

# MOŽNOSTI OPTIMALIZÁCIE TECHNOLOGICKÝCH ČINNOSTÍ V TERMINÁLOCH KOMBINOVANEJ DOPRAVY

## THE POSSIBILITIES OF TECHNOLOGIC OPERATIONS IN COMBINED TRANSPORT TERMINAL

Ján Ližbetin<sup>1</sup>

---

*Anotace: Článek se zabývá možnostmi využití matematických metod při optimalizování technologických činností v terminálech kombinované dopravy, přičemž jsou prakticky aplikovány na příkladě TKD Dobrá při Čiernej nad Tisou.*

*Klíčová slova: intermodální přeprava, kombinovaná doprava, optimalizácia technológiie, terminál kombinovanej dopravy, kritická cesta*

*Summary: The article discusses about the use of mathematical methods for optimizing technological activities in the combined transport terminals, which it is practically applied for example of the combined transport terminal Dobrá by Čierna nad Tisou.*

*Key words: intermodal transport, combined transport, optimizing technological activities, combined transport terminal, critical path*

### 1. ÚVOD

V dohode AGTC sa uvádza, že v záujme efektívnosti spracovania zásielok v termináloch kombinovanej dopravy musí byť zabezpečený minimálny časový rozdiel medzi medznou dobou prevzatia zásielky a odchodom vlaku, ako i medzi príchodom vlaku a pripravenosťou NJKD na vykládku. Táto doba by nemala prekročiť jednu hodinu, pokiaľ požiadavky zákazníkov na medznú dobu prevzatia alebo odovzdania NJKD nemôžu byť uspokojené inými prostriedkami. To znamená, že v rámci technologických činností v TKD ide o čas medzi prevzatím NJKD na nakládku a odchodom vlaku z TKD, resp. čas od príchodu vlaku do TKD po pripravenosť NJKD na nakládku na cestnú súpravu.

### 2. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Na optimalizáciu rôznorodých činností sa využívajú metódy teórie grafov, konkrétne ide o metódy analýzy kritickej cesty. Napriek tomu, že tieto metódy vznikli pomerne nedávno, našli uplatnenie v najrozličnejších sférach ľudskej činnosti. Ich prednosťou je jednoduchosť a názornosť. Riešenie získané prostredníctvom nich je v praxi dobre použiteľné. Najznámejšie

---

<sup>1</sup> Ing. Ján Ližbetin, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta Prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra železničnej dopravy, Univerzitná 1, 010 26 Žilina, Tel.: +421 041/513 3432, E-mail: [Jan.Lizbetin@fpedas.uniza.sk](mailto:Jan.Lizbetin@fpedas.uniza.sk)

a najpoužívanejšie z týchto metód, sú známe pod skratkami CPM ( Critical Path Method) a PERT (Program Evaluation and Review Technique). Obidve metódy berú do úvahy iba jeden činiteľ – čas, a preto sa niekedy nazývajú aj metódami časového plánovania. Metódy CPM a PERT sa v podstate líšia iba v tom, akým spôsobom pristupujú k zisťovaniu trvania jednotlivých činností, t.j. k ohodnoteniu siete.

V metóde CPM sa predpokladá, že pre každú činnosť poznáme presne čas jej trvania, teda metóda CPM je deterministickým modelom skutočnosti. Pri metóde PERT sa predpokladá, že čas trvania činností je náhodná premenná, opísaná pomocou určitého rozdelenia pravdepodobnosti (najčastejšie sa používa  $\beta$ -rozdelenie).

Vlastný výpočet kritickej cesty je pri obidvoch metódach rovnaký. Pracuje so sieťou, o ktorej sa predpokladá, že je acyklická a hrany smerujú od uzlov s menším indexom do uzlov s väčším indexom. Pre každú činnosť máme jediný údaj o čase jej trvania. Pri metóde CPM je to pevný odhad  $y_{ij}$ , pri metóde PERT údaj o priemernom čase trvania  $\tilde{y}_{ij}$ .

