



OPTIMALIZÁCIA ROZMIESTNENIA DOPRAVNÝCH UZLOV PRI EXPLOATÁCII

TRANSPORT NODES SPACING OPTIMIZATION IN EXPLOITATION

Jozef Čech¹

¹ Inst. of MVaOZP, faculty of BERG, Technical University of Košice, Park Komenského 19,
043 84 Košice, Slovak Republic, e-mail: jozef.cech@tuke.sk

Abstrakt: V článku je prezentovaná netypická aplikácia dynamického programovania pri optimalizácii rozmiestnenia dopravných uzlov pri ťažbe alebo zásobovania nejakého priestoru v určitej definovanej perspektive. Pôvodne bol model budovaný na podporu rozhodovania ako rozmiestniť vykladacie alebo nakladacie miesta pozdĺž rudného telesa a tým súčasne rozdeliť dvojetapovú dopravu s externou a internou fázou do vhodných sekcií pre budúcu prevádzku. Model bol testovaný v konkrétnych podmienkach na dlhom žilnom ložisku ako aj na hypotetických prípadoch s cieľom získať všeobecnejšie výsledky. Obidve štúdie sú stručne prezentované.

Kľúčové slová: optimalizácia, dynamické programovanie, rozmiestnenie, expluatácia

Abstract: An unusual application of dynamic programming in the optimizing of the transport nodes positioning in exploitation or supplying some rooms in a defined perspective is presented. Originally the model was built to support the decision-making on how to space unloading or loading places along an ore body and thereby at the same time to divide the two-stages transport with external and internal phases into convenient sections for future operations. It was tested in concrete conditions on a long vein deposit as well as on some hypothetical cases with aim to obtain more general results. Both the studies are concisely described.

Key words: optimizing, dynamic programming, spacing, exploitation

1 ÚVOD

Dynamické programovanie bolo uvedené R. Bellmanom a doteraz bolo úspešne použité pri riešení mnohých plánovacích a riadiacich problémov.

1 INTRODUCTION

The dynamic programming was introduced by R. Bellman and so far it has been successfully used in resolving many planning and control problems.

V tomto prípade všeobecný model dynamického programovania bol aplikovaný na riešenie špeciálneho rozmiestňovacieho problému. Tento predmet rozmiestňovania môže byť uvažovaný ako rôzne zariadenia v úlohe vykladacích alebo nakladacích bodov, ktoré fungujú ako určité dopravné uzly v rámci dvojetapového exploatačného alebo zásobovacieho procesu. Tieto body majú potom funkciu spojovacích uzlov medzi dvomi zvyčajne technicky rozdielnymi spôsobmi dopravy a takýmto spôsobom tvoriacimi dve nezávislé etapy, napr. internej a externej fázy, exploatacie alebo zásobovania nejakým materiálom. Takéto problémy môžu byť spojené taktiež s niektorými rozdeľovacími problémami s ohľadom na rôzne definované nezávislé sekcie exploatacie alebo zásobovania. Potom hranice takto definovaných sekcií sú určené umiestnením vhodného dopravného uzla odkiaľ etapu vnútornej fázy dopravy je vhodné startovať. Určitú podobnosť je možné vidieť v použití dynamického programovania v problémoch optimálnej obnovy, kedy hľadáme optimálny časový interval pre napr. výmenu zariadenia, avšak samotná podstata problému a použitá procedúra sú v tomto prípade odlišné a pôvodné. Hojnosť referencií na použitie dynamického programovania, podľa rôznych účelov je možné nájsť obzvlášť v [1], [2].

2 FORMULÁCIA PROBLÉMU

a) Predpokladajme existenciu množiny ohraničených priestorov – komôr $i=1,2,\dots$, až po ich celkový počet m , ktoré krok za krokom approximujú priestorovú situáciu v perspektíve exploatacie alebo zásobovania do komôr (priestorov, blokov): $i=m,m-1,\dots,1$.

