

POSÚDENIE PROCESU RIADENIA PROJEKTU VÝSTAVBY LABORATÓRIA ZEMSKÝCH ZDROJOV

Rybár Radim, Horodníková Jana

Doc. Ing. Rybár, Radim, PhD., F BERG, TU v Košiciach

Ing Horodníková Jana, PhD., F BERG, TU v Košiciach

Úvod

Zámerom projektu bolo vytvorenie laboratória pre simuláciu a vizualizáciu procesov získavania zemských zdrojov s dôrazom na realizáciu ťažby, dopravy a uskladnenia zemských zdrojov. Predmetnou oblasťou simulácie a vizualizácie bude predovšetkým získavanie surovín cestou povrchového dobývania s príslušnou technológiou (cyklická, kontinuálna). Modelovacie stoly predstavujú zjednodušený obraz o dobývacích technikách, ktoré obsahujú informácie, relevantné z hľadiska daného problému, tie potom bude možné skúmať, resp. experimentovať s nimi ako s reálnymi systémami. Ide o fyzikálne modely, statické – zmenšeniny dobývacieho priestoru na uhlie.

Povrchová ťažba je v súčasnosti pilierom odvetvia získavania zemských zdrojov tak vo svete ako na Slovensku. Fakulta BERG TU v Košiciach vychováva ako jediná na Slovensku špecialistov pre túto oblasť. Jej cieľom je pre dosiahnutie čo najvyššej miery erudovanosti absolventov je potrebné vytvoriť prostredie, v ktorom bude možné simulovať procesy a pretransformovať ich vizualizačnými a modelovacími prostriedkami do elektronickej podoby. Kritériom úspešnosti bude zabezpečenie vyučovacích predmetov v tomto laboratóriu. Diplomanti budú robiť svoje práce so zameraním na laboratórium.

Kľúčové slová. Riadenie projektu, ciele projektu, CPM.

Metodika a metódy použité pri práci

Ako prvé sa definoval cieľ nevyhnutný pre dosiahnutie zadaného výsledku, ktorý sme rozčlenili podľa povahy a charakteru do troch čiastkových cieľov. Následne sa uskutočnil odhad trvania jednotlivých činností pre proklamovaný koniec projektu. Podložený odhad trvania projektu si vyžadoval určitý čas a najmä overený plánovací proces (založený na skúsenostiach alebo analytických metódach) pre všetky fázy projektu. Na tieto účely bola zvolená a následne aplikovaná metóda CPM.

Dôležité pre manažéra projektu je, že stanovuje smerovanie projektu a že toto smerovanie je vyjadrené na viacerých úrovniach (strategických aj taktických). Rozhodujúcou podmienkou dosiahnutia stanoveného cieľa je, aby sa ciele projektu zhodovali (boli konzistentné) so strategickými cieľmi organizácie. Pri stanovovaní cieľov projektu sme dodržiavali tieto základné zásady:

- súlad s cieľmi organizácie,
- výsledky merateľné v zmysle:
 - množstva,
 - kvality,
 - nákladov,
 - konečného produktu,
 - zabezpečená dosiahnuteľnosť,
 - jasne a logicky definované,
 - previazané, konzistentné.

Dosiahnutie cieľa je ohraničené tromi faktormi: čas, náklady a kvalita. Súčasťou projektu boli dve úlohy:

1. Test kvality pre návrh projektu

Na základe návrhu projektu je možné pripraviť detailný projekt. Projekt na najnižšej úrovni spĺňa kritérium S.M.A.R.T. Konkrétne ide o tieto vlastnosti: mali by byť merateľné z hľadiska nákladov, množstva práce, potrebných prostriedkov a času.

2. Usporiadanie aktivít podľa časových a logických nadväzností

Na riadenie a plánovanie projektov sa využíva metóda analýzy kritickej cesty. Ide o aplikovanie poznatkov z teórie grafov, ktorej elementárnymi stavebnými prvkami siete pre analýzu kritickej cesty sú uzly a hrany, ktoré predstavujú konštrukčné prvky siete.

Kritická cesta a jej určenie metódou CPM

Metóda CPM je určená pre plánovanie termínov úloh projektov. Ide o deterministický matematický model, ktorý počíta celkové trvanie projektu podľa trvania následných úloh a identifikuje, ktoré úlohy sú tzv. kritické a ktoré nie. Pri nekritických úlohách umožňuje realizovať predovšetkým tzv. analýzu rezerv.

