

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE  
Series B  
The Jan Perner Transport Faculty  
5 (1999)

## MODELOVÉ RIEŠENIE PRÍPRAVY REALIZÁCIE STAVEBNÉHO DIELA

Marián MARCIN

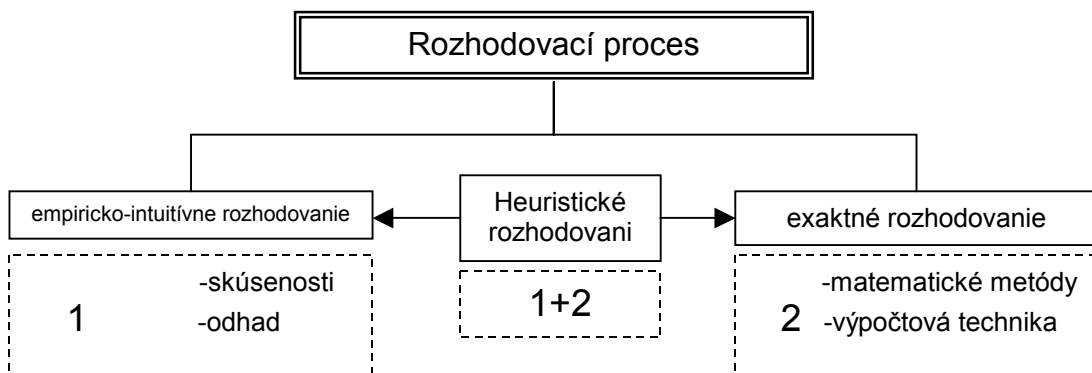
Fakulta špeciálneho inžinierstva,  
Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika

### Úvod

Všestranná príprava realizácie stavebného diela je základným predpokladom jeho úspešnej realizácie. Dominantné postavenie v tomto procese má aj modelové riešenie, ktoré zabezpečuje kvalitné výsledky stavebno-technologickej prípravy optimálnym riešením vzájomných vzťahov medzi jednotlivými štruktúrami výstavbového procesu. Konkrétne ide o:

- priestorovú štruktúru,
- technologickú štruktúru,
- časovú štruktúru,
- objekty zariadenia staveniska a staveniskovú prevádzku.

Náročnosť, zložitosť a postupnosť riešenia jednotlivých štruktúr výstavbového procesu podmieňuje hľadanie nových foriem a spôsobov rozhodovania (obr.1) pri súčasnom rešpektovaní súvisiacich väzieb medzi procesom prípravy a vlastnej realizácie stavebného diela.



**Obr.1** Rozhodovací proces [2]

## 1. Význam modelového riešenia

Pri dnešnom prudkom rozmachu výpočtovej techniky poskytuje modelové riešenie stavebnej praxi nasledujúce výhody:

- presnosť (zodpovedajúca zadanou alebo známou presnosťou),
- jednoduchosť (odpadá konštrukcia vecného modelu, ktorá môže vyžadovať veľkú prácnosť, čas, špecialistov ap.),
- univerzálnosť (vyriešením matematického modelu dostávame súčasne riešenie celého radu úloh, ktoré majú tú istú závislosť a rovnaké parametre),
- odvoditeľnosť mnohých informácií (matematický model umožňuje odvodenie aj takých poznatkov o objekte, ktoré by sme experimentom alebo pozorovaním len zriedkavo mohli objaviť),
- počítačový experiment (výpočet, resp. simulácia sa realizuje s opakovateľne veľkým množstvom informácií s možnosťou zmeny vstupných údajov),
- možnosť určenia optimálnych riešení výstavbového procesu (tzv. optimalizačné modely, t.j. hľadanie maxima alebo minima),
- ovládateľnosť technologických procesov (zásah stavbyvedúceho do technologického procesu),
- vysoká ekonomická efektívnosť (náklady na získanie modelového riešenia sú oproti jeho využitiu veľmi nízke),
- prognózovateľnosť (správanie modelu v budúcnosti) ap.