Každá z týchto komôr je popísaná:

- identifikačným číslom, daným indexom i ,
- počtom cyklov $n_{1,i}$, potrebných pre exploatačné alebo zásobovacie operácie v internej fáze k dopravnému uzlu, podľa

In this case the generally taken model of dynamic programming has been applied to solving a special spacing problem. The subjects of spacing can be considered different facilities in role of some unloading or loading points functioning as certain transport nodes within a two-stage exploitation or delivery process. These points have then a function of the linking nodes between two, usually technically different, ways of transport and in such a way creating two independent stages, e.g. an internal and external phase of exploitation or delivery some material. Such problems can be associated also with some dividing problems with regard to different defined independent sections of exploiting or supplying. Then the borders of such defined sections are determined by placing an appropriate transport node from where the internal transport stage is convenient to start. We can see certain similarity to the usage of dynamic programming in the optimal recovery problem as we are looking for an optimal “time spacing” for e.g. an asset replacement, but the merit and procedure are different and original here. An abundance of references on application of dynamic programming by various purposes is possible to find particularly in [1],[2].

2 FORMULATION OF THE PROBLEM

- a) Assume existence of a set of rooms $i=1,2,\dots$, up to a total number of rooms m , which step by step approximate a space situation with a perspective of exploitation of or supplying into the rooms: $i=m,m-1,\dots,1$. Each of the rooms is described by:
- an identification number, given by index i ,
 - a number of cycles $n_{1,i}$, needed for exploitation or supply operations in the

dopravného zariadenia, zvoleného pre túto fázu,

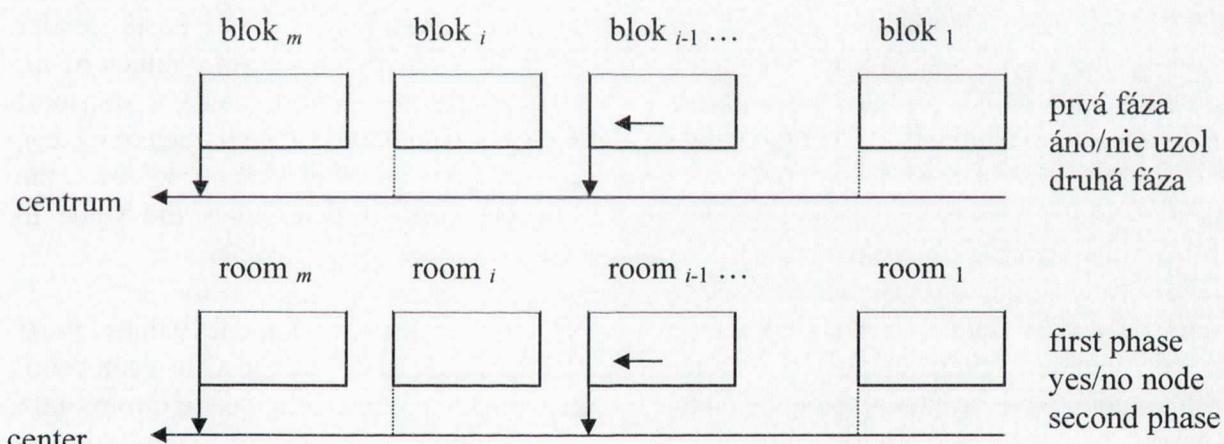
- počtom cyklov $n_{2,i}$, potrebných pre exploatačné alebo zásobovacie operácie v externej fáze z dopravného uzla k prvej komore v perspektíve a potom ďalej k centrálnemu uzlu, t.j. mimo zóny komôr, podľa dopravného zariadenia, zvoleného pre túto fázu,

- smernou ekvidistančnou dĺžkou Δ (rovnakou pre každú komoru), ktorá je meraná od začiatku komory (miesto možnej realizácie dopravného uzla) ku koncu komory, s rovnakou orientáciou ako je doprava realizovaná v obidvoch fázach; takto reprezentuje elementárny krok v approximácii priestorovej situácie ako aj jednotku miery pre trasy dopravy, definovanej pozdĺž komôr. Predpokladá sa, že prvá komora v perspektíve je už vybavená dopravným uzlom, umiestnením v jej začiatku.

