástroj pro zkoumání dopadu změn v daném systému.

Simulační modely nám pomáhají především v:

1. Rychlém získání výstupů (výsledků simulačních experimentů).
2. Grafickém znázornění výstupů simulací.
3. Práci na modelovaném systému v reálném čase.

4. Sledování průběhu simulace (při změně délky, rychlosti, vstupních parametrů).
5. Náznorném pochopení chování celého systému.

Právě poslední bod, tedy názorné pochopení chování modelovaného systému, můžeme využít ve výuce jako názorně demonstračního prostředku výuky. K tomuto účelu lze vhodně využít simulační software Simul8, který je primárně určen pro profesionální využití v průmyslu. Vhodným uchopením lze využít také ve výuce technických předmětů. Pro edukační účely lze po registraci získat bezplatnou plnohodnotnou školní licenci.

2 Modelační a simulační software Simul8

Program Simul8 je určen pro modelování procesů na bázi simulace diskretních událostí. Simulací diskretních událostí nazýváme metodu analýzy chování složitých systémů pomocí experimentování s počítačovým modelem. Při diskretní simulaci nenastávají změny v systému průběžně, ale pouze v okamžiku, který je pro daný systém důležitý. Simul8 je nástrojem pro plánování, navrhování a optimalizaci reálných procesů výroby, logistiky, služeb či ekonomických analýz. Program umožňuje vytvořit vizuální model zkoumaného systému a přehlednou animaci jeho běhu. Vytvořený vizuální model slouží k náhledu nad strukturou takového modelovaného systému. Program umožňuje mimo jiné předpovědět budoucí chování systému, měnit parametry simulací, provádět zátěžové testy, sledovat chování celého systému a provádět výběry optimálních řešení konkrétních situací. Výstupem simulačních modelů mohou být surová data, numerické statistiky, názorné grafy, nebo poměrové hodnoty efektivnosti jednotlivých prvků systému.

Obrázek 1 – Jednoduchý model výrobního procesu v programu Simul8

Modelační a simulační software je tedy efektivním nástrojem umožňující vytvoření počítačového modelu procesu. Zahrnuje faktory ovlivňující celkovou výkonnost a efektivitu procesu, je použitelný na aplikace modelů analýz typu „What if?“. Tato analýza je při tvorbě simulačních modelů jednou z cílových otázek, kdy se ptáme, co se stane, když například:

- Změníme parametry modelu?
- Přidáme další pracoviště?
- Zvýšíme kapacitu výroby o 20 %?
- Změníme počty lidských zdrojů na pracovišti?

Odpověď na tyto otázky můžeme získat vhodným experimentováním se simulačním počítačovým modelem. Takový postup umožní získat strategicky důležité informace dříve, než je aplikujeme do reálného systému. Simulační modely pak s výhodou využíváme pro strategicky důležitá manažerská rozhodování.

Program Simul8 disponuje funkcemi, které můžeme využít při výuce nejen technických předmětů. Jedná se o ekonomické funkce financí a nákladů. Ty přidávají základní aktivitu kalkulace do vytvořeného simulačního modelu. S funkcí finance máme možnost nastavení vstupů kapitálových položek a fixních i variabilních nákladů, které vznikají v reálných systémech a v modelu je dokážeme simulovat. Náklady se nastavují pro jednotlivé objekty modelu samostatně. U každého z objektů můžeme spojit kapitálové náklady, inventář, náklady na zpracování za jednotku kusu a náklady na zpracování za jednotku času. S těmito informacemi může program dynamicky pracovat podle předem zvoleného simulačního scénáře. Funkce finančních analýz je možné s výhodou využít ve výuce ekonomicky zaměřených předmětů, kdy žáci mohou lépe pochopit souvislosti finančních položek a jejich vazby na výrobní systémy využitím fixních a variabilních položek, kdy náklady ve výrobě vznikají nejen jednorázově, ale závisle na délce pracovních cyklů a nákladech na konkrétní výrobní jednotku.

