

Zamyslenie nad riešeným projektom APVV SK-SRB-01807 - Operatívne plánovanie železničnej dopravy v krízových situáciách

Zdeněk Dvořák, Ivo Milata a Zoran Čekerevac *)

Anotácia:

Článok opisuje skúsenosti z riešenia bilaterálneho slovensko-srbského projektu č. SK-SRB-01807. Autori postupne prezentujú proces prípravy projektu, následne sa zamýšľajú nad schvaľovacím procesom, ďalej sa venujú jeho realizácii a uvádzajú názory na jeho možné pokračovanie.

The paper describes some experiences from solving bilateral Slovak-Serbia project No SK-SRB-01807 Operational planning of railway transport in crisis situations. Step by step the authors present the whole process from preparing project proposal, next they thinking about approval procedure, next are describing realization of project and some thinking about future continuing.

Úvodom k téme

V roku 2005 bola zverejnená výzva na podávanie bilaterálnych Slovensko – srbských projektov. V tom čase sa veľmi intenzívne rozvíjala spolupráca medzi Fakultou špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline a Vysokou školou železničnou v Belehrade. Celú spoluprácu naštartoval individuálny TEMPUS projekt prof. Zorana Čekerevace, ktorý prežil v Žiline trojmesačný študijný pobyt. V jeho priebehu sme často hovorili o možnej spolupráci. Výsledkom bola príprava projektu s názvom – Operatívne plánovanie železničnej dopravy v krízových situáciách. Predmetný návrh projektu sa zrodil vďaka obojstrannému úsiliu. V novembri 2005 počas našej návštevy v Belehrade bola konečná verzia návrhu projektu podpísaná a následne paralelne odoslaná na príslušné národné agentúry. Z nám neznámych dôvodov proces schvaľovania trval od novembra 2005 až do septembra 2007. V tom čase sa nám národné agentúry ozvali s informáciou, že nami navrhovaný projekt bol schválený a bude podporený čiastkou cca 150 tis. Sk na slovenskej strane. Na srbskej strane bol projekt uvedený medzi vybranými projektmi, ale otázka finančnej podpory bola a je a naďalej nejasná.

Vlastná realizácia projektu sa začala 1.1.2008 s predpokladom riešenia do 31.12.2009. Vzhľadom na pridelené finančné prostriedky sme kalkulovali v každom roku s dvomi návštevami srbských kolegov tu na Slovensku a dvomi našimi výjazdmi do Srbska.

*) Zdenek.Dvorak@fsi.uniza.sk, Ivo.Milata@fsi.uniza.sk, Zoran.Cekerevac@hotmail.com
Žilinská univerzita v Žiline, Slovenská republika a Union University Beograd Srbsko

Teoretická stránka projektu

Na začiatku 21 storočia zohráva železničná doprava jednu z hlavných úloh v dopravnom zabezpečení života spoločnosti. Pri odstraňovaní následkov mimoriadnych udalostí a riešení krízových situácií má oproti iným druhom dopravy celý rad výhod:

- má veľkú prepravnú výkonnosť,
- je výhodná na hromadnú prepravu osôb a materiálu na stredné a veľké vzdialenosti,
- dosahuje pomerne vysoké úsekové rýchlosti,
- je veľmi spoľahlivá, je málo závislá na dennej dobe a počasí.

Skúsenosti z posledných rokov ukazujú, že pri mimoriadnych udalostiach veľkého rozsahu, keď aj cestná doprava bola prerušená, alebo mala obmedzenú výkonnosť, železnice pracovali takmer bez obmedzenia. Najmä pri veľkých evakuáciách je železničná doprava nezastupiteľná.

Súčasná možnosť operatívneho plánovania železničnej dopravy

V krízových situáciách bude dopravná infraštruktúra v dôsledku mimoriadnej udalosti narušená alebo prerušená. Pri narušení dopravnej infraštruktúry sa môže doprava vykonávať ihneď. Pri prerušení dopravnej cesty sa bude vykonávať obnova, ktorá v prvej fáze zabezpečí len najnutnejší prepravný výkon. V oboch prípadoch sa bude doprava vykonávať v obmedzenej miere, podľa atypickej organizácie.

