

## SIMULAČNÍ MODELÝ A MOŽNOSTI JEJICH UPLATNĚNÍ VE VÝUCE TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ V KONTEXTU PRŮMYSLU 4.0

SEDLÁČEK Michal, CZ

### Resumé

Příspěvek se zabývá prezentací možností využití konkrétních simulačních modelů ve výuce technicky orientovaných předmětů jako názorně demonstračního prostředku výuky. V rámci příspěvku jsou použity demonstrační simulační modely vytvořené v programu Simul8. Tyto modely jsou zaměřeny na aplikaci teoretických prvků výuky technických předmětů. Počítačové modelování v současné době poskytuje moderní možnost řešení problémů ve složitých technických systémech, jeho aplikace ve výuce může být využita pro názornost a snadnější pochopení posloupností kroků a operací ve výrobních systémech. Příspěvek je zaměřen na ukázkou možností využití simulačních modelů ve vzdělávacím procesu zaměřeném na rozvoj technického myšlení. Výsledkem jsou ukázky výukových simulačních modelů.

**Klíčová slova:** technické vzdělávání, kritické myšlení, názorně demonstrační prostředky výuky, simulační model, Simul8, Průmysl 4.0.

### SIMULATION MODELS AND POSSIBILITIES OF THEIR APPLICATION IN TEACHING TECHNICAL SUBJECTS IN THE CONTEXT OF INDUSTRIE 4.0

### Abstract

The paper deals with the presentation of the possibilities of using specific simulation models in the teaching of technically oriented subjects as a demonstration models. The demonstration simulation models were created in Simul8 software. These models are focused on the application of theoretical elements of teaching technical subjects. Computer modeling currently provides a modern problem-solving capability in complex engineering systems, and its application in education can be used to illustrate and facilitate understanding of sequence of steps and operations in manufacturing systems. The paper is focused on demonstrating the possibilities of using simulation models in the educational process focused on the development of technical thinking. The results are examples of educational simulation models.

**Key words:** technical education, critical thinking, demonstration means of teaching, simulation model, Simul8, Industry 4.0.

### Úvod

V současné době technické vzdělávání nabývá na významu a stává se nedílnou součástí kurikul vzdělávacích programů základních i středních škol v České republice. Důvodem je stále větší poptávka výrobního sektoru po kvalifikovaných pracovnících, kteří nebudou pouze ovládat stroje ve výrobě jako operátoři, ale budou schopni optimalizovat práci na strojních zařízeních či zlepšovacemi návrhy optimalizovat komplexní výrobní procesy. Důraz je kladen na odborné kompetence spojené s obsluhou strojů a optimalizací procesů ve firmách. Vzniká tak potřeba technicky vzdělaných a smýšlejících pracovníků. Tohoto stavu lze dosáhnout vhodnou implementací metod rozvíjejících technické myšlení do vzdělávacího procesu již na základních, poté na středních a následně na vysokých školách. Jednou z možností je použití metody kritického myšlení s využitím simulačních

modelů. Simulační modely vhodnou a názornou formou umožní žákům pochopit prvky a vazby v technických systémech a rozvíjet u nich tvořivost a technické myšlení.

Obsah výuky technických předmětů je v současné době vymezen přístupy, které se od sebe odlišují svým pojetím a zaměřením. Jeden je orientován na výuku praktických činností s materiálem a pracovními postupy, druhý na teoretické základy techniky a technologie a třetí se orientuje na počítačem podporovanou výuku. Výrazným faktorem, se kterým se v současnosti učitelé na školách setkávají, je motivace žáků k výuce. Učitelé stojí před otázkami, jakým způsobem prezentovat učební látku žákům tak, aby je bavila a zároveň ukotvovali nabyté vědomosti, zkušenosti a návyky. Moderní pedagogika klade důraz na rozvoj kritického myšlení u žáků a propojení teorie s praxí. Zároveň klade důraz na aktuálnost předávaných informací, celkovou modernizaci obsahu vzdělávání, zlepšení kvality výuky technických předmětů a zvýšení zájmu o technické předměty. Tímto tématem se ve své práci zabývá V. Tvarůžka (Tvarůžka, 2017).

