

## Modely a simulácia v logistike

*Dušan Malindžák<sup>1</sup>*  
garant konferencie LOaDO 2009

### *Models and simulation in logistics*

Modely, simulačné modely, analytické modely a pod. sú pojmy, ktoré sa dnes často vyskytujú v diskusiách a prácach odborníkov vo všetkých oblastiach riadenia.

Uvažujme o podstate modelov, tvorbe modelov a ich využívaní.

Začneme všeobecnou úvahou. Model je určité zjednodušenie objektu alebo procesu. Je vytvorený na nejakom alebo podľa nejakého reálneho objektu procesu.

Modelovanie chápeme ako vytváranie modelov. Simuláciu ako výpočet a experimentovanie s modelom.

Logistika chápe a zaoberá sa časťami reálneho sveta ako logistickými systémami LS. Logistický systém je systém, ktorý riadi, zabezpečuje a realizuje logistické toky a reťazce. Logistický systém je systém, ktorého aktívne prvky sú stroje, zariadenia, ľudia, činnosti, procesy realizujú "pohyb" pasívnych prvkov materiály, výrobky, informácie, peniaze, ľudia, atď., vytvárajúcich toky. Okolím logistického systému sú iné logistické systémy, pretože na každý objekt proces sa môžeme pozerať ako na logistický systém.

Logistické systémy sa skladajú z konečného počtu aktívnych prvkov vytvárajúcich reťazce a siete, v ktorých logistické toky prebiehajú.

Sú to systémy s veľkou zotrvačnosťou, dlhým transformačným cyklom (časom), t.j. ich reakcia na zmeny, riadiace zásahy nie je okamžitá ako napr. u technických systémov. Sú to systémy väčšinou s ľudským faktorom, stochastického alebo pravdepodobnostného charakteru. Pre tieto systémy je z hľadiska kybernetiky výhodnejšie aplikovať dopredný systém riadenia „feed forward“ [1], [2]. Z ich štruktúry vyplýva využitie viacerých typov modelov:

Zo štruktúry na obrázku 1 vyplýva, aké typy modelov je potrebné vytvárať a používať v logistike.

1. Modely pre projektovanie LS, t.j. modely pre alokáciu podniku, distribučného centra, skladov a pod.; modely layoutu budov, strojov, zariadení pracovísk; modely pre organizačnú štruktúru výrobných procesov; modely pre tvorbu stratégií kapacít, výroby, výrobnú stratégiu; modely reťazcov podnikov, atď., t.j. modely činností a rozhodnutí strategického dlhodobého významu tzv. makrologistické modely. Hoci väčšina z týchto modelov je jednorázovo aplikovaná, má zmysel ich vytvárať a aplikovať kvôli závažnosti rozhodnutí pomocou nich pripravených.
2. Modely mikrologistických procesov, pravidelne sa vo firme opakujúcich, modelujúcich procesy najmä vnútorného fungovania firmy. Tieto možno rozdeliť do troch skupín:
  - o PM – modely plánovacieho charakteru pre definovanie cieľov a správanie LS ako sú modely pre prípravu ročného vykonávajúceho plánu výroby a obchodu, kapacitné plánovanie výroby opakujúce sa v perióde rok, mesiac, týždeň, rozvrhovanie výroby pre výrobné linky, stroje, pracoviská, operačné plány distribúcie a dopravy opakujúce sa napr. denne, výpočet objemu, času a zásobovanie, dávky v zásobovaní, modely pre hodnotenie a výber dodávateľov a pod.
  - o MLS (modely logistických systémov) – môžu vo väčšine prípadov použiť PM modely, na ktorých sa odsimulujú zmeny v parametroch vstupných veličín (zrušenie zákaziek, vyradenie zákaziek, zmena objemu zákazky, noví odberatelia v distribučnom systéme, nové stroje vo výrobe), sieťové modely pre určenie kritickej cesty pri projektovom riadení, odsimulovanie plánu výroby a distribúcie prostredníctvom systémov hromadnej obsluhy, simulačné modely, Ganttové diagramy zobrazujúce priebeh realizácie procesov a pod.
  - o RS – modely pre podporu rozhodovania (ako sú krivky životnosti výrobkov, S-krivky v dispečerskom riadení, modely prognózovania v strategickom plánovaní a ročnom plánovaní, atď.).