V súčasnej dobe je pripravený, alebo sa pripravuje rad opatrení na odstránenie negatívnych následkov krízových javov v železničnej doprave po stránke obnovy dopravnej cesty. Neexistuje však metóda, ktorá by umožňovala vytvoriť funkčnú technológiu vlakovej dopravy, na zabezpečenie požadovaného prepravného výkonu pri dodržaní potrebnej hospodárnosti v podmienkach obmedzenej prepravnej výkonnosti.

V uvedenom kontexte si spoločný slovensko-srbský projekt kládol tieto ciele:

- Rozpracovať moderné metódy riadenia a ich aplikácia na riešenú problematiku.
- Pre teoretické skúmanie riešenej oblasti ako aj pre praktické využitie pri riešení krízových situácií bol testovaný program ASTRA (ktorý vznikol v rámci iného projektu).
- Boli definované algoritmy riadenia pri organizovaní železničnej dopravy v priestoroch jej obmedzenia.
- Testovať možnosti vyhodnotenia dopravnej situácie na traťovom úseku, aj na celej trati.

- Vytvoriť všeobecnú teóriu ako základ ďalšieho skúmania a riešenia otázok technológie dopravy v krízových stavoch
- Vytvoriť Krízový grafikon vlakovej dopravy.

Medzinárodná spolupráca pri riešení uvedenej problematiky bola prínosom najmä v problematike zovšeobecnenia získaných poznatkov.

Praktické riešenie - Použitie programu ASTRA

V tomto článku sú použité obrazovky z programu ASTRA. Na prvej obrazovke programu bola uvedená ikona lokomotívy, úlohy boli zamerané výpočty a na aktualizáciu databáz.



Obr.1 Vstupné okno programu ASTRA

Údaje sa zadávajú pomocou rozbaľovacích ponúk. V ponuke TRATĚ – Úsek sú ponúknuté všetky úseky ŽSR. Vo výbere Hnacie vozidlo sú ponúknuté všetky pre konkrétny úsek použiteľné vozidlá.

Obr.2 Okno vstupných údajov

Po zadaní vstupných dát boli tieto prepísané do databáz.

ASTRA Plus - VÝPOČET									
Vstupný formulár			Vstupné dáta				Výstupné údaje		
Výstupné údaje	Projektovaný stav			Stav po narušení			Opatrenia		
Popis trate a vlakové súpravy	Jazda TAM	Jazda SPÄŤ	Poznámka	Jazda TAM	Jazda SPÄŤ	Poznámka	Jazda TAM	Jazda SPÄŤ	Poznámka
Trafová rýchlosť [km/hod]	40								
Stanovená rýchlosť [km/hod]	40	40							
Dosažiteľná rýchlosť [km/hod]	40	31	Prekročená trvs						
Doba jazdy [min]	0,58	1,44							
- Dopravná č. 11	7915000 Žilina								
Kilometrická poloha [km]	30,288								
Počet dopravných koľají	26								
Dĺžka najkratšej dopravnej koľaje [m]	165								
Prevádzkový interval [min]	3								
Obsadenie koľaje [min]		5,00							
Minimálna doba jazdy [min]		2,47							
Priemerná doba jazdy [min]		4,58							
Vlaková súprava		0,00							
Hnacie vozidlo									
Označenie	121 (E 469.1								
Dĺžka [m]	17								
Hmotnosť [t]	88								
Výkon [kW]	2340								
Konštrukčná rýchlosť [km/hod]	90								
Adhézna ťažná sila [kW]	232								
Hodinová ťažná sila [kW]	183								
Trvalá ťažná sila [kW]	151								
Typ odporu	1								
Počet hnacích vozidiel	1								
Vozňová súprava									
Dĺžka [m]	555								
Hmotnosť [t]	700								
Vlaková rýchlosť [km/hod]	80								
Vozidlový odpor	1 - R								

Obr.3 Okno s reálnymi údajmi

Veľmi podstatnou časťou projektu bola práca s reálnymi údajmi. Vo výstupnej obrazovke boli červene zvýraznené problematické objekty. Týmto objektom bola ďalej venovaná značná pozornosť. Pozri obr. 4.