K tomu aby mohol byť „nasadený“ algoritmus CPM, je potrebné splniť dve podmienky:

1. Sieťový graf musí mať vždy iba jeden počiatočný uzol (do ktorého nevstupuje žiadna činnosť) a jeden koncový uzol (z ktorého žiadna činnosť nevystupuje).

V prípade, ak nie je splnená prvá podmienka, je možné zaradiť nový počiatočný alebo koncový uzol s využitím fiktívnych činností.

2. Pre každú ľubovoľnú hranu h_{ij} musí platiť $i < j$, tj. poradové číslo počiatočného uzla každej hrany musí byť nižšie ako poradové číslo koncového uzla.

V prípade nesplnenia druhej podmienky dotýkajúcej sa číslovania uzlov, pristupuje sa k inej alternatíve, týkajúcej sa tzv. Fordovho algoritmu prečíslovania uzlov, ktorý spočíva v kategorizácii uzlov (ich postupnom zatriedovaní do zvyšujúcich sa radov).

Princípy Fordovho algoritmus sú vyjadrené nasledovne:

1. počiatočnému uzlu priradíme rad „0“. ($R=0$),
2. hranám z neho vystupujúcim priradíme rad $R=R+1=1$, (v grafe označíme tak, že hrany raz prečiarkneme),
3. skúmame všetky uzly do ktorých vstupujú iba hrany už definovaného radu (prečiarknuté) a priradíme im rad rovný najvyššiemu radu vstupujúcich hrán. (Uzly U_2 a U_7 budú teda 1. radu).
4. pokračujeme bodom 2. až po koncový uzol.

Ak je zabezpečené splnenie oboch podmienok riešiteľnosti sieťového grafu, pristúpilo sa k riešeniu metódy CPM, ktorá spočíva v plnení troch krokov:

- a) určenie *najskôr možných počiatkov činností* TM_i vo všetkých uzloch a *minimálneho možného času trvania akcie* T_n , ktorý sa rovná najskôr možnému počiatku činností v koncovom uzle ($T_n = TM_k$),
- b) určenie *najneskôr možných počiatkov činností* TP_i vo všetkých uzloch a určenie *kritickej cesty*,
- c) analýza a prípadné *prerozdelenie rezerv* v grafe.

Tieto sú podriadené nasledovným matematickým vzťahom:

ad a) Určenie najskôr možných počiatkov činností.

Počiatočnému uzlu U_1 sa priradí hodnota najskôr možného počiatku $TM_1 = 0$. U nasledujúcich uzlov, pokiaľ do nich vstupuje iba jedna hrana, činnosť určujeme hodnotu podľa vzťahu

$$TM_j = TM_i + t_{ij}.$$

Ak do uzla j vstupuje viac činností, za hodnotu najneskôr možného počiatku činností v j -tom vrchole sa určí maximálna hodnota z naznačených súčtov

$$TM_j = \max (TM_i + t_{ij}) .$$

i

Všetky činnosti z uzla vystupujúce môžu začať až po skončení všetkých činností do uzla vstupujúcich. Dĺžka cesty od 0 po uzol j , zložená z nadväzujúcich činností je totožná s dĺžkou najdlhšej cesty.

ad b) Určenie najneskôr možných počiatkov a kritickej cesty.

Pri určovaní najneskôr možných počiatkov činností v jednotlivých uzloch vychádzame z vrcholu koncového, v ktorom priradíme času najneskôr možného počiatku čas trvania akcie

$$TP_k = T_n .$$

Spätným chodom potom určujeme časy najneskôr možných počiatkov činností vo všetkých vrcholoch nasledovne:

- ak z vrcholu i vychádza iba jediná činnosť určujeme časy najneskôr možných počiatkov podľa vzťahu

$$TP_i = TP_j - t_{ij} ,$$

- ak z vrcholu „ i “ vychádza viac činností určujeme časy najneskôr možných počiatkov podľa vzťahu

$$TP_i = \min (TP_j - t_{ij})$$

j

Výraz pritom vyjadruje, že najneskôr možné počiatky musia byť určené tak, aby neohrozili určený termín ukončenia projektu.