<sup>1</sup> Dr.h.c. prof. Ing. Dušan Malindžák, CSc., Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, 055/602 3125, [dušan.malindzak@tuke.sk](mailto:dušan.malindzak@tuke.sk)  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 25. 1. 2010)

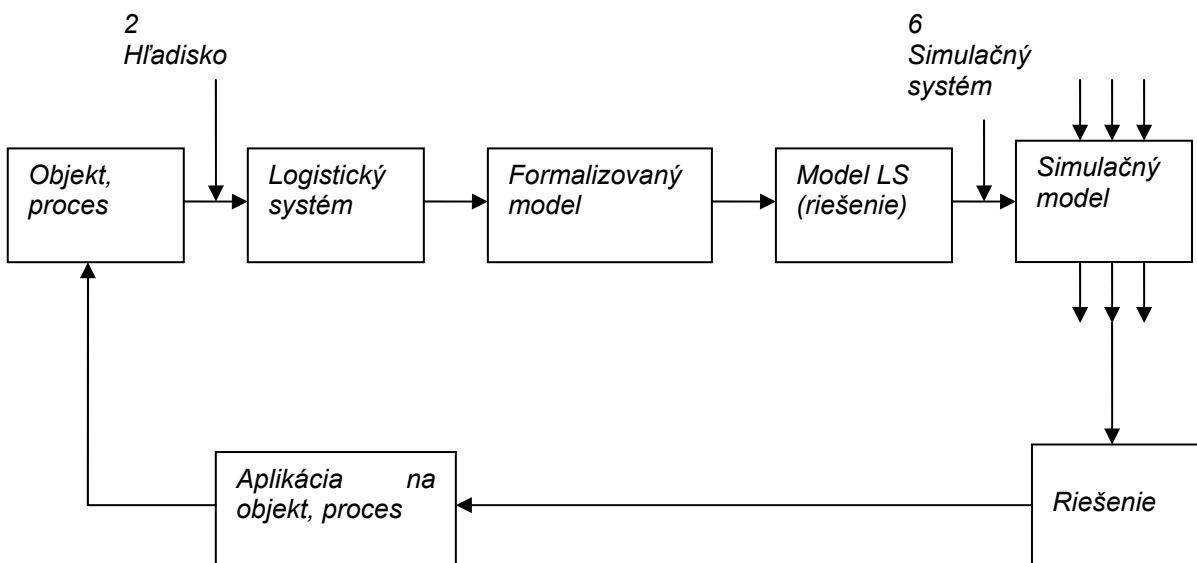
### Vzťah model a simulácia

Všeobecne možno povedať, že simulácia je metóda, pri ktorej hľadáme, vypočítavame stav, resp. správanie reálneho systému pomocou modelu.

Podľa Dahla [4] [definícia 5/85]:

Simulácia je metóda, pri ktorej napodobňujeme (nahradíme) reálny systém jeho simulačným modelom, na ktorom realizujeme experimenty, výsledky ktorých spätne aplikujeme na reálny systém. V tomto slova zmysle je simulačný model chápaný ako model, na ktorom realizujeme množinu experimentov a výsledky spracujeme štatisticky, t.j. model je vytvorený v simulačnom prostredí, jazyku, simulačnom systéme, ktorý okrem samotného modelu má vybavenie, ako generátory náhodných čísel, štatistické spracovanie výsledkov, timer pre riadenie simulačného času, systém pre identifikáciu chýb pri vytváraní modelu, atď. Simulačné modely sú väčšinou funkčné modely napodobňujúce správanie a funkcie systému a transformujúce reálny systém do formalizovaného systému hromadnej obsluhy.

Ak experimentujeme, resp. vypočítavame výsledky, napr. na analytickom modeli jednorázovo, vtedy nepotrebujeme vytvárať simulačné prostredie popísané vyššie. Aj výpočet na analytickom modeli môžeme v limitnom prípade považovať za jednotlivý pokus, experiment, teda za simuláciu.