Na tvorbu modelu výstavbového procesu však neexistujú univerzálne postupy (pravidlá) riešenia, ale sú určité vzájomne sa podmieňujúce momenty, ktoré sa z metodického hľadiska vyskytujú vždy:

- predbežné štúdium (pochopenie cieľa, pre ktorý model zostavujeme),
- algoritmus postupu jednotlivých činností,

- matematická formulácia výstavbovej činnosti,
- skúmanie modelu pokusnými výpočtami,
- spätná väzba (oprava modelu).

## 2. Algoritmus modelového riešenia

Modelovanie výstavbového procesu patrí medzi vedecké metódy vyžadujúce odborné vedomosti a úzku spoluprácu technológov, projektantov, matematikov a ekonómov, ktorých spoločným cieľom je nájsť optimálne riešenie.

Matematické modely popísané sústavou funkcií (1) triedime predovšetkým podľa charakteru všetkých veličín z hľadiska určitosti a náhodnosti na [3]:

1. **deterministické modely**, a to práve vtedy, keď všetky veličiny vo vzťahoch (1) sú deterministické;

$$F_1(x_1, x_2, \dots, x_n; z_1, z_2, \dots, z_p; y_1, y_2, \dots, y_m) = 0$$

$$F_2(x_1, x_2, \dots, x_n; z_1, z_2, \dots, z_p; y_1, y_2, \dots, y_m) = 0$$

.

.

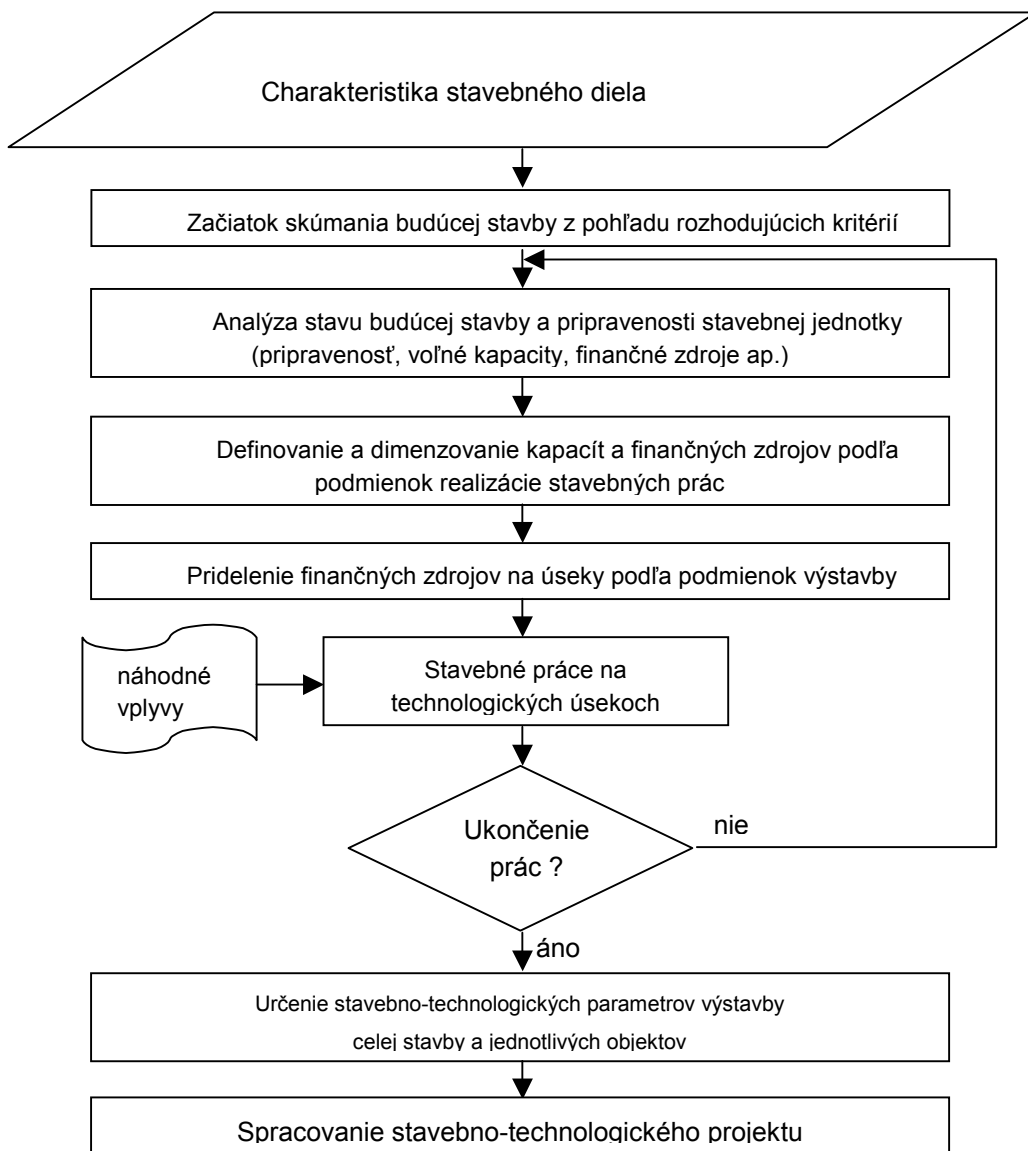
$$F_r(x_1, x_2, \dots, x_n; z_1, z_2, \dots, z_p; y_1, y_2, \dots, y_m) = 0$$