- a number of cycles $n_{2,i}$, needed for exploitation or supply operations in the external phase from a transport node to the first room in perspective and then on up to a central node, i.e. outside the rooms scope, according to a transport equipment selected for this phase,

- a directional equidistant length Δ (the same for each room), which is measured from a beginning of the room (a place of possible realization of a transport node) to an end of the room, with the same orientation as

transport in both phases is performed; so that it represents an elementary step in the approximation of the space situation as well as a unit of measurement for routes of transport defined along the rooms. The first room in the perspective is supposed to be rigged by a transport node facility placed at its beginning.



*Obr.1 Approximácia dopravnej situácie
Fig.1 The approximation of transport situation*

b) Doprava v prvej fáze, podľa zvoleného dopravného zariadenia je charakterizovaná nákladmi $c_{1,j}$, nabehnutými vykonaním tam jedného celého cyklu dopravy, kde vzdialenosť k miestu dopravného uzla pre i komoru je meraná hodnotou $j \times \Delta$, t.j. podľa počtu komôr, ktoré vybrané zariadenie musí prejsť a kde $j \in \{0,1,\dots, m-i\}$. Podobne, doprava v rámci druhej

b) The transport in the first phase by a given chosen transport equipment is characterized by a cost $c_{1,j}$ accrued by performing the one whole cycle of transport there, where distance to a transport node place for i room is measured by a value $j \times \Delta$, i.e. by the number of rooms, which a selected vehicle has to drive and where $j \in \{0,1,\dots,m - i\}$. Likewise, the transport within the second

fázy, podľa daného dopravného zariadenia je charakterizovaná nákladmi $c_{2,j}$ pre tam jeden celý cyklus dopravy, kde vzdialenosť od miesta dopravného uzla k prvej komore má pre i komoru hodnotu $(m - i - j) \times \Delta$, podľa vzdialostí j v rámci prvej fázy. Vzdialosť s nulovým počtom komôr ($j = 0$) je považovaná, keď i komora má zariadenie dopravného uzla na jeho začiatku.

c) Dopravný uzol je charakterizovaný nákladmi c_3 , vyplývajúcimi z jeho zriadenia a pre každé z možných umiestnení na začiatku komôr sú tieto náklady predpokladané ako rovnaké.

d) Úlohou je navrhnuť také umiestnenie pre dopravné uzly $p_i \in \{0,1\}$ a súčasne také rozdelenie telesa komôr $i=1,2,\dots,m$ pozdĺž jeho smernej dĺžky zariadeniami, ktoré by viedlo k minimálnym celkovým nákladom c, celkove zohľadňujúc: dané položky nákladov, brané v úvahu (určujú hodnoty n_1, n_2), dané (alebo skúmané) dopravné zariadenia (určujú hodnoty c_1, c_2), daný (alebo skúmaný) typ dopravného uzla (určuje hodnotu c_3).

e) Optimálne logické hodnoty $p_i \in \{0,1\}=\{\text{true, false}\}$ priradené každej komore i, rozdeľujúc takto množinu komôr do rozdielnych sekcií exploatacie alebo zásobovania, reprezentuje takto odporúčané rozhodnutie, ktoré môže byť interpretované ako $\{ \text{"inštalovať" alebo "neinštalovať"} \}$ dopravný uzol na začiatku komory i.

Teda:

$$c = \min \left\{ \sum_i c_i(p_i); p_i \in \{0,1\}; i = m, m-1, \dots, 1 \right\} \quad (1)$$

kde

$$c_i(p_i) = \begin{cases} n_{1,i} c_{1,0} + n_{2,i} c_{2,m-i} + c_3, & \text{if } p_i=0, j=0 \\ n_{1,i} c_{1,j} + n_{2,i} c_{2,m-i-j}, & \text{if } p_i=1, j = \min\{0,1,\dots,m-i\} \\ & p_{i+j}=0 \end{cases}$$

by a given transport equipment is characterized by a cost $c_{2,j}$ for the one whole cycle of transport there, where distance from a place of transport node to the first room has for i room a value of $(m - i - j) \times \Delta$, according to a distance j within the first phase. The distance with zero number of rooms ($j = 0$) is considered when i room has a transport node facility at its beginning.