Obr. 1. Vzťah simulácie, modelu a simulačného modelu.  
Fig. 1. Simulation, model and simulation model relation.

Na objekte, procese (1), napr. na križovatke z hľadiska (2) optimálneho fungovania, definujeme „systém fungovania“ – funkčný systém, logistický systém (3). Chceme napr. nájsť optimálne dĺžky svietenia zelených svetiel z jednotlivých smerov jazdy cez križovatku. Tento funkčný systém si predstavíme vo forme systému hromadnej obsluhy – formalizovaný model (4). Tento SHO môžeme riešiť matematicky (5), t.j. popísať analytickými výrazmi pre výpočet napr.: časov čakania, priemerného počtu čakajúcich v radoch pred križovatkou, atď., alebo riešiť to napodobením fungovania križovatky, t.j. definíciou elementárnych procesov, ako sú čakanie v rade, jazda cez križovatku, opustenie križovatky, atď. a vytvoriť model križovatky (7) napr. v niektorom simulačnom systéme – GPSS (6), teda simulačný model je riešenie problému. Nasleduje simulácia, t.j. zmena vstupných hodnôt  $\bar{x}$  modelu (7), napr. rôzne dĺžky času svietenia a kombinácie svetiel, až po nájdenie vhodného, niekedy aj optimálneho riešenia, ak sme definovali v celi (hľadisku 2) kritériálnu funkciu. Výsledok riešenia (8) aplikujeme na semaforey križovatky, kde na elektrickom zariadení nastavíme vypočítané dĺžky svietenia, napr. zelených svetiel (9).

### Využitie simulácie v logistike

Simuláciu v absolútnom chápaní, tak ako bolo popísané v úvode kapitoly, využívame vždy, keď používame model.

V chápaní využitia simulačných jazykov, simulačných systémov, ako sú GPSS, Simula, SIMAN, EXTEND, atď., sú to najmä tri oblasti:

a) vo vytváraní a rekonštrukcii logistického systému:

Pri vytváraní, resp. reštrukturalizácii LS chápeme logistický systém ako systém hromadnej obsluhy, hľadáme jeho vhodnú alokáciu, topológiu, layout, štruktúru.

b) v hľadaní optimálnych riešení – optimalizácii logistického systému:

Pri hľadaní systematických riešení na vytvorenom modeli LS meníme parametre vstupu, kapacity jednotlivých prvkov (strojov), kapacity skladov, výrobné a dopravné dávky, trasy, cykly dopravy, t.j. prvky optimalizujúce navrhovaný LS.

c) vo verifikácii realizovateľnosti plánov, uskutočňovaných prostredníctvom plánovacích modelov:

Pri vytváraní modelov plánu výroby, obchodu, operatívnych plánov, nikdy nezohľadníme všetky obmedzenia LS. Väčšinou plánujeme cez úzke miesto, ale hlavne ťažko zohľadníme interakcie medzi výrobnými, dopravnými a skladovacími operáciami, t.j. plány vytvárame pre statické podmienky. Realita však je dynamická a simulačný model (napr. realizovaný cez Ganttov diagram, resp. sieťový graf výrobného procesu) umožní verifikovať realnosť realizácie vytvorených plánov výroby, dopravy a distribúcie, údržby a pod.

Vzhľadom na stochastický charakter procesu v LS je veľa krát simulácia jedinou možnosťou ako objektivizovať v tvorbu optimalizáciu a verifikáciu činnosti LS.

### Literatúra - References

- [1] Malindžák, D.: Výrobná logistika 1, Košice : Štroffek, 1997, ISBN 80-967636-6-0
- [2] Malindžák, D., Takala, J.: Projektovanie logistických systémov, Košice: TU, 2005, ISBN 80-8073-282-5
- [3] Malindžák, D. a kol.: Teória logistiky, Košice : TU, 2007, ISBN 978-80-8073-893-8
- [4] Dahl, O.J.: Desepet avent Simulation Languages, Oslo, Norah Regrresevitralen, 1966.