Využití simulačních modelů ve výuce může být jedním z vhodných prostředků výuky, které svou podstatou mají vysoký motivační potenciál a umožní rozvíjení technického myšlení experimentováním na konkrétních demonstračních modelech.

## 1 Počítačová simulace

Počítačová simulace, a s ní spojená tvorba simulačních modelů, nachází své uplatnění při řešení problematiky optimalizace výrobních, distribučních a jiných systémů, kde se setkáváme s otázkami: „Jak odstranit problémy v procesu?“, „Jak modernizovat a zlepšit proces, resp. celý logistický systém?“. Pod pojmem simulace pak rozumíme experimentování s počítačovým modelem takového reálného systému. Simulace pomáhá odstranit nedostatky analytických metod, je zároveň náročnější na čas (sestavení modelu, testování modelu, plánování a vykonávání experimentů) i na přípravu vstupních údajů.

Simulace je technologie, která dává přesnou a celkem rychlou odpověď na kladené otázky typu "Co když ...?". Formulace takových otázek může být „Co když přidáme kapacitu pracoviště?“, „Co když se pokazí stroj?“, „Co když sloučíme operace?“. Mezi hlavní důvody, proč použít simulace, může být realizace projektu, která je v praxi nemožný, ještě neexistuje, je příliš nebezpečný, nebo nastala aktuálně potřeba předpovědi budoucího chování systému.

Nejčastější otázky nebo problémy, které lze řešit prostřednictvím simulačních modelů výrobních procesů mohou být:

- Jak velké mají být sklady nebo zásobníky?
- Jaké má být uspořádání pracoviště?
- Jaká je optimální dávka?
- Jak jsou využité zdroje?
- Jaký je vliv poruch na chování systému?

Prvním krokem, než začneme simulovat libovolný logistický proces, je stanovit cíle simulace. Následuje sběr údajů, které jsou potřeba k simulaci, sestavení simulačního modelu a jeho prověření. Předposledním krokem je pak provádění simulačních experimentů, kdy nejde jen o náhodné testování modelu metodou zkoušek a omylů. Je potřeba přesně připravit experimenty, u kterých bude jednoznačně stanoveno simulované období, počet simulačních kroků, stanovení počátečních podmínek a podobně. Posledním krokem je zapracování výsledků simulace do reálného systému. 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).

Při tvorbě simulačních modelů uplatňujeme tzv. systémový přístup. Systém je hypotetický pojem, který si člověk zvolil pro zjednodušení pohledu na reálné objekty kolem sebe. Zvolil si je proto, aby lépe poznal vlastnosti reálných objektů, mohl je lépe řídit, nebo měnit jejich stavy či vlastnosti. Systémy tvoříme proto, abychom mohli modelovat vlastnosti skutečných reálných objektů. Po vytvoření systému jej můžeme redukovat již na model systému. Je to obvykle matematický model, který můžeme realizovat na počítači, případně jej vytvořit v prostředí virtuální reality. Většina modelovaných systémů je dynamických. Dynamický systém je v každém okamžiku v určitém stavu, událost je pak změnou stavu tohoto dynamického systému. Systémem procházejí prvky tzv. entity. Tyto prvky umožňují porozumět chování daného systému.

Hlavní výhodou simulačních modelů lze spatřit v možnosti jednoduše se dostat k výsledkům, ke kterým bychom se dopracovali jinak složitější cestou. Specializovaný software obsahuje celou řadu výstupů, které práci nejen usnadní, ale i žákům graficky znázorní. Umožňuje práci v reálném čase, sledování průběhů simulace, stanovení vstupních podmínek, její délky, rychlosti a dalších parametrů. Smyslem modelování v simulačním software je tak zabrat malou část celkové reality procesů. Pokud vytvoříme model nějakého problému, je nutné zohlednit tolik prvků systému, kolik jich je třeba k vyjádření chování daného problému. 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.