Obrázek 2 – Nastavení parametrů prvků Work Entry Point a Work Center v programu Simul8

3 Základní stavební prvky programu Simul8

V základní struktuře programu Simul8 nalezneme stavební prvky, které jsme upravili pro potřeby modelu výroby. Analogicky lze s těmito prvky pracovat jako se stavebníci a objektově propojovat tyto prvky mezi sebou. Pro potřeby modelace výrobního procesu využijeme především tyto stavební prvky:

- *Work Item (pracovní položka, entita)* – tento prvek modeluje dynamické objekty, které se pohybují systémem, vstupují do něj, vyvolávají aktivity a využívají zdroje, v našem modelu se jedná konkrétně o určitý výrobek.
- *Work Entry Point (vstup)* – obecně se jedná o objekty zachycující vstup entit do systému, v našem modelu zabezpečuje vstup materiálu (polotovaru) do výroby.
- *Work Center (pracoviště, aktivita, činnost)* – tyto objekty modelují aktivity, v našem simulačním modelu konkrétní výrobní procesy.
- *Storage Bin (zásobník, fronta)* – zásobníky jsou předřazené objektům Work Center, předcházejí aktivity, na jejichž provedení čekají v zásobníku entity z důvodu nedostupnosti stroje (obsazení stroje, přetížení).
- *Resource (zdroj)* – jedná se o objekty sloužící pro modelování omezených kapacit pracovníků, které jsou využívány při činnostech. Volíme počet pracovníků vykonávající současně určitou činnost a jim přiřazenou dobu práce.
- *Route (cesta)* – jsou objekty, které propojují v modelu jednotlivé simulační prvky a znázorňují vzájemné návaznosti aktivit, čímž určují materiálový tok v modelovaném systému.

4 Simulační model výrobního procesu

Při tvorbě simulačního modelu výukového výrobního procesu postupujeme obvykle dle následujících na sebe navazujících kroků:

1. *Stanovíme cíl simulačního modelu* – v našem případě je cílem vytvoření názorně demonstračního modelu výrobního procesu.
2. *Provedeme nezbytný sběr údajů, které jsou k simulaci potřebné* – vycházíme z odborné literatury nebo v praxi realizovaného procesu.
3. *Sestavíme konceptuální simulační model* – zakreslíme jednotlivé prvky modelu (vstupy surovin, výrobní procesy, výstupy) a vazby mezi nimi.
4. *Sestavíme počítačový simulační model* – konceptuální model převedeme do digitální podoby.
5. *Prověříme jeho funkčnost a názornost* – ověřujeme, zda funguje stejně, jako reálný proces.
6. *Provádíme výukové simulační experimenty* – vytvořený funkční simulační model slouží k provádění výukových experimentů a ukotvování poznatků a dovedností žáků.

Obrázek 3 – Ukázka simulačního modelu výroby grafitové tužky v programu Simul8

Jak je uvedeno v krocích tvorby výukového simulačního modelu, prvním krokem je stanovení částí, které bude simulační model obsahovat. Obsah modelu musí být takový, aby dosáhl stanovených cílů, v našem případě modelaci a propojení jednotlivých funkčních prvků výrobního procesu. Sestavení samotného modelu také předchází sběr údajů, které jsou potřeba k jeho tvorbě, následné simulaci a výukovým experimentům.

Základní části, které výukový simulační model obsahuje, jsou:

1. *Výrobní prvky* – jejich počet, typy výrobních prvků, kapacita (čas zdržení entity po dobu trvání určité operace, distribuční funkce – náhodná veličina ovlivňující chování systému).
2. *Směr, délka a kapacita materiálových toků* – jejich počet a systém propojení prvků modelu.
3. *Sklady materiálu, přepravy, palety* – nastavujeme maximální kapacitu zásobníků.
4. *Vstupy surovin, lidské zdroje, rozmístění a vzájemné propojení objektů*.

