

**Príklad využitia simulácie v logistike****Example of simulation use in logistics**doc. Ing. Nikoleta Mikušová, PhD.<sup>1</sup>**Abstrakt**

Príspevok prezentuje poznatky o logistike, simulácii a simulačných modeloch v logistike. Využitie simulácie v logistike je v príspevku znázornené prostredníctvom výrobného procesu, tvorby modelu výrobného procesu a realizácie simulačného experimentu pre analyzovaný výrobný proces. Prezentovaný simulačný model je funkčným modelom a možnosť pre získanie údajov pre vývoj skutočného výrobného procesu v budúcnosti.

**Kľúčové slová**

Logistika, simulácia, model

**Abstract**

The paper presents knowledge about logistics, simulation and simulation models in logistics. The use of simulation in logistics is in this paper presented by the production process, model creation for production process and realization of simulation experiment for the analyzed production process. The presented simulation model is a functional model and also a possibility to obtain data for the development of the real production process in the future.

**Key words**

logistics, simulation, model

**Úvod**

Logistika predstavuje vedu, ktorá sa zaoberá jednotlivými časťami skutočného sveta v podobe logistických systémov. V tomto zmysle je možné logistický systém chápať ako systém, ktorého úlohou je riadiť, zabezpečovať a súčasne aj realizovať logistické toky a logistické reťazce. Prvkami logistického systému sú aktívne a pasívne prvky. Aktívne prvky logistického systému (napríklad zariadenia, stroje, činnosti, ľudia a pod.) uskutočňujú aktivitu, pohyb pasívnych prvkov logistického systému (napríklad materiál, informácie, výrobky a pod.). Týmto spôsobom sa v rámci logistického systému vytvára

---

<sup>1</sup> Technická Univerzita v Košiciach, F BERG, Ústav logistiky, Park Komenského 14, 040 01 Košice, email: nikoleta.husakova@tuke.sk

logistický tok. Zároveň je potrebné zdôrazniť, že okolie logistického systému kreujú iné logistické systémy, v dôsledku faktu, že na každý proces, objekt sa musíme pozeráť ako na logistický systém. Logistické systémy sú tvorené z konečného počtu aktívnych prvkov, ktoré vytvárajú reťazce a siete, v rámci ktorých sa realizujú alebo prebiehajú logistického toky. Pre logistické systémy je v dôsledku veľkej zotrvačnosti, dlhého transformačného cyklu, ich stochastického charakteru, je účelnejšie použiť dopredný systém riadenia (označovaný ako feed forward) [1,2]. Práve dopredný systém riadenia vytvára teoretický základ logistiky a preto je možné logistiku chápať ako vedu o riadení tokov. Môžeme hovoriť o výhode tohto systému riadenia, a to predovšetkým v potenciálnej invariantnosti systému, teda na logistickej štruktúre je možné vytvoriť riadenie, ktoré je schopné zabezpečiť nezávislosť výstupov na poruchách.