c) The transport node is characterized by a cost c_3 resulting from its being set up and for each of the possible position at the beginning of rooms the costs are supposed to be the same.

d) The task is to design such locations of the transport nodes $p_i \in \{0,1\}$ and at the same time partitioning of the rooms body $i=1,2,\dots,m$ along its directional length by the facilities in order to result in minimum total costs c. All that taking into account: given items of costs under consideration (determine the values in n_1, n_2), given (or investigated) transport equipment (determine the values in c_1, c_2), given (or investigated) type of the transport node (determines the value in c_3).

e) The optimum logical values $p_i \in \{0,1\}=\{\text{true, false}\}$ assigned to each room i, partitioning thus the set of rooms into the different sections of exploitation or supplying, present in such a way a recommended decision that can be interpreted as $\{ \text{"to install" or "not to install"} \}$ the transport node at the beginning of room i.

Hence

where

3 POUŽITIE DYNAMICKÉHO PROGRAMOVANIA

Dynamické programovanie je technika pre nájdenie optimálnej postupnosti v rozhodovaní pre problémy, ktoré môžu byť popísané ako sekvenčné rozhodovacie procesy. Takéto rozhodovanie, aby mohlo byť optimalizované, musí byť rozdeliteľné do postupnosti čiastkových rozhodnutí alebo etáp, pre každé z ktorých, optimálne riešenie môže byť nájdené.

Potom

$$\min\{c(x_m, x_{m-1}, \dots, x_1) = \min \sum_i c_i(x_i); i = m, m-1, \dots, 1\} \quad (2)$$

Princíp optimality v tomto prípade je zvyčajne vyjadrený pomocou funkcionály f_i v rekurzívnom vzťahu, ktorá definuje optimálne riešenie pre každú etapu.

V tomto prípade:

$$f_i(j\Delta) = \min_{x_i \in \{0; j\Delta\}} \{c_i(x_i) + f_{i-1}(x_i + \Delta)\}, \quad i = 2, 3, \dots, m \quad (3)$$

$$f_1(j\Delta) = \min_{x_i \in \{0; j\Delta\}} \{c_1(x_1)\}, \quad i = 1$$

kde $j = 0, 1, 2, \dots, (m-i)$ a $f_i(j\Delta)$ potom vyjadrujú minimálne náklady dopravy od alebo do perspektívnych komôr $i = i, i-1, \dots, 1$ kde spätná vzdialenosť od vykladacieho alebo nakladacieho bodu je $j\Delta$. Takéto hodnoty $f_i(j\Delta)$ sú potom zaznamenané do tabuľky ($f_{i,j}$) a príslušné minimalizujúce hodnoty $x_i \in \{0; j\Delta\}$ - interpretované ako { „inštalovať“ alebo „neinštalovať“ } dopravný uzol, t.j. vykladacie alebo nakladacie zariadenie, sú zaznamenané pomocou znamienka hodnoty $f_{i,j}$ kde pre príslušné rozhodnutie platí $\text{sign}(f_{i,j}) \in \{-1; 1\}$.

Celkové minimum nákladov je vždy v $f_m(0)$, t.j. v f_m v rámci tabuľky, s významom „neinštalovať“ kvôli zmienenému predpokladu, že začínajúca

3 APPLICATION OF DYNAMIC PROGRAMMING

Dynamic programming is a technique for finding optimal sequences of decisions for problems that can be described as sequential decision processes. Such decision, to be optimized, must be divisible into sequence of partial decisions or stages for each of which an optimal solution can be found.

Then

The principle optimality is usually expressed by a functional f_i in the recursive relationship that defines the optimal solution at each stage.