(1)

kde:  $F_1, F_2, \dots, F_r$  sú implicitné funkcie zvyčajne definované a spojité podľa všetkých argumentov

2. **stochastické modely**, ak aspoň jedna veličina vo vzťahoch (1) je náhodnou premennou.

Modelové riešenie prípravy realizácie stavebného diela (obr.2) musí v prvom rade vychádzať z charakteristík jednotlivých parametrov ovplyvňujúcich technológiu výstavby, variabilnosť, pravdepodobnosť ukončenia stavebných prác ap. [6].



**Obr.2** *Algoritmus modelového riešenia*

Medzi rozhodujúce kritéria modelového riešenia patria:

- objem stavebných prác,
- kvalita stavby,
- termíny výstavby,
- možnosti stavebných jednotiek z hľadiska využitia voľných kapacít, použitej technológie ap.,
- zdroje financovania,

- spokojnosť investora a užívateľa stavebného diela,
- hospodársky výsledok (zisk).

Výsledky modelového riešenia, tzv. stavebno-technologické projekty, však skresľujú zdroje nepresností, ktoré vychádzajú z [3] :

- modelovej nepresnosti, ktorá priamo vyplýva z nesprávnej matematickej formulácie úlohy.
- konečnosti použitých formúl nekonečných funkčných (číselných) radov. V matematických formulách často používame funkcie, ktoré sú definované napr. pomocou nekonečného radu (napr.  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $e^x$  ap.), ako napr.

$$\cos x = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots + (-1)^{n+1} \cdot \frac{x^{2n-2}}{(2n-2)!} + \dots, \quad (2)$$

ale ich počítačová relácia je viazaná len na súčet konečného počtu členov príslušného nekonečného radu (Taylorov mnohočlen), čím sa dopúšťame istej nepresnosti.

- začiatkovej nepresnosti vyplývajúcej z použitých konštánt. V matematických modeloch sú použité konštanty len zriedkavo presné čísla; všeobecne použité konštanty v matematických formulách sú nepresné čísla zaťažené začiatkovou nepresnosťou. Napr. Gaussovou metódou najmenších štvorcov určíme funkčnú závislosť tvaru

$$y = a + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (3)$$

kde:  $a, a_1, a_2, \dots, a_n$  sú konštanty, určené riešením Gaussovho systému lineárnych algebraických rovníc. Jednotlivé konštanty  $a_i$  ( $i=0,1,2,\dots,n$ ) sú určené nepresne, s určitou chybou, závislou na počte experimentálnych meraní, resp. pozorovaní a na tvare zvolenej aproximácie.