### **1. Simulácia a simulačný model v logistike**

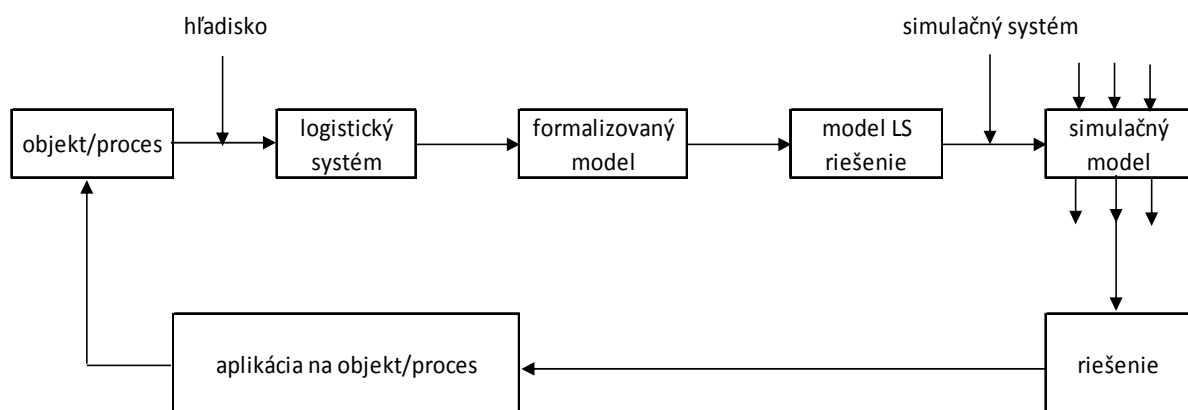
Vo všeobecnosti je možné povedať, že simulácie predstavuje metódu, v rámci ktorej sa hľadá, kalkuluje stav alebo správanie sa reálneho systému na základe modelu [2]. Simulácia ako metóda bola vyvinutá v druhej polovici minulého storočia a pri zrode simulácie „stáli“ vojenského potreby. Napríklad počas 2. svetovej vojny bola simulácia nasadená pre projekt Manhattan, kde sa pomocou simulácie modeloval proces nukleárnej detonácie [3]. Podstata, význam simulácie sa s pokrokom doby neustále vyvíjali. Ako príklad definícií simulácie je možné uviesť definíciu podľa Dahla, ktorý definuje simuláciu ako metódu, v rámci ktorej sa napodobňuje alebo aj nahrádza reálny systém pomocou simulačného modelu, na ktorom je možné realizovať experimenty a súčasne získané výsledky je možné reverzne aplikovať na reálny systém. V uvedenom kontexte autor chápe simulačný model ako model, na ktorom sa realizuje množina pokusov a výsledky sú následne štatisticky spracované [4]. Naylor definoval simuláciu ako numerickú metódu, ktorá je založená na experimentovaní s matematickými modelmi reálnych systémov pomocou číslicových počítačov. Alebo Shannon definoval simuláciu ako proces kreovania modelu reálneho systému a vykonávanie experimentov pomocou týchto modelov s cieľom dosiahnuť lepšie pochopenie správania sa študovaného systému s cieľom posúdiť rôzne varianty aktivít systémov [5]. Ako uvádza Malindžák [2] simulačné modely sú vo väčšine prípadov funkčné modely, ktoré napodobňujú chovanie a funkcie systému, a ktoré menia reálny systém do formalizovaného systému hromadnej obsluhy.

### **2. Využitie simulácie v logistike**

Pre názornosť a pre potrebu veľmi jednoduchého chápania vzťahu simulácie, modelu a simulačného modelu je na Obr. 1 znázornená postupnosť celého vzťahu v rámci logistického systému, od objektu alebo procesu, cez formalizovaný model, model logistického systému a končiac

proces aplikáciou na objekt alebo na proces. Zjednodušene je možné povedať, že simulácia sa v absolútnom chápaní využíva vždy, keď sa využíva model. Simuláciu v logistike je možné využiť, ak [2]:

- sa vytvára a transformuje/rekonštruje logistický systém – v rámci kreovania logistického systému je možné logistický systém chápať ako systém hromadnej obsluhy, kde sa hľadá vhodné umiestnenie, layout, topológia, štruktúra logistického systému,
- sa hľadá optimálne riešenie alebo sa realizuje optimalizácia logistického systému – pri hľadaní rôznych systematických riešení na kreovanom modeli logistického systému sa menia parametre vstupu, kapacity skladov, výrobné alebo dopravné dávky, trasy a podobne. Je možné povedať, že sa optimalizuje logistický systém (LS),
- sa verifikuje realizovateľnosť plánov, ktoré sa uskutočňujú prostredníctvom plánovacích modelov. Je potrebné si uvedomiť, že v rámci tvorby modelov plánov výroby, obchodu, operatívnych plánov a pod., sa nikdy nezohľadňujú všetky limity logistického systému. Vo väčšine prípadov sa jedná o plánovanie cez úzke miesta a tiež je dôležité zohľadniť aj to, že sa veľmi zložito zohľadňujú vzájomné pôsobenia medzi jednotlivými výrobnými, dopravnými a skladovacími operáciami [6].