Obrázek 1 – Konceptuální model chytré továrny Průmyslu 4.0 (zdroj [www.siemens.com](http://www.siemens.com))

## 2 Simulační modely v kontextu Průmyslu 4.0

Použití simulačních modelů v průmyslovém sektoru nabylo významu s přípravou nové koncepce průmyslu označovaného Průmysl 4.0. Myšlenka hlubšího propojení informačních technologií a fyzických výrobních systémů se datuje k roku 2011. Hlavní myšlenkou byl vznik chytrých továren, které budou využívat kyberneticko-fyzikální systémy (obr. 1). Tyto systémy by v budoucnu mohly převzít jednoduchou a opakující se práci, kterou dosud dělají lidé. Rutinní práce ve výrobních systémech pak převezmou automatizované robotické systémy, které se budou do jisté míry řídit samy včetně svého nastavení a předpovědi budoucího chování systému. Mluvíme tak o digitálním modelu reálného systému, který je virtuální replikou fyzického zařízení. Takovou repliku nazýváme digitálním dvojčetem reálného systému.

Jak takové digitální dvojče funguje? Pomocí specializovaného software, například CAD software, vytvoříme počítačový grafický model výrobku. Otevřeme jej jako 3D model v příslušném software, například PLM software vyvinutým firmou Siemens. Takový software umožňuje vytvořit tisíce variací daného produktu, jako kdyby proběhla jeho fyzická výroba. Využívají se techniky zpracování velkých objemů dat nazývaných Big Data. V modelu jsou to například popisy produktů, výrobní postupy, tolerance produktů a jeho součástí. Ve finále získáme digitální dvojče výrobku se všemi detaily ohledně mechanizace, automatizace a zdrojů (obr. 2) (Cejnarová, 2017).



Obrázek 2 – Ukázka aplikace digitálního dvojčete v Industrie 4.0 (zdroj [www.anasoft.com](http://www.anasoft.com))

Myšlenkou Průmyslu 4.0 je tedy provázání návrhu produktu s výrobním ekosystémem. Princip digitálního dvojčete můžeme žákům demonstrovat na následujícím příkladu. Dojde-li ke změně výrobku a výrobní systém vyžaduje použití nového stroje nebo robotického pracoviště, technici, kteří provádějí simulaci, díky ní zjistí, zda například robot nebude vzhledem ke své velikosti kolidovat s ostatními prvky výrobního systému. Technik pak může na základě simulace provést potřebné úpravy a návrhy na nové uspořádání výrobní linky. Problematice Průmyslu 4.0 ve výuce technických předmětů se věnujeme podrobněji v jiné odborné publikaci (Kavka, 2019).

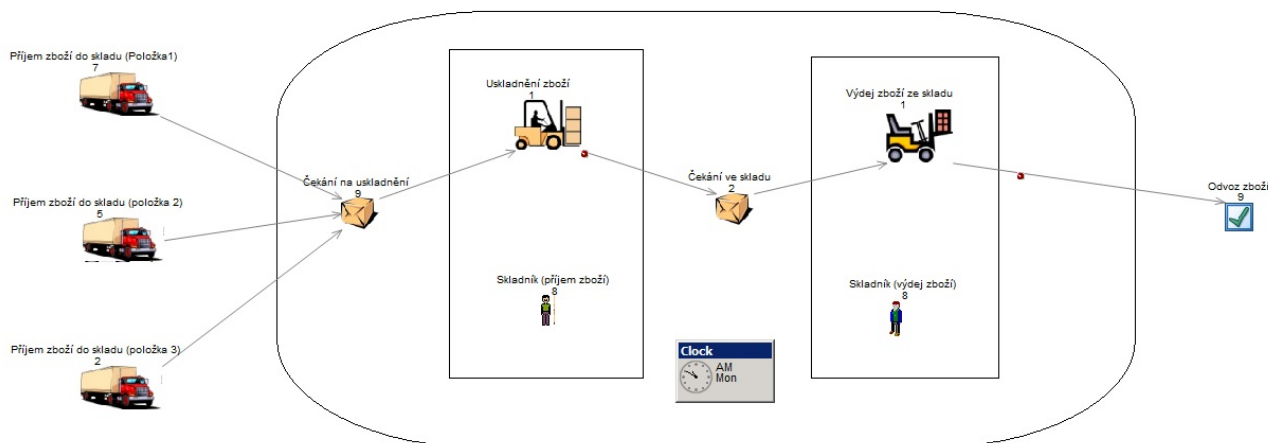
## 3 Výukové simulační modely

V současné době existuje množství softwarových nástrojů umožňujících vytvořit diskrétní simulační model. Některé jsou zaměřeny pouze na konkrétní oblast modelování, jiné je možné využít pro