For this case:

where $j = 0, 1, 2, \dots, (m-i)$ and $f_i(j\Delta)$ then express the minimum costs of transport from or into the perspective rooms $i = i, i-1, \dots, 1$ when the backward distance from the unloading or loading point is $j\Delta$. Such values of $f_i(j\Delta)$ are then recorded into a table ($f_{i,j}$) and the appropriate minimizing values of $x_i \in \{0; j\Delta\}$ - being interpreted as { „to install“ or „not to install“ } the transport node, i.e. unloading or loading facility, are recorded through the sign of $f_{i,j}$ where for $\text{sign}(f_{i,j}) \in \{-1; 1\}$, respectively.

The overall minimum of costs c is always in $f_m(0)$, i.e. in f_m within the table, with meaning “not install” because of the mentioned assumption that the starting

komora v perspektíve je už vybavená dopravným uzlom. Potom tam zbehne cyklus $i = m, \dots, 1$ pre spätné vyhľadávanie a dekódovanie hodnôt $f_{i,j}$ pre konečnú interpretáciu $p_i \in \{0;1\}$ pre každé i , kde j je sa nastavuje podľa:

$$j = \begin{cases} 0; & \text{if } \text{sign}(f_{i,j}) = -1, \quad p_i = 0, \\ j + 1; & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

4 PRÍKLAD APLIKÁCIE

Banský závod tăží sideritové ložisko, ktoré má charakter dlhej žily s variabilnou hrúbkou. Medziobzorové dobývanie ako dobívacia metóda je používaná. Vybraná žilná časť, ktorá je asi kilometer dlhá môže byť aproximovaná v rámci obzoru množinou 20 blokov s rovnakou dĺžkou 50 metrov (Obr. 1). Každý z blokov je popísaný:

- počtom cyklov potrebných pre odťažbu rúbaniny z bloku elektrickým LHD vozidlom v rámci vnútornej etapy odťažby (vnútri bloku), t.j. cez medziobzorovú chodbu k rudnému sýpu, kde $(n_{1,1}, n_{1,2}, \dots, n_{1,20}) = (18572, 19416, 20260, 21104, 21104, 21948, 22792, 23636, 23636, 24480, 25324, 26168, 27012, 27856, 28700, 29544, 30388, 29544, 28700, 27856)$, čo korešponduje s určitou premenlivou hrúbkou žily,

- analogicky, počet cyklov potrebných na odťažbu rúbaniny z daného bloku elektrickým vlakom v rámci vonkajšej etapy odťažby (mimo bloku), t.j. cez hlavnú dopravnú chodbu a hlavný prekop k šachte, kde $(n_{2,1}, n_{2,2}, \dots, n_{2,20}) = (849, 888, 927, 966, 966, 1005, 1044, 1083, 1083, 1122, 1161, 1200, 1239, 1278, 1317, 1356, 1395, 1356, 1317, 1278)$.

Náklady jedného reprezentatívneho cyklu odťažby pre jednotlivé etapy sú vždy počítané podľa počtu prejazdených blokov počas cyklu a sú vyjadrené v naturálnej

room in perspective is already furnished by a transport node. Then there is a running cycle $i = m, \dots, 1$ for a backward searching and decoding values of $f_{i,j}$ for the final interpretation of $p_i \in \{0;1\}$ for each room i , where j is set as follows:

4 EXAMPLE OF APPLICATION

A mining plant exploits a siderite deposit, which has character of a long vein and variable thickness. The sublevel stoping as a mining method is used. The selected vein section that is about 1 kilometre long can be approximated within one level by a set of 20 blocks with the same length of 50 metres (see Fig. 1). Each of the blocks is described by:

- number of cycles needed for mucking rock material from the block by an electric LHD (Load-Haulage-Dump) vehicle within the internal stage of hauling (inside the block), i.e. via a sublevel-drift to an ore pass, where $(n_{1,1}, n_{1,2}, \dots, n_{1,20}) = (18572, 19416, 20260, 21104, 21104, 21948, 22792, 23636, 23636, 24480, 25324, 26168, 27012, 27856, 28700, 29544, 30388, 29544, 28700, 27856)$, which is corresponding to a certain variable thickness of the vein,
- analogically, number of cycles needed for hauling rock material from the given block by a electric train within the external stage of hauling (outside the block), i.e. via a haulage drift and a main crosscut to a shaft, where $(n_{2,1}, n_{2,2}, \dots, n_{2,20}) = (849, 888, 927, 966, 966, 1005, 1044, 1083, 1083, 1122, 1161, 1200, 1239, 1278, 1317, 1356, 1395, 1356, 1317, 1278)$.