Pre ďalšie veličiny sa zavedie označenie:

- $t_i^0$  – najskôr možný začiatok činností, ktoré vychádzajú z uzla  $i$ ,
- $t_i^1$  – najneskôr možný okamih ukončenia činností, ktoré končia v uzle  $i$ ,
- $t_i^0 + y_{ij}$  – najskôr možný koniec činnosti  $(i, j)$ ,
- $t_i^1 - y_{ij}$  – najneskôr možný začiatok činnosti  $(i, j)$ .

Pretože pri výpočte je dôležitá nielen dĺžka kritickej cesty a jej priebeh, ale aj časové rezervy ostatných činností, vlastný výpočet prebieha podľa vzťahov

$$t_1^0 = 0 \quad (1)$$

$$t_j^0 = \max_j (t_i^0 + y_{ij}) \quad (2)$$

v smere od vstupu k výstupu a

$$t_n^1 = t \quad (3)$$

$$t_i^1 = \min_j (t_i^1 - y_{ij}) \quad (4)$$

v smere od výstupu k vstupu. Na základe týchto veličín sa vypočítajú celkové rezervy všetkých činností, ktoré sa označia  $RC_{ij}$  a vypočítajú podľa vzorca:

$$RC_{ij} = t_j^1 - t_i^0 - y_{ij} \quad (5)$$

Potom kritickú cestu tvoria činnosti, ktorých celková rezerva sa rovná 0. Samotný výpočet možno realizovať viacerými spôsobmi (výpočet v tabuľke, výpočet v grafe,...).

### 3. PRAKTICKÝ VÝPOČET KRITICKEJ CESTY V TKD DOBRÁ

Opis jednotlivých činností pri nakládke, prekládke a vykládke nákladových jednotiek kombinovanej dopravy a ich priradenie k hranám sa nachádza v tabuľkách 1, 2 a 3. Samotné výpočty sa nachádzajú v tabuľkách 4, 5 a 6.

Tab. 1 - Opis jednotlivých činností pri nakládke a pridelenie k hranám

hrana	názov činnosti
1,2	odovzdanie pokynov vonkajšiemu dispečerovi (VK)
1,3	kontrola technického stavu NJKD (VK)
3,4	-
4,5	nakládka NJKD koľajovým žeriavom
5,6	zafixovanie NJKD na vozni
1,15	odovzdanie potvrdených sprievodných listín
15,16	nakládka vozidiel na železničný vozeň
16,17	zabrzdenie a zaklinovanie vozidiel
17,18	odsunutie rampy, zaklopenie čelníka
18,19	privesenie sprievodného vozňa
19,20	nástup vodičov do sprievodného vozňa
20,10	prestavenie súpravy na manipulačnú koľaj (Ro-La)
6,7	vytiahnutie 1. časti súpravy z koľaje č. 884 (VK)
7,8	zatlačenie na koľaj č. 883 (VK)
8,9	zvesenie oboch častí súpravy (VK)
9,10	vytiahnutie celej súpravy na manipulačnú koľaj (VK)
10,11	odstup posunujúceho rušňa
11,12	privesenie vlakového rušňa
12,13	technologické spracovanie vlaku
13,14	odchod vlaku

Zdroj: Autor

Tab. 2 - Opis jednotlivých činností pri prekládke a pridelenie k hranám

hrana	názov činnosti
1,2	vchod vlaku na manipulačnú koľaj
2,3	odstup vlakového rušňa, privesenie posunovacieho rušňa
3,4	zatlačenie 1. časti súpravy na koľaj č. 883
4,5	rozvesenie súpravy v strede súpravy
5,6	vytiahnutie 2. časti súpravy z koľaje č. 883
6,7	zatlačenie 2. časti súpravy na koľaj č. 884
7,8	odfixovanie NJKD na železničných vozňoch
7,9	prekládka NJKD koľajovým žeriavom
7,10	zafixovanie NJKD na vozni
10,8	-
9,8	-
8,11	vytiahnutie 1. časti súpravy z koľaje č. 950
11,12	zatlačenie na koľaj č. 951
12,13	zvesenie oboch častí súpravy
13,14	vytiahnutie celej súpravy na manipulačnú koľaj v ŽST. Čierna nad Tisou