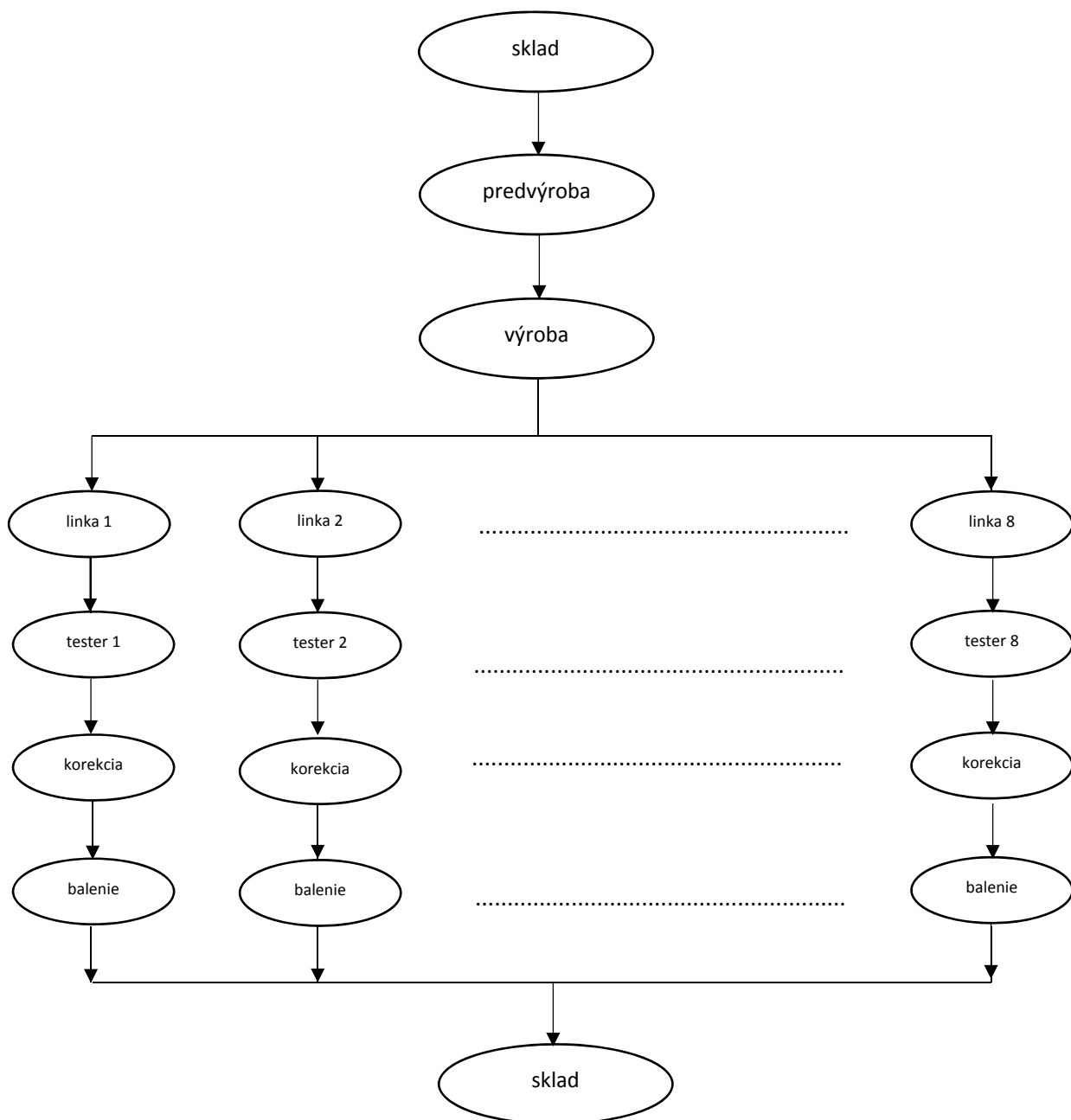
Obr. 1 Znáznornenie vzťahu simulácia – model – simulačný model (podľa [2])

V nadväznosti na vyššie uvedené fakty a taktiež na stochastický charakter procesu v rámci logistického systému je často krát simulácia jedinou alternatívou pre objektivizáciu v rámci kreovania optimalizácie a overovania činnosti logistického systému.