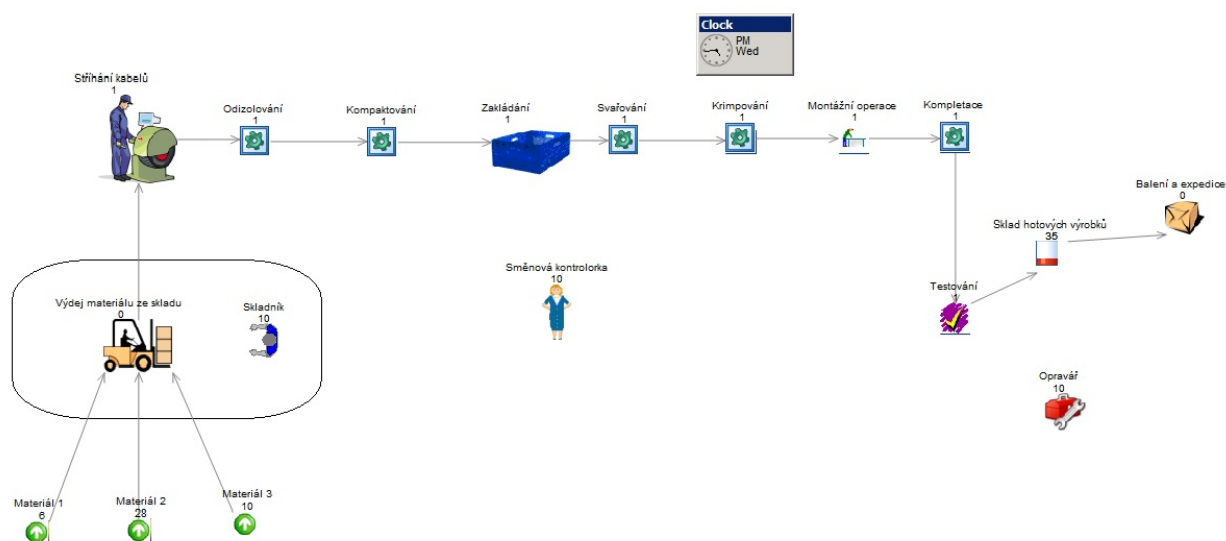
simulaci jakýchkoliv procesů. Můžeme zde jmenovat simulační software Simul8, Witness, Plant Simulation, Simprocess, NetLogo. V rámci příspěvku jsou použity výukové simulační modely vytvořené v programu Simul8, který je určen pro modelování procesů na bázi simulace diskrétních událostí. Program umožňuje vytvořit vizuální výukový model a názornou animaci jeho běhu. Vytvořený vizuální model slouží k přehlednému náhledu nad strukturou modelovaného systému. Jako ukázkové výukové simulační modely byly vybrány čtyři, a to model systému skladového hospodářství, dva modely výrobních systémů a model služeb v restauraci.

### ***Simulační model systému skladového hospodářství***

Jako první výukový simulační model byl zvolen model skladu (obr. 3). Jedná se o jednoduchý model, který žákům umožňuje lépe chápat materiálové toky a základní operace ve skladovém hospodářství. Vstupy simulačního modelu demonstrují příjezdy nákladních automobilů v předem stanovených časových intervalech. Následuje jejich vykládka, naskladnění, vyskladnění a odvoz zboží. Základní entitou simulačního modelu je paleta, která demonstruje běžnou manipulační jednotku druhého řádu v logistickém systému. V simulačním modelu jsou zohledněny operace naskladnění proměnlivého počtu palet dle nastavení parametrů příjezdějících nákladních automobilů, zohledněny kapacity skladových prostorů a využity kapacity pracovníků přiřazených k nakládce a vykládce zboží.