Zdroj: Autor

Tab. 3 - Opis jednotlivých činností pri vykládke a pridelenie k hranám

hrana	názov činnosti
1,2	vchod vlaku na manipulačnú koľaj
2,3	odstup vlakového rušňa
2,17	technologické spracovanie vlaku
17,3	-
3,4	prestavenie sprievodného vozňa na opačný koniec súpravy
3,5	-
4,5	-
5,6	zatlačenie súpravy do TKD (Ro-La)
5,14	zatlačenie 1. časti súpravy na koľaj č. 883 (VK)
14,15	rozvesenie súpravy v strede súpravy (VK)
15,16	vytiahnutie 2. časti súpravy z koľaje č. 883 (VK)
16,6	zatlačenie 2. časti súpravy na koľaj č. 884 (VK)
6,8	zastavenie a zaistenie súpravy (Ro-La)
8,10	odklopenie čelníka a pristavenie rampy (Ro-La)
8,7	vystúpenie vodičov zo sprievodného vozňa
7,9	odklinovanie a odbrzdenie cestných súprav na vozni
9,10	-
8,12	odfíxovanie NJKD na železničných vozňoch
8,11	kontrola technického stavu NJKD
11,12	-
12,10	-

Tab. 4 - Výpočet kritickej cesty pri nakládke

Hrana	Čas	Najskôr možný		Najneskôr prípustný		Rezerva
		Začiatok	Koniec	Začiatok	koniec	
$i,j$	$y_{ij}$	$t_i^0$	$t_i^0 + y_{ij}$	$t_i^1 - y_{ij}$	$t_j^1$	$RC_{ij}$
1,2	1,0	0	1,0	2,5	3,5	2,5
2,3	0	1,0	1,0	3,5	3,5	2,5
1,3	3,5	0	3,5	0	3,5	0
3,4	0	3,5	3,5	3,5	3,5	0
4,5	60	3,5	63,5	3,5	63,5	0
5,6	5,3	63,5	68,8	63,5	68,8	0
1,15	3,0	0	3,0	38,8	41,8	18,8
15,16	20,0	3,0	23,0	61,8	61,8	18,8
16,17	2,0	23,0	25,0	61,8	63,8	18,8
17,18	2,0	25,0	27,0	63,8	65,8	18,8
18,19	0,61	27,0	27,61	65,8	66,41	18,8
19,20	5,0	27,61	32,61	66,41	71,41	18,8
20,10	1,35	32,61	33,96	71,41	72,76	18,8
6,7	1,0	68,8	69,8	68,8	69,8	0
7,8	1,35	69,8	71,15	69,8	71,15	0
8,9	0,61	71,15	71,76	71,15	71,76	0
9,10	1,0	71,76	72,76	71,76	72,76	0
10,11	1,0	72,76	73,76	72,76	73,76	0
11,12	1,5	73,76	75,26	73,76	75,26	0
12,13	42	75,26	117,26	75,26	117,26	0
13,14	1,0	117,26	118,26	117,26	118,26	0

Tab. 5 - Výpočet kritickej cesty pri prekládke

Hrana	Čas	Najskôr možný		Najneskôr prípustný		Rezerva
		Začiatok	Koniec	Začiatok	koniec	
$i,j$	$y_{ij}$	$t_i^0$	$t_i^0 + y_{ij}$	$t_i^1 - y_{ij}$	$t_j^1$	$RC_{ij}$
1,2	2,2	0	2,2	0	2,2	0
2,3	2,65	2,2	4,85	2,2	4,85	0
3,4	1,35	4,85	6,2	4,85	6,2	0
4,5	0,58	6,2	6,78	6,2	6,78	0
5,6	1,0	6,78	7,78	6,78	7,78	0
6,7	1,0	7,78	8,78	7,78	8,78	0
7,8	4,8	8,78	13,58	43,98	48,78	35,2
7,9	40	8,78	48,78	8,78	48,78	0
7,10	5,3	8,78	14,08	43,48	48,78	34,7
10,8	0	14,08	14,08	48,78	48,78	34,7
9,8	0	48,78	48,78	48,78	48,78	0
8,11	1,0	48,78	49,78	48,78	49,78	0
11,12	1,35	49,78	51,13	49,78	51,13	0
12,13	0,61	51,13	51,74	51,13	51,74	0
13,14	5,0	51,74	56,74	51,74	56,74	0