- použitých nepresných konštánt, napr. iracionálne čísla ako  $\pi$ ,  $e$  atď. Patrí sem aj zaokrúhľovanie zlomkov.

$$\frac{1}{3} = 0,333, \quad (4)$$

- zaokrúhľovania v numerických operáciách realizovaných na počítači, ktoré sú zaťažené nepresnosťou vstupných údajov. Táto nepresnosť závisí aj na počte vykonaných operácií s nepresnými číslami a na stabilite celého numerického procesu, resp. na stabilite riešenia. V tomto prípade ide o neodstrániteľnú nepresnosť.
- nestability modelového riešenia, v ktorom získaný model pokladáme za adekvátny skúmanému modelu. Existuje taká oblasť  $X^*$ , na ktorej je model síce definovaný, avšak nie je stabilný. Tento prípad je typický pre systém lineárnych algebraických rovníc:

$$A \cdot x = b, \quad (5)$$

ktorých riešenie pri splnení podmienky regulárnosti matice  $A$  je určené vzťahom (6)

$$x = A^{-1} \cdot b, \quad (6)$$

kde:  $A^{-1}$  je inverzná matica k matici  $A$ ; platí:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \cdot \bar{A}, \quad (7)$$

kde:  $\bar{A}$  je adjungovaná matica k matici  $A$ , ktorej  $\det(A) \neq 0$ . Na tento jav je viac názorov.

- modelového vyjadrenia kvalitatívnych vlastností, ktoré nepoznáme, čím sa dopúšťame ďalších nepresností.

### Záver

Efektívnosť a kvalita prípravy realizácie stavebného diela je v súčasných podmienkach daná len postupným zdokonaľovaním a rozširovaním automatizovaných systémov, ktorých základy musia vychádzať z vedecko-výskumných prác riešením algoritmizovaných problémov, prednosťou ktorých je spoľahlivosť, presnosť, rýchlosť a opakovateľnosť. Často je síce modelové riešenie určené zložitými matematickými vzťahmi vrátane ich okrajových podmienok, pravdepodobnosti, štatistiky, vzájomných väzieb výstavby ap. Ale na druhej strane, takýto model už raz sformulovaný a vyriešený, sa stáva účinným pomocníkom v praxi.

*Lektoroval: Doc.Ing. Jaroslav Slepecký, PhD.*

Predloženo v březnu 2000.

### Literatúra

- [1] Alexy, J.: Systémy a operačná analýza v podnikovej praxi. Bratislava, Alfa 1985.
- [2] Marcin, M.: Stavebno-technologické projektovanie rozsiahlych zemných prác. Dizertačná práca, FŠI ŽU, Žilina, 1999.
- [3] Oboňa, J.: Systémy a systémová analýza v praxi. Alfa, Bratislava 1990.
- [4] Reitšpís, J.: Rozhodovací proces ako neoddeliteľná súčasť manažmentu v stavebníctve. Zborník vedeckých prác FŠI ŽU, Žilina 1998.
- [5] Slepecký, J.: Obnova železničného spodku II, FŠI ŽU, Žilina, 1997.
- [6] Vlček, K.: Stavebnotechnologická príprava stavieb. Činnosť a dokumenty. Jaga, Bratislava 1998.

## **Resumé**

### **MODELOVÉ RIEŠENIE PRÍPRAVY REALIZÁCIE STAVEBNÉHO DIELA**

Marián MARCIN

Príspevok analyzuje základné princípy modelového riešenia výstavbového procesu, ktoré významnou mierou ovplyvňujú rozhodovací proces pri plánovaní a realizácii stavebných prác.

## **Summary**

### **MODEL SOLUTION OF THE PREPARED REALISATION OF THE BUILDING**

Marián MARCIN

This contribution refers to basic principles of construction process modelling that significantly influences a decision making process at construction work realisation.

## **Zusammenfassung**

### **MODELLÖSUNG DER REALISATIONSVORBEREITUNG DES BAUWERKS**

Marián MARCIN

Der Beitrag analysiert grundlegende Prinzipien der Modell-Lösung vom Aufbauprozess, die im bedeutenden Ausmass den Entscheidungsprozess bei der Planung und Durchführung der Bauleistungen beeinflusst.