ASTRA Plus - VÝPOČET									
Vstupný formulár			Vstupné dáta				Výstupné údaje		
Výstupné údaje	Projektovaný stav			Stav po narušení			Opatrenia		
Popis trate a vlakové súpravy	Jazda TAM	Jazda SPÄŤ	Poznámka	Jazda TAM	Jazda SPÄŤ	Poznámka	Jazda TAM	Jazda SPÄŤ	Poznámka
- Trať	Čadca - Žilina								
Číslo trate	2501/02-06								
- Medzistaničný úsek č. 1	Čadca - Krásno								
Začiatok [km]	0,345								
Dĺžka [km]	10,396								
Počet koľají	2								
Elektrifikácia {0-neelekt., 1-JE, 2-SE}	1								
Zabezpeč. zariadenie {1-T, 2-PA, 3-A}	2			2					
Zábrzdňá vzdialenosť [m]	1000								
Obsadenie koľaje [min]	6,64	7,59		6,88	7,59		6,79	7,50	
Minimálna doba jazdy [min]	10,09	10,21		10,92	10,21		10,92	10,21	
Priemerná doba jazdy [min]	18,66	18,89		20,19	18,89		20,19	18,89	
- Dopravná č. 1	#115600 Čadca								
Kilometrická poloha [km]	0,345								
Počet dopravných koľají	15			2					
Dĺžka najkratšej dopravnej koľaje [m]	141		Prekročená dĺž	400		Prekročená dĺž			Prekročená dĺž
Prevádzkový interval [min]	3								
Obsadenie koľaje [min]	4,37			6,05			5,85		
Minimálna doba jazdy [min]	2,04			2,62			2,62		
Priemerná doba jazdy [min]	3,77			4,85			4,85		
- Zlom sklonu č. 2	2								
Začiatok [m]	345								
Koniec [m]	879								
Sklon [%]	1,2								
Trafová rýchlosť [km/hod]	40			20					
Stanovená rýchlosť [km/hod]	40	40		20	20		20	20	
Dosažiteľná rýchlosť [km/hod]	37	47	Prekročená trvs	20	47	Prekročená hoc	20	47	Prekročená hoc
Doba jazdy [min]	1,71	0,51		2,07	0,51		2,07	0,51	
- Zlom sklonu č. 3	3								
Začiatok [m]	879								

Obr.4 Okno výstupných údajov

Pre praktické použitie v železničných dopravných spoločnostiach je nutné týmto objektom venovať pozornosť – navrhnúť technické alebo technologické riešenia.

Možnosti grafickej simulácie v programe ASTRA

Grafické zobrazenie simulácie je založené na zobrazovaní vypočítaných hodnôt simulácie v podobe dohovorených značiek v reálnom čase na základe zvolenej mierky času. Stanice simulačného modelu sú znázornené grafickými značkami na monitore v závislosti od ich polohy vo zvolenej mierke. Vlaky sú znázornené čiernymi bodkami podľa času a polohy.

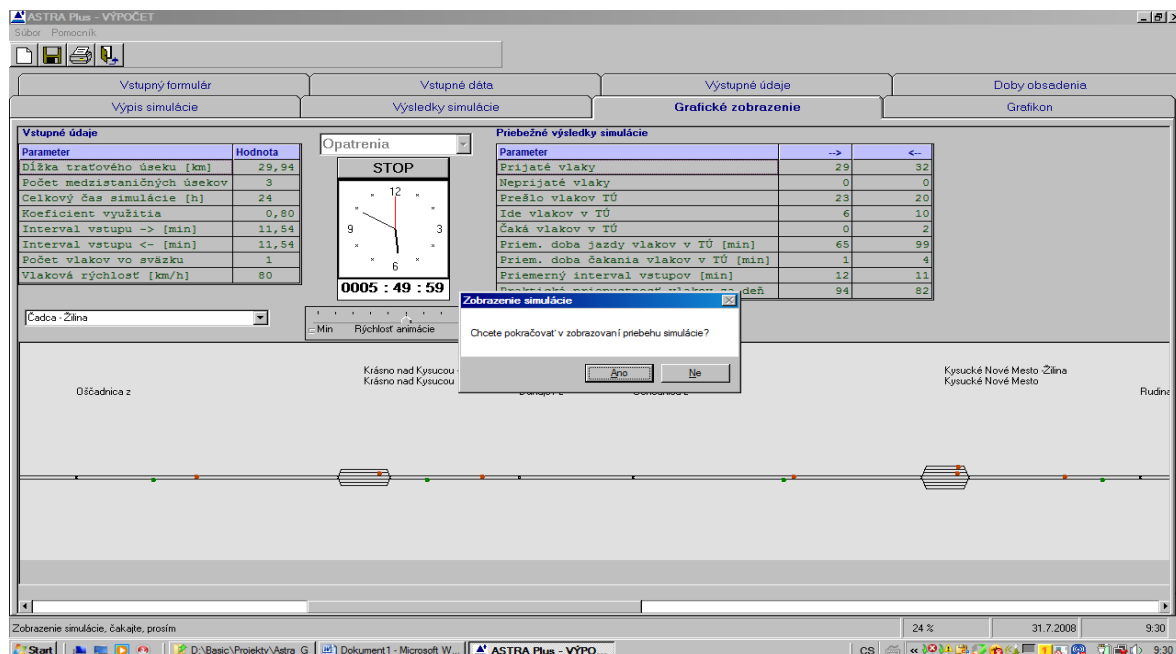
Zobrazenie pozostáva:

1. zo statických objektov ako sú stanice, traťové a staničné koľaje a zabezpečovacie zariadenia charakterizované ich kilometrickou polohou, dĺžkou, stavom a počtom koľají,
2. z pohyblivých objektov – vlakových súprav, ktoré sú charakterizované polohou, a rýchlosťou.

Zobrazenie sa vykonáva:

- v okamihoch prerušenia časovača (prerušenie časovača sa vykonáva v pevných časových intervaloch, ktoré je možné v priebehu simulácie meniť).
- v okamihu vstupu novej požiadavky (vlaku) do simulačného modelu.

Na obr. 5 je ukážka okna grafického zobrazenia simulácie. Táto simulácia prebieha v reálnom čase so zameraním na riešenie technológie problematickeho objektu.



Obr.5 Okno grafickej simulácie prejazdu vlakov

Ďalším reálnym výstupom simulácie je prehľadová tabuľka, ktorá zobrazuje všetky potrebné údaje – pozri obr. 6.

Č. U.	Osek	Čas	Vlak	Udalosť	Vstupilo	Vstupilo	Čaká	Čaká	Ide	Ide	Odišlo	Odišlo	Odmietnuté	Odmietnuté
1	1	0,0	1	VSTUP ->	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0,0	1	ZACJAZDY ->	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	5	0,1	2	VSTUP ->	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
4	5	0,1	2	ZACJAZDY ->	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
5	1	4,1	1	KONJAZDY ->	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	2	4,1	1	VSTUP ->	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	2	4,1	1	ZACJAZDY ->	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	2	6,9	1	KONJAZDY ->	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	3	6,9	1	VSTUP ->	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	3	6,9	1	ZACJAZDY ->	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	5	10,0	4	VSTUP ->	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0
12	5	10,0	2	KONJAZDY ->	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0
13	4	10,0	2	VSTUP ->	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
14	4	10,0	2	ZACJAZDY ->	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
15	1	12,8	3	VSTUP ->	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
16	1	12,8	3	ZACJAZDY ->	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
17	5	13,0	4	VSTUP ->	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0
18	3	15,6	1	KONJAZDY ->	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
19	4	15,6	1	VSTUP ->	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
20	4	15,6	1	ZACJAZDY ->	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
21	4	18,5	2	KONJAZDY ->	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
22	3	18,5	2	VSTUP ->	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
23	3	18,6	2	ZACJAZDY ->	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
24	1	19,0	3	KONJAZDY ->	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
25	2	19,0	3	VSTUP ->	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
26	2	19,0	3	ZACJAZDY ->	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
27	1	20,3	5	VSTUP ->	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0
28	1	20,3	5	ZACJAZDY ->	3	0	0	0	1	0	2	0	0	0
29	5	20,8	4	KONJAZDY ->	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0
30	4	20,8	4	VSTUP ->	1	2	0	1	1	0	0	1	0	0
31	4	20,8	4	ZACJAZDY ->	1	2	0	0	1	1	0	1	0	0
32	2	20,9	3	KONJAZDY ->	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
33	3	20,9	3	VSTUP ->	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0
34	3	20,9	3	ZACJAZDY ->	2	1	0	0	1	1	1	0	0	0
35	4	22,8	1	KONJAZDY ->	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0
36	5	22,8	1	VSTUP ->	1	2	1	0	0	0	0	2	0	0
37	5	23,8	1	ZACJAZDY ->	1	2	0	0	1	0	0	2	0	0
38	3	24,5	2	KONJAZDY ->	2	1	0	0	1	0	1	1	0	0
39	2	24,5	2	VSTUP ->	2	1	0	1	0	0	2	0	0	0