Zdroj: Autor

Tab. 6 - Výpočet kritickej cesty pri vykládke

Hrana	Čas	Najskôr možný		Najneskôr prípustný		Rezerva
		Začiatok	Koniec	Začiatok	koniec	
$i,j$	$y_{ij}$	$t_i^0$	$t_i^0 + y_{ij}$	$t_i^1 - y_{ij}$	$t_j^1$	$RC_{ij}$
1,2	2,2	0	2,2	0	2,2	0
2,3	2,65	2,2	4,85	41,55	44,2	39,35
2,17	42	2,2	44,2	2,2	44,2	0
17,3	0	44,2	44,2	44,2	44,2	0
3,4	4,77	44,2	48,97	44,2	48,97	0
3,5	0	44,2	44,2	48,97	48,97	4,77
4,5	0	48,97	48,97	48,97	48,97	0
5,6	1,35	48,97	50,32	51,55	52,9	2,58
5,14	0,58	48,97	49,55	48,97	49,55	0
14,15	1,35	49,55	50,9	49,55	50,9	0
15,16	1,00	50,9	51,9	50,9	51,9	0
16,6	1,00	51,9	52,9	51,9	52,9	0
6,8	1,2	52,9	54,1	52,9	54,1	0
8,10	2,0	54,1	56,2	59,1	61,1	4,9
8,7	5,0	54,1	59,1	54,1	59,1	0
7,9	2,0	59,1	61,1	59,1	61,1	0
9,10	0	61,1	61,1	61,1	61,1	0
8,12	4,8	54,1	58,9	56,3	61,1	2,2
8,11	3,5	54,1	57,6	57,6	61,1	3,5
11,12	0	57,6	57,6	61,1	61,1	3,5
12,10	0	58,9	58,9	61,1	61,1	2,2

Zdroj: Autor

#### **4. NÁVRH OPTIMALIZOVANEJ TECHNOLÓGIE SPRACOVANIA VLAKOV KOMBINOVANEJ DOPRAVY V TKD DOBRÁ**

Z tabuliek vyplýva, že doby spracovania vlaku KD v TKD len čiastočne spĺňajú kritériá stanovené v dohode AGTC. Skúmaná doba v rámci nakládky v systéme Ro-La je 79,46 min a v rámci vykládky 58,52 min. Skúmaná doba v rámci nakládky v systéme prepravy VK, resp. VN je 118,26 min, v rámci vykládky je 58,9 min. Doba prekládky v TKD Dobrá medzi dvoma rôznymi rozchodmi je 56,74 min. Keďže colná kontrola a zostavenie uceleného vlaku v smere na Ukrajinu ( technická prehliadka, skúška brzdy,...) sa vykonáva v ŽST. Čierna nad Tisou, tieto činnosti sa už nesledovali. V opačnom smere sa vlak technologicky spracuje na odstavňách koľajach TKD Dobrá tak, ako pri východiskovom vlaku.

Skrátenie doby nakládky cestných súprav by umožnilo vykonanie technickej a prepravnej prehliadky priamo v TKD na koľaji č. 882 súbežne s nakládkou cestných súprav. Po vytiahnutí súpravy na odstavňú koľaj a po privesení vlakového hnacieho vozidla by sa vykonala už len skúška brzdy. Prepravné listiny sa odovzdajú priamo rušňovodičovi na vlakovom hnacom vozidle. Pri vykládke je sledovaná doba v zmysle dohody AGTC dodržaná, preto nie sú potrebné nijaké ďalšie zmeny v technológii.