Obrázek 3 – Simulační model distribuce (základní skladové operace) v programu Simul8

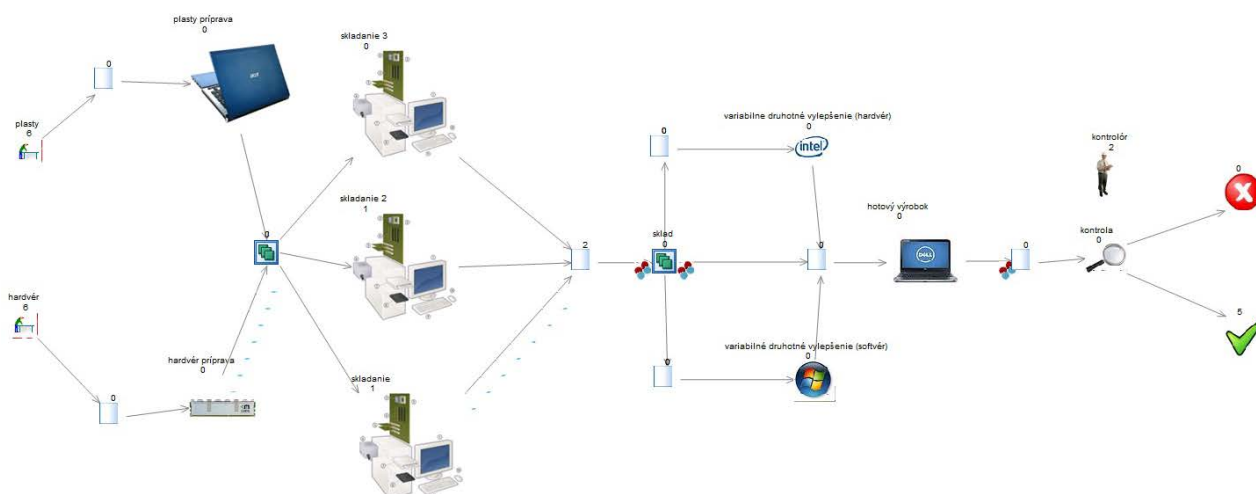


Obrázek 4 – Simulační model výroby (operace při výrobě elektrických kabelů) v programu Simul8



### Simulační model výroby

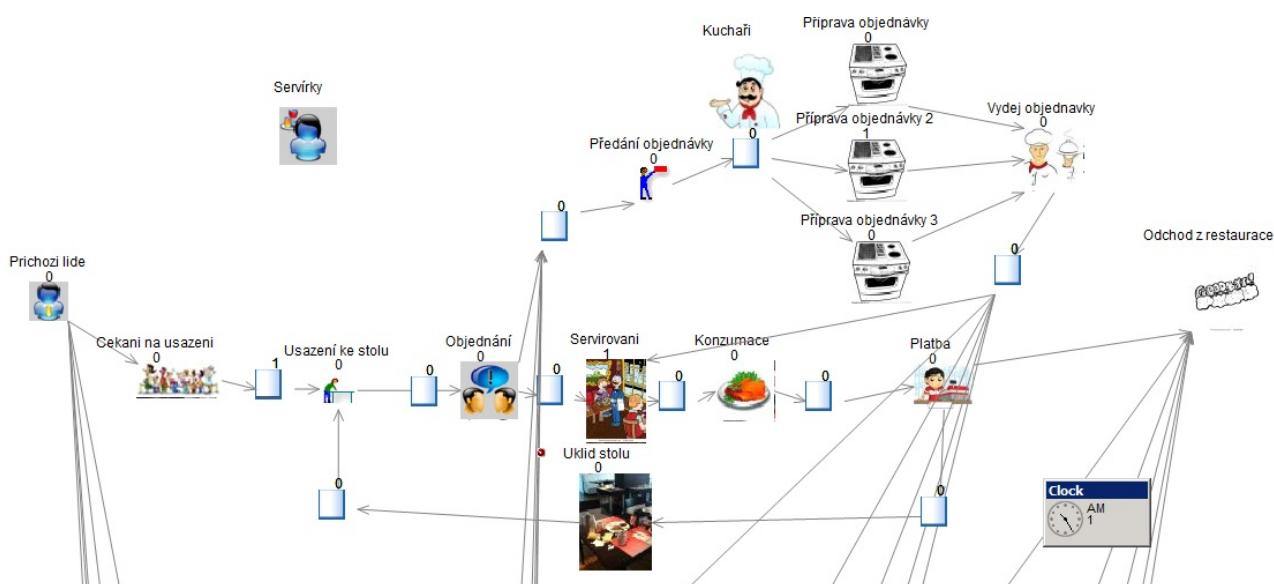
Jako výukové demonstrační modely výrobních systémů byl zvolen model výroby elektrických kabelů (obr. 4) a model postupu montáže počítačů (obr. 5). Tyto modely žákům umožňují lépe pochopit výrobní kroky, materiálové toky a základní operace spojené s výrobním systémem. Vstupy simulačního modelu demonstruje proces naskladnění surovin a komponent potřebných pro výrobu. Následují výrobní operace, montáže, kontrola, balení a expedice zboží. Základní entitou simulačního modelu je polotovár postupující výrobními kroky, nebo komponent procházející kompletací a montáží finálního výrobku. V simulačním modelu jsou zohledněny výrobní postupy a montážní operace, zohledněny jsou také kapacity pracovníků přiřazených k jednotlivým operacím.