Uvedeným spôsobom postupujeme až k vrcholu počiatocnému U_1 , v ktorom musí platiť (slúži súčasne ako kontrola správnosti riešenia)

$$TP_1 = TM_1 = 0 .$$

Následne na to už je možné v grafe vyznačiť *kritickú cestu*, ktorá spája vrcholy, v ktorých platí

$$TP_i = TM_i$$

tzn., v ktorých nie je žiadna uzlová (kritická) rezerva. Platí preto, že akékoľvek predĺženie činností ležiacich na kritickej ceste, alebo posunutie ich počiatkov znamená súčasne predĺženie doby trvania celej akcie.

Ak aplikujeme tento postup na podaný projekt dostaneme (Tab. 1.) vo všetkých vrcholoch hodnoty najneskôr možných počiatkov a kritickú cestu, ktorá začína v počiatocnom vrchole U_1 , prechádza cez vrcholy U_2 , U_4 , U_5 a U_7 , U_9 , U_{10} , U_{11} , U_{12} , U_{13} do koncového

vrcholu U_{14} a tvoria ju teda činnosti (1 – 2), (2 – 4), (4 – 5), (5 – 7), (7 – 9), (9 – 10) a (10 – 11), (11-12), (12-13), (13-14). Je zrejmé že súčet ich trvania musí byť rovný času trvania celej akcie.

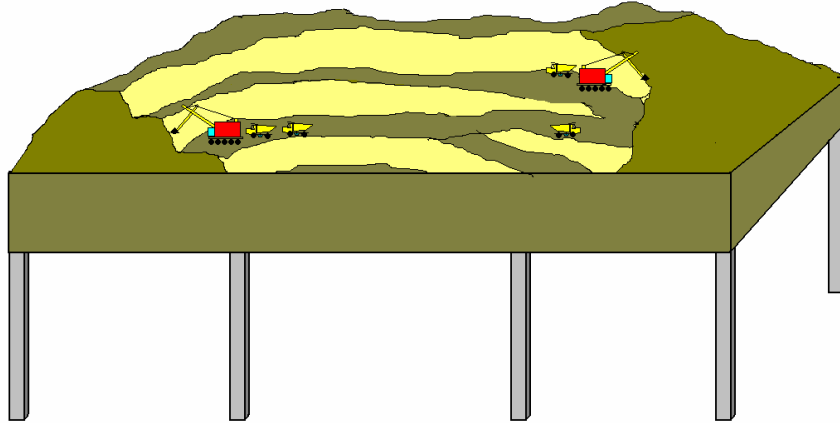
Tab. 1: Určenie časov najneskôr možných počiatkov a kritickej cesty.

Uzol	Hrana	Popis činnosti	t	i		j		Časové rezervy					
				TM _i	TP _i	TM _j	TP _j	R	CR _{ij}	VR _{ij}	NR _{ij}	ZR _{ij}	
1	1-2	Podanie a schválenie žiadosti o projekt príslušnou organizáciou	180	0	0	180	180	0	0	0	0	0	0
2	2-3	Objednanie PC a vizuálnej techniky	30	180	180	210	292	0	82	0	0	0	82
3	2-4	Zabezpečenie LP	104	180	180	284	284	0	0	0	0	0	0
4	2-5	Hľadanie vhodných priestorov pre laboratórium, úprava priestorov pre potreby LZZZ	27	180	180	293	293	0	86	86	86	86	86
5	3-5	Zakúpenie PC a vizuálnej techniky	1	204	289	296	296	85	91	91	6	6	6
6	4-5	Dokončenie stola, transport z LP do LZZZ	9	284	284	293	293	0	0	0	0	0	0
7	5-6	Fyzický model - Pokus č.1, Fyzický model - Pokus č.2	11	293	293	304	349	0	45	0	0	0	45
8	5-7	Objednanie a dodávka materiálu	30	293	293	323	323	0	0	0	0	0	0
9	5-8	Objednávanie rezačky	2	293	293	295	342	0	47	0	0	0	47
10	7-9	Nákup materiálu	20	323	323	343	343	0	0	0	0	0	0
11	8-9	Nákup pracovných prostriedkov	1	295	342	343	343	47	47	47	0	0	0
12	9-10	Substrát - pokus č.1 a pokus č.2	21	343	343	364	364	0	0	0	0	0	0
13	6-10	Konečná verzia dobývacieho modelu	15	304	349	364	364	45	45	45	0	0	0
14	10-11	Model dobývacieho priestoru - alt.č.1 a alter. č.2	7	364	364	371	371	0	0	0	0	0	0
15	11-12	Nákup bágrov, stromčekov	57	371	371	428	428	0	0	0	0	0	0
16	12-13	Inštalovanie meracej, vizuálnej a inej techniky	95	428	428	523	523	0	0	0	0	0	0
17	13-14	Otvorenie a odovzdanie a spustenie LZZZ do prevádzky	36	523	523	559	559	0	0	0	0	0	0