Obr. 6 Výpis simulácie

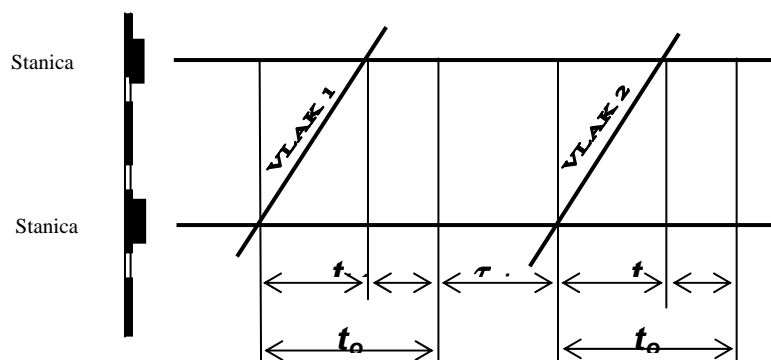
Keďže výpis podrobných výsledkov simulácie je pre odborníkov v praxi menej potrebný bol vytvorený aj prehľadný výstup v podobe výsledkov simulácie – pozri obr. 7. Tu bol posudzovaný projektovaný stav, stav po narušení a stav po opatreniach.

Simulácia	Projektovaný stav	Stav po narušení	Stav po opatreniach
Traťový úsek 2501/02-06 < Čadca - Žilina >			
Celkový čas simulácie [hod]	24	24	24
Vstupný interval vjazdu [min] <	11,54	11,54	11,54
Vstupný interval vjazdu [min] >	11,54	11,54	11,54
Vstupilo vlakov <	129	125	125
Vstupilo vlakov >	124	125	122
Odišlo vlakov <	94	97	98
Odišlo vlakov >	114	110	111
Čaká vlakov na konci simulácie <	13	13	12
Čaká vlakov na konci simulácie >	5	1	0
Ide vlakov <	8	8	8
Ide vlakov >	5	6	5
Neprijaté vlaky <	12	11	9
Neprijaté vlaky >	0	8	6
Pravdepodobnosť čakania vlaku <	0,97	0,94	0,95
Pravdepodobnosť čakania vlaku >	0,79	0,69	0,66
Priemerný počet čakajúcich vlakov <	6,60	7,05	7,03
Priemerný počet čakajúcich vlakov >	1,85	0,58	0,58
Priemerný počet vlakov na trati <	14,37	15,32	15,26
Priemerný počet vlakov na trati >	6,63	5,64	5,38
Priemerný čas čakania [min] <	90,37	94,89	94,70
Priemerný čas čakania [min] >	17,12	3,48	3,12
Priemerný čas jazdy [min] <	116,99	120,49	117,67
Priemerný čas jazdy [min] >	65,07	68,34	65,41
Str. doba pobytu vlaku na trati [min]	144,77	143,60	140,45
Gen. priepustná výkonnosť (vlakov / 24 hod)	208	207	209
MU E: T Čadca - Krásno nad Kysucou			
Vstupilo vlakov <	97	93	100
Vstupilo vlakov >	124	125	122
Odišlo vlakov <	94	97	98
Odišlo vlakov >	117	114	114
Čaká vlakov na konci simulácie <	1	1	1
Čaká vlakov na konci simulácie >	5	1	0
Ide vlakov <	2	1	1
Ide vlakov >	2	10	8
Neprijaté vlaky <	0	0	0

Obr. 7 Výsledky simulácie

Z teoretických prínosov projektu

Železničnú dopravu v traťových úsekoch je možné s určitým zjednodušením chápať ako systém hromadnej obsluhy, v ktorom sa za linku obsluhy považuje traťová koľaj. Ide o systém, ktorý sa označuje ako M/M/1, v ktorom sú požiadavky neobmedzené, stanice obsluhy obmedzené (v našom prípade ide o jednu stanicu obsluhy) a s čakaním požiadaviek na obsluhu. Požiadavkami na obsluhu sú vlaky vstupujúce do traťového úseku. Dobou obsluhy je doba, po ktorú obsadzujú vlaky traťovú koľaj – pozri Obr. 8.