Celkový čas manipulácie s NJKD sa predlžuje nedostatočnou dĺžkou koľají č. 883, 884, 950Š a 951Š, ale aj nedostatočnou dĺžkou žeriavovej dráhy. Preto je nutné súpravu vozňov normálneho aj širokého rozchodu rozdeliť na dve časti a po prekládke opäť spájať. Ide teda o akúsi kombináciu výmennej a obslužnej metódy. Na zefektívnenie práce TKD by bolo treba predĺžiť koľaje pod žeriavovou dráhou na minimálnu požadovanú dĺžku (650 m). Obmedzil by sa tým posun a celková manipulácia s vozňami a skrátil by sa čas manipulácie s NJKD. Súčasná priestorová kapacita TKD však zatiaľ neumožňuje ďalšie rozširovanie a predlžovanie koľají.

Najdlhšími činnosťami pri sledovaní doby nakládky je samotná nakládka nákladových jednotiek kombinovanej dopravy na železničné vozne a technologické spracovanie vlaku pred jeho odchodom. Skrátenie doby nakládky možno dosiahnuť zvýšením počtu prekladacích zariadení (koľajových žeriavov). Skrátila by sa tým aj manipulácia jestvujúcich zariadení s NJKD (skrátenie doby, potrebnej na pohyb žeriava po koľajovej dráhe). Tým by sa výrazne znížila celková doba nakládky.

Technologické spracovanie vlaku (technická a prepravná prehliadka, skúška brzdy a pod.) by sa z priestorových a bezpečnostných dôvodov vykonávalo naďalej na odstavňách koľajach po spojení súpravy a privesení vlakového hnacieho vozidla. Pri vykládke a prekládke je sledovaná doba v súlade s podmienkami stanovenými v dohode AGTC, preto nie sú potrebné nijaké ďalšie zmeny v technológii. Opatrenia navrhnuté pri technológii nakládky výrazne zefektívnia aj vykládku a prekládku NJKD.

#### **5. ZÁVER**

Pri budovaní nových terminálov kombinovanej dopravy, resp. pri rekonštrukciách jestvujúcich treba brať do úvahy parametre kladené na TKD, ktoré by mali zabezpečiť efektívnosť prevádzky a konkurencieschopnosť voči alternatívnej priamej, najmä cestnej

nákladnej doprave. Pri navrhovaní technológie treba vytypovať rizikové body a časy, ktoré by mohli spôsobiť zdržanie zásielky v TKD (tzv. kritickú cestu) a na základe toho navrhnuť opatrenia, ktoré zamedzia celkovému predĺženiu doby zdržania zásielky v TKD pri prekládke z jedného druhu dopravy na iný.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LIŽBETIN, J.: *Návrh systémových opatrení na rozvoj kombinovanej dopravy v Slovenskej republike*, dizertačná práca, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilina, 2006.
- [2] LAŠČIAK, A. a kol.: *Optimálne programovanie*, Alfa Bratislava, 1990.
- [3] FLODR, F. a kol.: *Dopravní provoz železnic*, Žilina, VŠDS 1983.
- [4] BUKOVÁ, B. a kol.: *Zasielateľstvo a logistické činnosti*, knižná publikácia, vydalo Iura Edition, Bratislava 2008, ISBN: 978-80-8078-232-0.
- [5] DOLINAYOVÁ, A.: *Ekonomické aspekty rozvoja intermodálnej prepravy z celospoločenského hľadiska*, In: 12. medzinárodná vedecká konferencia EUROKOMBI – INTERMODAL 2009, Žilina 2009.
- [6] KENDRA, M. a kol.: *The instruments of rationalization in railway freight transport*, In: *Transport XXI wieku = Transport of 21st century : międzynarodowa konferencja naukowa*, Warszawa 2007.
- [7] *Prevádzkový poriadok TKD Dobrá.*

*Príspevok vznikol za podpory grantovej agentúry VEGA reg. c. projektu 1/0595/08 Systémové opatrenia štátu na podporu rozvoja intermodálnej prepravy v podmienkach SR.*