Rozsiahlejšie problémy sa riešenia v *incidenčnej matici*. Priebeh vlastného výpočtu možno znázorniť v incidenčnej tabuľke (Tab. 2.) so zaznačenými hodnotami časov jednotlivých činností. Pre lepšie objasnenie dielčích aktivít, ktoré boli súčasťou podcieľov celého projektu, budú aspoň demonštračne znázornené v digitálnej podobe na nasledovných obrázkoch.



Obr. 1.: Hľadanie vhodných priestorov pre laboratórium, úprava priestorov pre potreby LZZZ, (hr. 2-5)



Obr. 2: Simulačný stôl (hr. 5-6)

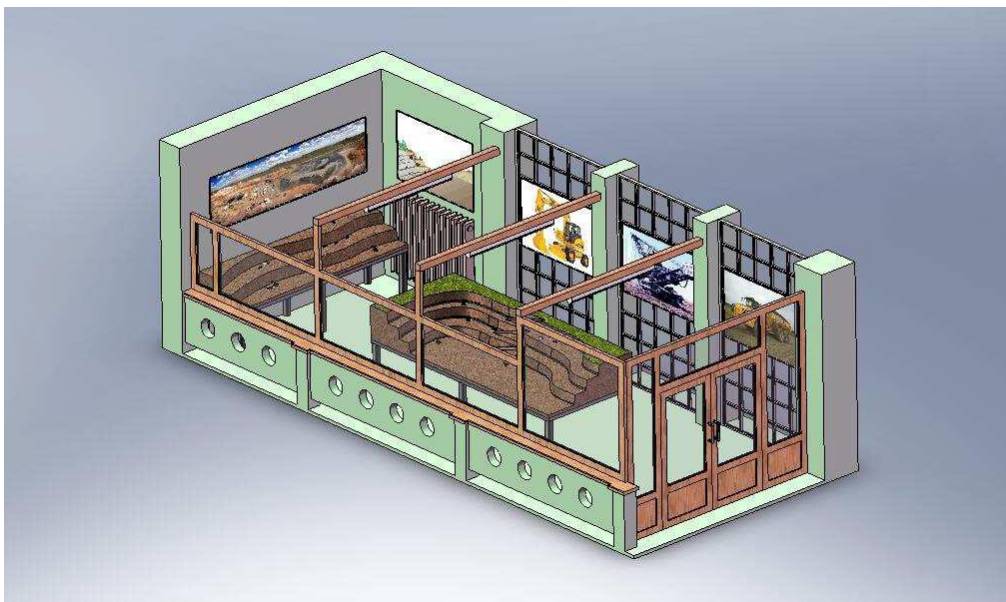
Čiastkové ciele:

1.) Zriadenie miestnosti a vybudovanie polyfunkčného variabilného simulačného stola s príslušným horninovým prostredím: sypké nespevnené, spevnené – zeminové, ľahko rozpojiteľné (rýpateľné) a ťažko rozpojiteľné (skalné). Simulačný stôl bude zostavený takým spôsobom, aby umožňoval dosiahnuť variabilitu a charakter horninového prostredia analogickú s reálnym stavom, umožňujúcu navodiť podmienky úložné a parametrové podmienky požadovaného ložiska. Predbežné rozmery simulačného stola sú 3,5×2,5m.