Po stanovení struktury modelu, kdy tvoříme výše zmíněný konceptuální model obvykle na papíře, provedeme jeho sestavení v simulačním software Simul8. To obecně probíhá v malých, na sebe navazujících, krocích. Po jejím dokončení následuje verifikace modelu, což je ověření logiky a přesnosti, jak bude model schopen splnit vytyčené cíle při zadání. V našem případě, co neblíže se přiblížit k reálnému modelu výrobního procesu a názorně demonstrovat posloupnost kroků při výrobě konkrétního výrobku.

Závěr

Použití simulačních modelů je obecně známé především v souvislosti s průmyslovou výrobou, optimalizací výrobních procesů, sledováním efektivity, plánováním a strategickým manažerským rozhodováním v podnicích. Možnosti použití tohoto specializovaného software je ale široké. Úkolem příspěvku bylo nastínit možnost využít modelační a simulační software Simul8 ve vyučovacím procesu a ukázat jednu z možných cest jeho uchopení při výuce technických předmětů. S vytvořeným simulačním modelem je možné provádět výukové experimenty, analýzy, měnit vstupní parametry a zjišťovat, jak se změní chování modelu. Výstup simulačního modelu může být numerický, nebo pro žáky atraktivní grafický formou 2D či 3D animace. Možnosti simulačních programů jsou široké. Simulační modely pak vhodným uchopením a využitím ve výuce technických předmětů mohou u žáků podpořit efektivní rozvíjení představivosti a technické gramotnosti, zvýšit jejich motivaci k technickým oborům a zaujmout své důležité místo ve skupině materiálně didaktických prostředků výuky.

Literatura

- Gros, I. (2016). *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-952-5
- Kavka, L., Kodym, O., Sedláček, M. & Rohleder, M. (2019). Principles Of Industry 4.0 In: *Teaching Of Logistics. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*, SGEM2019 Conference Proceedings. ISBN 978-619-7105-34-6 / ISSN 1314-2704
- Sedláček, M. (2017). *The Use of Simulation Models in Solving the Problems of Merging two Plants of the Company*. Open Engineering, Volume 7, Issue 1, Pages 31-36. ISSN 2391-5439
- Sedláček, M. & Pavelka, H. (2016). *Logistics of Trainsets Creation with the Use of Simulation Models*. Open Engineering. Volume 6, Issue 1, ISSN 2391-5439

- Sedláček, M. (2014). *The Use Of Simulation Models For The Optimalization Of Transport And Logistics Company Processes*. Transport & Logistics, FBERG Košice, Volume 14/2014. ISSN 1451-107X
- Kodym, O., Sedláček, M. & Kavka, L. (2016). Information support for logistic modelling. In: *17th International Carpathian Control Conference ICC2016*, ICC2016 Conference Proceedings, art. no. 7501119, pp. 335-340. ISBN 9781467386050
- Kodym, O., Kavka, L. & Sedláček, M. (2015). Logistic Chain Data Processing. In: *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015*, SGEM2015 Conference Proceedings, Book2 Vol. 1, 183-190 pp. ISBN 978-619-7105-34-6 / ISSN 1314-2704
- Simul8 (2004). *Manual and simulation guide*. Glasgow: SIMUL8 Corp. ISBN 0-97081-100-4
- Hauge, J. & Paige, K. (2004) *Learning SIMUL8: the complete guide*. Bellingham: PlainVu. ISBN 9780970938435
- Dorda, M., Hradil, M. & Mýdlo, L. (2017). *Simulace technologických systémů a procesů*. Ostrava: Vysoká škola báňská. ISBN 978-80-248-3270-8

Kontaktní adresa

Ing. Mgr. Michal Sedláček, Ph.D.

Katedra technické a informační výchovy, Pedagogická fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, Žižkovo nám. 5, 771 40 Olomouc, Česká republika, e-mail: michal.sedlacek@upol.cz