### 3. Príklad využitia simulácie v logistike

Využitie simulácie v logistike je v príspevku prezentovaný prostredníctvom modelu a simulačného experimentu pre výrobný proces v spoločnosti so sídlom na východnom Slovensku, ktorá sa zaoberá

produkciou káblových zväzkov, automobilových prístrojov a komponentov, solárnych systémov, vodičov a plynových zariadení. Základom tvorby simulácie je vývojový diagram pre výrobný proces v analyzovanej spoločnosti, ktorý prezentuje proces produkcie káblového zväzku, od bodu uskladnenia vodičov, predvýrobnej fázy s úpravou materiálu na determinovanú dĺžku a samozrejme množstvo (Obr. 2). Výrobný proces ďalej postupuje do fázy samotnej výroby, kde je výroba rozdelená na 8 výrobných liniek. Po produkčnom procese prechádza výrobok, v našom prípade káblový zväzok, do etapy testovania, po ktorej nasleduje proces balenia do baliacich vakov s následným premiestnením do skladu (výrobok čaká ďalej na export).



Obr. 2 Vývojový diagram pre analyzovaný výrobný proces

Pre realizáciu simulácie, resp. simulačného experimentu sa použil simulačný program Extend, ktorý predstavuje najjednoduchší simulačný jazyk kombinujúci diskretnú a spojitú simuláciu. V rámci tvorby simulačného experimentu boli použité 3 knižnice vyššie uvedeného simulačného programu – knižnica DE.LIX, GENRIC.LIX a PLOTTER.LIX. Postup tvorby modelu a použité časti simulačného programu je možné zhrnúť do nasledujúcich etáp:

1. Otvorenie novej plochy prostredníctvom výberu z hlavného menu knižnice (položka Library);
2. Výber troch knižníc (viď. vyššie uvedené);
3. Pridanie bloku Executive – tvorí základ každého modelu a riadi priebeh diskretnej simulácie;
4. Pridanie bloku Generator – jeho úlohou je generovať vstupné požiadavky. Je potrebné po otvorení bloku zadať do položky Distribution hodnotu constant, time units (pre zadanie času – minúty) a položku Constant (zadaná hodnota 0,08 min, t.j. každých 0,08 min pustí blok Generator jednu položku do systému);
5. Napojenie bloku Generator na blok Activity Delay – prezentuje predvýrobnú časť výrobného procesu;
6. Na blok Activity Delay sa opätovne napojí blok Activity Delay – prezentujúci v tomto prípade riešenia dopravu materiálu, ktorý pochádza z predvýrobnej činnosti a smeruje do výrobnéj haly (pri nastavení simulácie je zadané v danom bloku zdržanie 0,04 min);
7. Výstup bloku Activity Delay sa v ďalšej fáze tvorby modelu napojí na blok Activity Service, následne na blok Decision, kde vstup sa prepojí s blokom Count Items;
8. Na vstup bloku Count Items je následne napojený blok Select DE Output s dvomi výstupmi. V nasledujúcom kroku sa ďalej pridáva sedem blokov Select DE Output, pričom do blokov a ich položiek One of every sa zadá o jednu viac hodnota, t.j. prvý blok má hodnotu 1 a posledný blok má hodnotu 8, pričom jednotlivé bloky prepojíme medzi sebou;
9. V ďalšom kroku výstupy blokov Select DE Output sú pripojené na vstupy blokov Set Value, čo znamená pre tvorbu modelu pripojenie 8 blokov Set Value (do bloku sa po jeho otvorení zadáva hodnota 10, prezentujúca dĺžku jedného káblového zväzku);
10. Následne sa pridá blok Queue FIFO – plniaci funkciu radu pre čakajúce požiadavky, kde požiadavky vstupujú a vystupujú týmto systémom. Na jednotlivé výstupy tohto bloku sa napojí blok Batch (je potrebných 8 týchto blokov);
11. Bloky Batch sú napojené následne na 4 bloky Activity Delay. Keďže výrobný proces je tvorený 8 linkami, je potrebných spolu 32 blokov Activity Delay (tento blok prezentuje zdržanie materiálu na určitých častiach výrobného procesu);
12. Ďalšie použité bloky tvorí blok Combine – na zlúčenie všetkých vstupných výrobkov z dvoch rôznych zdrojov do jedného. Predposledným použitým blokom je blok Exit, na ktorý ešte nadväzuje blok Plotter Discrete Event pre tvorbu grafu priebehu simulácie.