Obr. 3. Technologický park - modely 1:87. (hr. 11-12)

2.) Druhým cieľom je zabezpečenie modelov technologického vybavenia lomov (dózery, scrapery, rýpadlá, vŕtačné vozy, nakladače, dopravníky, dumpéry), a zostavenie primárnych kompatibilných technologických reťazcov. Dôraz bol kladený na cyklickú technológiu, ktorou sa ťaží absolútne prevažná časť surovín v SR,



Obr. 4: Konečná podoba LZZZ (hr. 13-14)

3.) Zabezpečenie vizualizačnej techniky s digitálnym spracovaním a ukladaním obrazu a zabezpečenie softvéru umožňujúceho adekvátne spracovanie záznamu. V rámci tejto etapy sa systém doplní softvérom (a nevyhnutným hardvérom), ktorým sa modelujú ťažobné procesy. V konečnej fáze kompletizácia funkčného celku a jeho komplexné uvedenie do prevádzky.

V incidenčnej matici najskôr určujeme hodnoty TM_j tak, že v prvom stĺpci určíme hodnotu $TM_1 = 0$ a v ďalších postupne zapisujeme ako hodnotu TM_j maximálny súčet $TM_i + t_{ij}$ vždy pre daný stĺpec.

Hodnoty TP_i sa určujú tak, že do riadku koncového vrcholu sa priradí hodnota $TM_k = T_n$ a späť sa priradujú hodnotám TP_i vždy minimálne rozdiely v súlade so vzťahom $\min(TP_j - t_{ij})$ v príslušnom riadku.

Po ukončení spätného chodu musí byť v počiatočnom vrchole hodnota $TP_1=0$ a porovnaním hodnôt TP_i a TM_j pre všetky vrcholy sa určia vrcholy a činnosti ležiace na kritickej ceste.

Uvedený postup ukazuje na nutnosť splnenia už uvedenej požiadavky na číslovanie vrcholov ($i < j$). Pri jej nedodržaní, by totiž nestačila k uloženiu hodnôt hrán iba horná trojuholníková matica a nebolo by možné viesť výpočet jednoznačne jedným smerom (dopredným pri určovaní TM_j a spätným pre TP_i).

Tab. 2: Riešenie sieťového grafu CPM v incidenčnej tabuľke

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TP
1	x	180													0
2		x	30	104	27										180
3			x		1										292
4				x	9										284
5					x	11	30	2							293
6						x			15						349
7							x		20						323
8								x	1						342
9									x	21					343
10										x	7				364
11											x	57			371
12												x	95		428
13													x	36	523
14														x	559
TM	0	180	210	284	293	304	323	295	343	364	371	428	523	559	X

ad c) časová analýza grafu (rozbor rezerv)