Obrázek 5 – Simulační model výroby (kompletace PC a kontrolní postupy) v programu Simul8

### Demonstrační model služeb

Jako poslední výukový demonstrační model byl zvolen model služeb v restauraci. Jedná se o demonstrační model, který žákům umožňuje pochopit materiálové toky, operace a postupy spojené s obsluhou zákazníků v restauračním zařízení.



Obrázek 6 – Simulační model služeb (informační a materiálové toky v restauraci) v programu Simul8

Vstupy simulačního modelu demonstrují příchody zákazníků v časově proměnných intervalech, usazení k uklizenému stolu, obsluha zákazníka, příprava pokrmů, konzumace, zaplacení, odchod zákazníka a úklid stolu. Demonstrační model služeb v restauraci umožní žákům pochopit základní kroky, které je nutné dodržet při tvorbě libovolného simulačního modelu. Jedná se především o přípravu a tvorbu konceptuálních modelů, kdy celý systém rozdělíme na jednotlivé prvky, stanovíme vazby mezi nimi, nastavíme posloupnosti kroků a časového zdržení entit v systému. Grafické znázornění modelu pak vhodně zastoupí důležitou názorně demonstrační funkci výukových simulačních modelů. Jejich prezentace je možná ve 2D nebo 3D provedení, kdy simulačními modely je možné procházet a získat tak ucelenou představu o vazbách a prvcích modelovaných systémů.

## Závěr

Simulační modely, s ohledem k současnému důrazu na potřebu rozvíjení technické gramotnosti u žáků základních, středních a vysokých škol, a s tím spojené poptávce po vzdělaných pracovnících v technických oborech, zaujímají důležité místo ve skupině materiálně didaktických prostředků výuky. S využitím graficky názorných simulačních modelů žáci lépe pochopí prvky a vazby v technických systémech. Práce se simulačními modely umožňuje plánování, předvídání a tvoření. Simulační modely mohou zvýšit motivaci žáků k technice a podpořit hlubší propojení teorie s potřebnou technickou praxí. Takový přístup využívající moderní prostředky výuky může žáky připravit do praxe, kde nové místo zaujmou technicky vyspělé kybernetické systémy, dnes tolik skloňovaného, a pro mnohé do jisté míry magického slovního označení, Průmyslu 4.0.

## 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
- Cejnarová, A. (2017) *Digitální dvojče: virtuální*. Visions. Praha: Siemens s.r.o. ISSN 1804-364X
- Tvarůžka, V. (2017) *Paradigma techniky v konceptu propagace studia technických předmětů*. Trendy ve vzdělávání. Olomouc: PdF UP. DOI: 10.5507/tvv.2017.017
- 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 Optimization 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 ICCO 2016*, ICCO2016 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

**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](mailto:michal.sedlacek@upol.cz)