Simulačný experiment – prezentuje jednoduchú výrobu, týždennú výrobu a mesačnú výrobu pre káblové zväzky počas 3 smien (čas výrobného procesu pre 1 deň je 1 350 min, pre týždeň je 8 100 min a za mesiac 36 450 min. V hlavnom menu simulačného programu sa pre simuláciu otvorí položka Run a následne zložka Simulation Setup (do položky End Simulation at time sa zadáva hodnota 1 350 a do položky Global time units sú zadané minúty). Po zadaní času a jednotiek sa následne spúšťa simulácia prostredníctvom položky Run now. Výstupom simulácie sú 3 grafy, prezentujúce celkové množstvo hotových výrobkov priebehu jedného dňa, týždňa a mesiaca.

## Záver

Simulácia a modelovanie sa v súčasnosti veľmi často používajú pri riešení rôznych logistických a aj nelogistických problémov. Prostredníctvom simulácie je možné riešiť súčasné existujúce výrobné procesy alebo aj riešiť nedostatky v procese výroby. Simulácia predstavuje stále jednoduchšie riešenie problémov alebo riešenie nových výziev napríklad pri zavádzaní nových častí výrobného procesu, a to z ekonomických, časových a environmentálnych hľadísk. Hlavným cieľom prezentovaného simulačného experimentu analyzovanej výrobnéj spoločnosti bolo poskytnúť a prezentovať prijateľný spôsob pre riešenie problémov prostredníctvom simulačného experimentu. V prípade, ak by spoločnosť chcela vylepšiť svoj výrobný proces, znížiť náklady alebo urýchliť proces výroby, je možné namiesto reálneho uskutočnenia, simulovať priebeh výrobného procesu pomocou vytvoreného simulačného modelu.

## Literatúra

- [1] Bruggeman, W. et al. 2005. Modeling logistics costs using time-driven ABC: A case in a distribution company. Universitet Gent, Faculteit ekonomie. 2005. 51 p. online. Cit. 2017-02-03. Available on: [http://costkiller.net/.../Modeling-Logistics-Costs-using-Time-Driven-AB...>](http://costkiller.net/.../Modeling-Logistics-Costs-using-Time-Driven-AB...)
- [2] Malindžák, D. et al. 2009. Modelovanie a simulácia v logistike. TU Košice. 182 s. 2009. ISBN 978-80-553-0265-2
- [3] Law, A.M. – Kelton, W.D. 1991. Simulation modeling and analysis. McGraw-Hill, Singapore, 2nd edition. 749 p. ISBN 0-07-100803-9
- [4] Fotr, J. et al. 2006. Manažerské rozhodování. Postupy, metody a nástroje. Praha: Ekopress, 2006. ISBN 80-86929-15-9
- [5] Hálek, I. – Palatová, D. – Škapa, R. 2005. Systémy řízení. 1. vyd. Brno. 123 s. ISBN 80-210-3650-8
- [6] Malindžák, D. – Takala, J. 2005. Projektovanie logistických systémov. Košice, TU: 2005. ISBN 80-8073-282-5
- [7] Malindžák, D. et al. 2007. Teória logistiky. TU: Košice, 2007. ISBN 978-80-8073-893-8