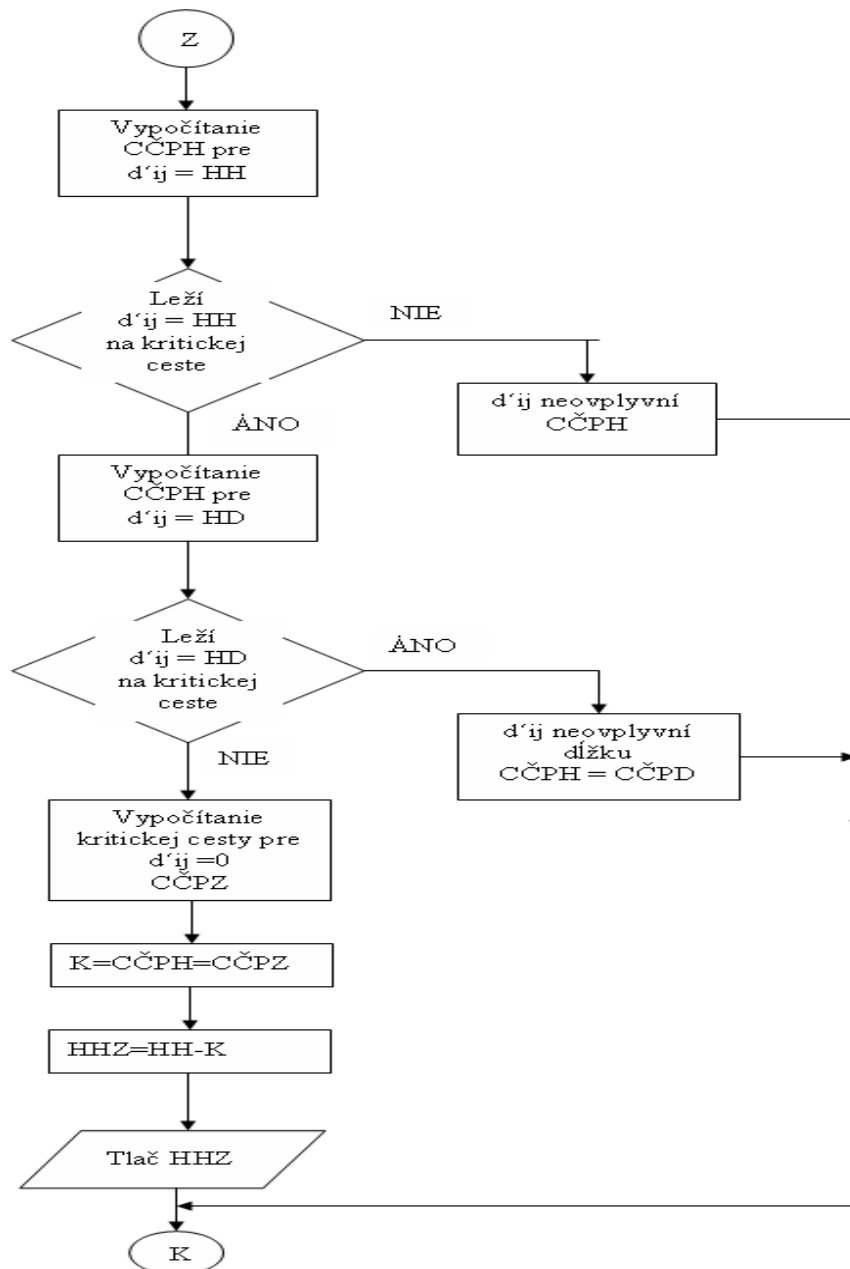
V grafe rozlišujeme v zásade 4 druhy rezerv: *rezervy uzlov a rezervy vzťahujúce sa k jednotlivým činnostiam*. *Rezerva uzla* R_i je definovaná ako rozdiel hodnôt najneskôr a najskôr možného začiatku činnosti v príslušnom uzle

$$R_i = TP_i - TM_i$$

V niektorej literatúre sa pre rezervu uzla používa termín *kritická rezerva*.

Je zrejmé, že na kritickej ceste sú rezervy všetkých uzlov nulové.

Koncepcia celého postupu je znázornená algoritmom na Obr. 5.



Obr. 5: Hrubý vývojový diagram riešenia grafu CPM s náhodnou hranou.

Záver

Okrem informácií o kritických činnostiach sme dostali informácie aj o ostatných menej dôležitých činnostiach. Miera pozornosti, akú im musíme venovať, je odstupňovaná podľa veľkosti časových rezerv: čím väčšia rezerva, (uzol 5, 11,13,) tým menšia pozornosť je nutná danej činnosti venovať. Aktivity ležiace na kritickej ceste sú tými, ktorých oneskorenie ohrozuje úspešnosť ukončenia projektu načas. Podľa prepočtov metódou CPM, plán projektu sa ukončí za obdobie 18,6 mesiacov. Ale len v tom prípade, ak sa neomeškajú činnosti ležiace na kritickej ceste. Nakoľko projekt je ešte vo fáze realizácie, nebolo možné pristúpiť v prepočte nákladov, no predpokladá sa, že každé omeškanie bude zvyšovať náklady projektu.

Príspevok bol vypracovaný v súvislosti s riešením projektu KEGA 3/7249/09 Vytvorenie multimediálneho simulačno-vizualizačného laboratória získavania zemských zdrojov.

Použitá literatúra:

[1] Sabol, T., Macej, P.: Projektový manažment, ICV, TU v Košiciach, 2002, ISBN 80-7099-775-3

[2] Walter, J., Vejmla, S., Fiala, P.: Aplikace metod síťové analýzy v řízení a plánování, SNTL, Praha 1989, ISBN 80-03-00101-3

[3] Rybár, P., Horodníková, J.: Modelovanie objektov v geoturizme, ES, F BERG, TU v Košiciach, ISBN 978-80-553-0662-9

[4]Unčovský, L.: Operačná analýza v riadení podnikov, Alfa, Bratislava, 1985

Lektoroval:

Doc. Ing. Dušan Kudelas, Ph.D.