Obr. 8 Jazdné doby vlakov

Legenda:

- $t_{j,1}$ – doba jazdy traťovým úsekom,
- τ_{nj} – interval následnej jazdy, po uplynutí ktorého môže nasledovať jazda ďalšieho vlaku,
- t_{mez} – časová medzera do jazdy ďalšieho vlaku,
- $t_{obs,1}$ – doba obsadenia traťového úseku 1. vlakom.

Simulácia premávky v železničných traťových úsekoch je závislá na 3 základných parametroch:

- intervale vstupu vlaku do traťového úseku - t_i ,
- dobe obsadenia traťového úseku - t_{obs} ,
- počte traťových a staničných koľají, na ktorých sa bude premávka vykonávať a ktoré môžu slúžiť na prípadné čakanie vlakov v rade.

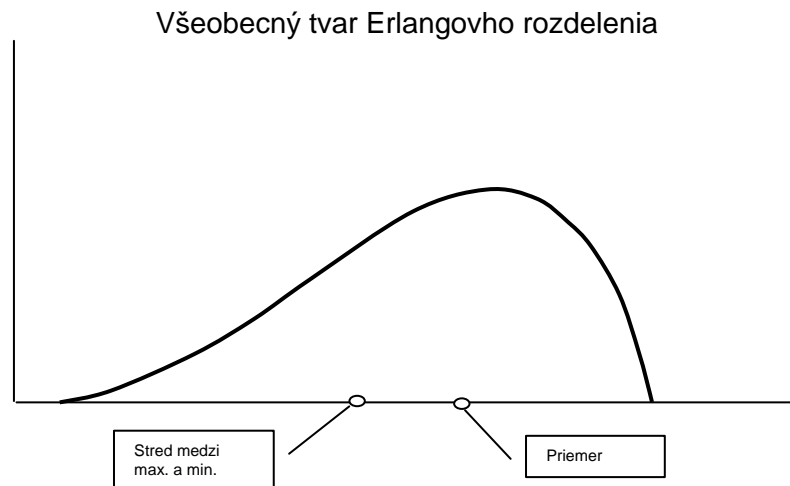
Vstupný prúd požiadaviek – vlakov, vzniká vo vlakotvorných staniaciach na smerových koľajach. Vytvorené vlaky čakajú na odjazd v odchodovej skupine koľají, kde môžu vytvárať rad. Koľaje v jednotlivých železničných staniaciach slúžia na chod vlakov, ale môžu byť využívané aj na odstavenie čakajúcich vlakov. Vzhľadom na to, že vo všetkých prípadoch je počet koľají obmedzený bude aj rad – počet čakajúcich vlakov, obmedzená.

Grafikon vlakovej dopravy (GVD) nie je možné zostaviť s premenlivými dobami trvania zobrazovaných činností (jazda vlaku, staničné intervaly, vlakové a staničné operácie apod.). Doba trvania tých istých činností musí byť

konštantná. Doba jazdy vlakov toho istého typu po tom istom traťovom úseku, musí byť plánovaná ako pevná, aj keď v praxi tomu tak nieje.

S ohľadom na to, že ASTRA+ konštantné doby trvania činností neponúka, bude potrebné program doplniť o túto možnosť. Otázkou však je, s ktorou hodnotou ďalej pracovať. Erlangovo rozdelenie je šikmé vpravo.

Otázne bolo použiť priemer vygenerovaných hodnôt, alebo stred medzi maximálnou a minimálnou vygenerovanou hodnotou.



Obr. 9 Erlangovo rozdelenie

Výpočet parametrov Erlangovho rozdelenia z maximálnej, minimálnej hodnoty a stredy doby trvania činnosti bol vykonaný podľa týchto vzťahov.

$$\text{Sigma} = \frac{\text{max} - \text{min}}{6} \quad (1)$$

$$A = \text{Int} \frac{\text{stred}^2}{\text{Sima}^2} + 0.5 \quad (2)$$

$$B = \frac{A}{\text{stred}} \quad (3)$$

$$Y0 = \text{min} \quad (4)$$

Testovaných v tomto programe bolo 50 súborov, každý s početnosťou 500, to je celkom 25 000 simulácií.