The costs of the one representative cycle of hauling for the particular stages are always calculated according to a number of via-driven blocks during the cycle and are

forme ako spotreba elektrickej energie na vykonanie tohto cyklu. Logicky, táto spotreba rastie zväčšovaním vzdialenosťí, meranej počtom prejazdených blokov, začínajúc nulovou vzdialenosťou, ktorá zodpovedá elektrickej spotrebe ako nasleduje:

- pre odťažbu v rámci prvej etapy, keď rudný sýp umiestnený v príslušnom bloku, čo je asi 0,17 kW,
- pre odťažbu v rámci druhej etapy, keď jazdená vzdialenosť od šachty k najbližšiemu bloku vybranej rudnej žilnej časti, čo je asi 16,8 kW.

Potom odhad spotreby elektrickej energie potrebnej na činnosť LHD vozidla v rámci prvej etapy $c_{1,j}$ ako aj vlakom v rámci druhej etapy $c_{2,j}$ môže byť formulovaný jednoducho podľa:

expressed in natural form as a consumption of electric power for performing the cycle. Logically, this consumption is increased by increasing the distance measured by the number of via-driven blocks, starting from a zero distance that corresponds to a power consumption respectively as follows:

- for hauling within the first stage, if an ore pass is located in the pertinent block, that is about 0,17 kW,
- for hauling within the second stage, if driven the distance from a shaft to the nearest block of the selected ore vein section, that is about 16,8 kW.

Then the assessment of electric power consumption being spent by the activity of the LHD vehicle within the first stage $c_{1,j}$ as well as by the train within the second stage $c_{2,j}$ can be formulated simply by:

$$c_{1,j} = 0.33j + 0.17 \quad (5)$$

$$c_{2,j} = 0.42j + 16.8$$

kde koeficienty 0,33 a 0,42 vyjadrujú rovnomerný nárast spotreby na každých 50 metrov a $j \in \{0, 1, 2, \dots, 20\}$ vyjadruje počet prejdených blokov.

Predpokladáme, že prvý blok v perspektíve, posledný v poradí, je už vybavený rudným sýpom a umiestnenie ostatných je predmetom výskumu. Pre každý z takýchto sýpov predpokladáme tiež, že je spôsobilý zabezpečiť tok rúbaniny z medziobzorov bez akéhokoľvek prerušenia až k vyústeniu v hlavnej dopravnej chodbe, kde nasledujúca etapa dopravy je vykonávaná vlakom. Náklady na zriadenie rudných sýpov, umiestňovaných pozdĺž žily, sú vyjadrené porovnatelným spôsobom, t.j. v spotrebe elektrickej energie na vyrazenie sýpu, podľa daného zariadenia v danom horninovom prostredí, čo je asi 4500 kW.

Týmto spôsobom úloha dostáva charakter bilancovania spotreby energie, vyvolanej rastúcou vzdialenosťou odťažby, keď

where the 0.33 and 0.42 express the uniform increase of the consumption by each 50 metres and $j \in \{0, 1, 2, \dots, 20\}$ express the number of via-driven blocks.

We assume that the first block in perspective, the last one in the order, is already equipped by ore pass and locating others is the subject of investigating. About each of the such passes we also assume that is able to secure flow of muck from sublevels without any break up to output at a main haulage drift, where the next stage of hauling is carried out by the train. The costs for installation of the ore passes being placed along the vein are expressed in order to be comparable, i.e. in electric power consumption for raising the pass by a given equipment in a given rock environment, that is about 4500 kW.