Testy ukázali, že len s chybou v tisíčinách je možné preniesť do časti programu Grafikon vlakovej dopravy, priemer generovaných hodnôt.

Po vyhlásení niektorého z krízových stavov môžu Železnice SR organizovať vlakovú dopravu podľa „Krízového grafikonu vlakovej dopravy“. Jeho základom by bol „Zoznam stálych osobných vlakov pre obdobie krízových situácií“

Z praktických prínosov projektu

Medzi praktické prínosy realizovaného projektu jednoznačne patrí naša osвета, keď sme ako delegácia zo slovenskej univerzity navštívili Generálne riaditeľstvo Srbských železníc a mali sme možnosť spolu s kolegami zo srbskej vysokej školy hovoriť so zodpovednými pracovníkmi Srbských železníc o spôsoboch ako sa naše železničná doprava pripravuje na dopravné zabezpečenie krízových situácií.

Jednoznačným prínosom projektu bolo prehĺbovanie osobných kontaktov a vzájomné lepšie spoznávanie reálií. Pri spoločných stretnutiach sme často diskutovali rôzne problémy, ktoré riešime v našom školstve a porovnávali sme to s problémami srbských kolegov.

Veľmi výrazným prínosom bola možnosť spoznať bežný život v Belehrade. Počas našich návštev sme mali možnosť vidieť bežných obyvateľov v ich každodenných situáciách.

Reálnym obohatením nás riešiteľov zo Slovenska boli diskusie o spôsoboch ako Srbi zvládali ťažké chvíle počas bombardovania. Oboznámili nás s tým ako fungovali v čase vojny jednotlivé funkcie štátu, ako bolo riešené dopravné zabezpečenie, evakuácia obyvateľstva, ako sa plánovala a realizovala obnova dopravných objektov. Vlastné bohaté skúsenosti sú dodnes na niektorých miestach Belehradu viditeľné.

Záver

Na železničnej sieti môžu nastať situácie, keď je na niektorom úseku zmenšená priepustná výkonnosť oproti normálnemu stavu. Organizácia vlakovej dopravy na tomto úseku je potom rozhodujúca pre priepustnú výkonnosť celej trate. Spôsob riadiacej práce je v tomto prípade úplne odlišný od existujúceho.

Riešenie medzinárodného projektu potvrdilo, že celý rad vedecko výskupných problémov je vhodné riešiť v rámci medzinárodnej spolupráce. Výsledky tohto projektu sú preukázateľné. Poďakovanie patrí všetkým spoluriešiteľom.



Literatúra

- [1] LINDA, B., FRONC, M., 1986: Operačná analýza 4. Alfa Bratislava 1986,
- [2] MÁČA, J. – LEITNER, B. Multikriteriálna optimalizácia rozhodovania pri krízovom riadení. Zborník vedeckej konferencie "Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí" – II. časť, FŠI ŽU, Žilina 2002, str. 271-278, ISBN 80-88829-71-2

- [3] MÁČA, J. – LEITNER, B.: Operačná analýza pre bezpečnostný manažment. Fakulta špeciálneho inžinierstva ŽU, Košice 2002. 181 s. ISBN 80 – 88829 – 39 – 9
- [4] NOVÁK, L., MILATA, I.: Application of „3 sigma theory“ to Erlangs distribution of random variable. In: Zborník z X. International Scientific Conference TEMPT'97. Bulharsko, Sofia, Higher Military School of Transport, 1996
- [5] SVENTEKOVÁ, E., 2004.: Riziková analýza v dopravných systémoch, In: Zborník z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou LOGI 2005, Pardubice, Univerzita Pardubice, str. 219-223, ISBN 80-86530-25-6
- [6] SVENTEKOVÁ, E., 2006: Zásady zvyšovania bezpečnosti na dopravných cestách, In: Zborník príspevkov z medzinárodnej konferencie Požární ochrana 2006, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, str. 394-399, ISBN 80-86634-88-4

Podporené projektom APVV SK-SRB-01807 – Operatívne plánovanie železničnej dopravy v krízových situáciách.

Recenzent: prof. Ing. Miloslav Seidl, PhD.