In this way, the task has got character of a trade-off the energy consumption due to increasing the distance of hauling, when by setting up an ore pass in a block means breaking a certain increase of

zriadenie rudného sýpu v bloku znamená prerušenie určitého nárastu spotreby energie v rámci vnútornej odťažby na účet určitého nárastu spotreby energie v rámci externej odťažby. Tento charakter úlohy sa nemení dokonca v prípade ak reálna ťažba prebieha obrátene. Ekonomická bilancia ako aj odporúčané umiestnenie rudných sýpov ostáva platné, mení sa iba smer čítania vektora riešenia.

Tabuľka (Tabuľka 1) ilustruje jedno riešenie pre $f_{i,j}$ začínajúc od $f_{m,0}$, ktoré reprezentuje celkové minimum nákladov, v tomto prípade $f_{20,0} = 636956.5$. Potom pre $i = 20, 19, \dots, 1$ s postupným nastavením i , podľa rovnice (4), môže byť získané zakódované riešenie p_i , v tomto prípade $(p_1, p_2, \dots, p_{20}) = (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1)$. Z priebehu tohto riešenia je možné dedukovať, že najvhodnejší interval medzi rudnými sýpmi pre danú žilnú časť je 100 metrov, t.j. vkladať rudný sýp do každého druhého approximujúceho bloku ($p_i = 0$). Rozstup rudných sýpov podľa tejto stratégie dáva minimálnu celkovú spotrebu elektrickej energie na ťažbu, ktorá je 636 956.5 kW, za daných podmienok.

power consumption within the internal hauling on account of a certain increment of power consumption within the external hauling. The character of the task is not changed even though a real exploitation can run otherwise. The economic balance as well as the recommended location of the ore passes remain valid, just the direction of reading the vector of solution can be changed.

The Table 1 illustrates a solution for $f_{i,j}$ beginning from $f_{m,0}$, which represents the total minimum costs, in this case $f_{20,0} = 636956.5$. Then for $i = 20, 19, \dots, 1$ with the successive setting i according to the equation (4), the encoded solution p_i can be obtain, in this case $(p_1, p_2, \dots, p_{20}) = (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1)$. From the course of the solution it is possible to deduce that the most advantageous interval between the passes for the given vein section is 100 meters, i.e. to insert the pass in every second approximating block ($p_i = 0$). Spacing of the ore passes according to this strategy delivers the minimum total electric power consumption for exploitation that is 636956.5 kW under given assumptions.

Tabuľka 1: Výsledky optimalizácie

Table 1: Results of optimization

i	p_i	$f_{i,0}$	$f_{i,1}$	$f_{i,2}$	$\dots f_{i,19}$
1	0	24195.5	-28695.5	-28695.5	
2	1	53627.9	-58127.9	-58127.9	
3	0	83764.4	-88264.4	-88264.4	
4	1	114572.4	-119072.4	-119072.4	
5	0	144974.7	-149474.7	-149474.7	
6	1	175999.3	-180499.3	-180499.3	
7	0	207613.4	-212113.4	-212113.4	
8	1	239784.2	-244284.2	-244284.2	
9	0	271500.2	-276000.2	-276000.2	
10	1	303723.8	-308223.8	-308223.8	
11	0	336422.2	-340922.2	-340922.2	
12	1	369562.8	-374062.8	-374062.8	
13	0	403112.7	-407612.7	-407612.7	
14	1	437039.2	-441539.2	-441539.2	
15	0	471309.5	-475809.5	-475809.5	
16	1	505890.8	-510390.8	-510390.8	
17	0	540750.5	-545250.5	-545250.5	
18	1	574192.8	-578692.8	-578692.8	
19	0	606250.6	-610750.6	-610750.6	
20	1	636956.5			

V ďalšom výskume bol úmysel prešetriť niektoré všeobecnejšie mienené prípady s hladšou aproximáciou idealizovaného žilného telesa, odvodené z predchádzajúcej úlohy. Predpokladajme takto nemennú hrúbku žily s jej vertikálnym uložením a tiež, že jeden cyklus LHD vozidla zodpovedá približne s odťažbou jedného kubického metra rúbaniny. Takto 20 cyklov LHD vozidla môže naložiť úplne jednu vlakovú súpravu. Výskum poskytol tendenciu rozmiestňovania rudných sýpov pri zvyšovaní hrúbok daného rudného telesa od 2 do 20 metrov, keď toto teleso bolo approximované množinou 40 blokov s dĺžkou $\Delta = 25$ metrov. Výsledky sú sumarizované v tabuľke (Tabuľka. 2).

In the next research it was contemplated to investigate some more generally meant cases with a smoother approximation of an idealized vein body derived from the previous task. Suppose an invariable thickness of the vein in its vertical dip and also that the one cycle of LHD vehicle corresponds approximately with mucking one cubic metre of rock material. So that the 20 cycles of the LHD vehicle can load the one trip of train completely. A tendency of the ore pass spacing is provided as we increase the thickness of the given ore body from 2 to 20 metres as is approximated by a set of 40 blocks with the length of $\Delta = 25$ metres. The results are summarized in the Table 2.

Tabuľka 2: Rozmiestnenie sýpov pozdĺž žilného telesa vo vyšetrovaných prípadoch
Table 2: The pass spacing along the vein body in the investigated cases.

Distance m	Room i	Thickness of orebody			
		2 m	4 m	6-10 m	12-20 m
100	40	1	1	1	1
	39	1	1	1	0
	38	1	0	0	1
	37	1	1	1	0
	36	0	1	1	1
	35	1	1	0	0
200	34	1	0	1	1
	33	1	1	1	0
	32	1	1	0	1
	31	0	1	1	0
300	30	1	0	1	1
	29	1	1	0	0
	28	1	1	1	1
	27	0	1	1	0
400	26	1	0	0	1
	25	1	1	1	0
	24	1	1	1	1
	23	1	1	0	0
500	22	0	0	1	1
	21	1	1	1	0
	20	1	1	0	1
	19	1	1	1	0
600	18	0	0	1	1
	17	1	1	0	0
	16	1	1	1	1
	15	1	1	1	0
700	14	1	0	0	1
	13	0	1	1	0
	12	1	1	1	1
	11	1	1	0	0
800	10	1	0	1	1
	9	0	1	1	0
	8	1	1	0	1
	7	1	1	1	0
900	6	1	0	1	1
	5	1	1	0	0
	4	0	1	1	1
	3	1	1	1	0
Number of passes:	2	1	0	0	1
	1	1	1	1	0
Spacing, m:		100; 125	100	75	50

6 ZÁVER

Účelom popísanej práce bolo poskytnúť podporu v rozhodovaní pre rozmiestňovanie nejakých dopravných uzlov pozdĺžexploatovaných alebo zásobovaných priestorov (komôr, blokov). Príslušná optimalizačná procedúra je založená na aplikácii dynamického programovania a bola testovaná na žilnom ložisku ako aj na niektorých hypotetických prípadoch, s cieľom získať viac všeobecné výsledky. Obidve štúdie boli popísané. Treba však poznamenať, že v týchto prípadoch ako aj všeobecne, musíme mať na zreteli viero hodnosť takýchto aproximácií pre priestorovú situáciu ako aj pre nákladové funkcie. Čím viac sa blížia realite, tým viac je takýto výskum úspešnejší.

6 CONCLUSION

The purpose of the work described here was to provide decision-making support for the spacing of some transport nodes along exploited or supplied rooms. The pertinent optimization routine is based on application of the dynamic programming and was tested on a vein deposit as well as on some hypothetical cases with the objective of obtaining more general results. Both these studies were described. However, in these cases as well as generally, we must be careful with the fidelity of such approximations for both the rooms situation and also the costs functions. The more they approach reality, the more a piece of research is successful.

Literatúra / References

- [1] www.ms.unimelb.edu.au/~moshe/dp/bibl/bibliography.html
- [2] www.eecs.umich.edu/~jphard/bipoly/refs.html

Recenzia/Review: prof. Ing. Daniela Marasová, CSc.