

Ivo MILATA\*  
Zdeněk DVORÁK\*\*

## SIMULÁCIA JAZDY VLAKU V OBMEDZUJÚCIM ÚSEKU

V spoločnosti, v prírode, vo výrobných procese a ani v doprave nie je možné vylúčiť vznik kríz a krízových situácií, preto sa hľadajú cesty a postupy, na minimalizáciu ich priebehu a následkov. Je potrebné preventívne pripraviť a vedecky rozpracovať opatrenia na riešenie krízových situácií v danom prostredí, priestore a čase. Matematická simulácia umožňuje prijať optimálne riešenie vzhľadom na definované kritériá.

Železničná doprava má pripravený celý rad organizačných, technických a materiálnych opatrení na riešenie krízových situácií. Popísaný počítačový program je príspevkom na ich sofistikované doplnenie.

*Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou VEGA prostredníctvom finančnej podpory č.1/3329/06.*

### ÚVOD

Počas celej existencie ľudstva sa človek neustále snaží prispôbiť svojim potrebám prírodu a životné prostredie. V jeho činnosti v spoločnosti, v prírode i vo výrobných procesoch nie je možné vylúčiť vznik kríz a krízových situácií, ktoré sa negatívne odrážajú na rozvoji ľudstva a často ohrozujú aj jeho existenciu.

Vznik krízových situácií sa spoločnosť snaží predvídať a adekvátne na ne reagovať, najmä v podobe krízového plánovania a vytváraním nevyhnutných materiálnych a ľudských zdrojov.

V ľudskej činnosti a predovšetkým v činnostiach systémov sa vyskytuje veľa náhodných, stochastických faktorov. Niektoré majú malý vplyv, iné sú významné až rozhodujúce. Významné sú v procesoch, v ktorých pôsobia ľudia a v tých, na ktoré pôsobia prírodné vplyvy. Najvýznamnejšie sú v činnostiach, kde sa vyskytujú protichodné ľudské činnosti. Vždy, ale priebeh a výsledok procesu ovplyvňujú, preto je treba sa s týmito vplyvmi zaoberať.

---

\* Doc. Ing. Ivo Milata, CSc., vedecký pracovník Katedry technických vied a informatiky Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline.

\*\*Doc. Ing. Zdeněk Dvořák, PhD, docent Katedry technických vied a informatiky Fakulty špeciálneho inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline.

Stochastické metódy berú tieto faktory vo svojich výpočtoch do úvahy. Patria medzi ne metódy operačnej analýzy, vrátane matematickej simulácie. Matematickou simuláciou je možné zistiť kvalitu dosiahnutého riešenia, jeho nedostatky a chyby teoretickou cestou. Z hľadiska nákladov, bezpečnosti, dostupnosti, presnosti a ďalších hľadísk je jednoznačne najvýhodnejšou metódou. Matematická simulácia je v praxi často využívaná. Dáva možnosť už počas prípravy činnosti systémov overiť si navrhovaný spôsob riešenia, a tým pripraviť optimálnu stratégiu činnosti. Možnosť jej aplikácie je veľmi široká. Pri správnom použití má veľmi cenné a hodnoverné výstupy. Veľmi osožnou sa tak môže stať aj pre dopravu a dopravné zabezpečenie.

V mimoriadnych podmienkach, kedy je narušená prepravná výkonnosť železničnej dopravy, je potrebné v kritickom úseku zaviesť takú organizáciu práce, ktorá by zabezpečovala požadovaný alebo maximálne možný prepravný výkon. Stanovenie aplikovateľnej stratégie činnosti bez využitia na to pripravených algoritmov operačnej analýzy je prakticky nemožné.

V organizácii vlakovej dopravy sa stochastičnosť najviac prejavuje v dobách jazd vlakov, ale i prevádzkovo technických intervaloch ako sú interval križovania, postupné vjazdy, následné jazdy atd.

Jedným z cieľov tohto článku je rozpracovanie a praktická aplikácia metód, ktoré skúmajú funkčnú dynamiku najmä takých zložitých systémov hromadnej obsluhy, ktoré sa dajú v prípravnom období riešiť iba teoreticky. Klasické analytické metódy, ktoré má k dispozícii aplikovaná matematika, nie sú vždy vhodné alebo dostatočne presné, preto sa na skúmanie činnosti týchto systémov používajú metódy matematickej simulácie.

Stochastické metódy operačnej analýzy, zvlášť matematická simulácia sa v súčasnosti ukazujú ako najvýhodnejšie metódy na plánovanie činnosti zložitých systémov, zvlášť tých, ktoré nemôžu byť overené experimentom ako napríklad prírodné katastrofy, sabotáže, diverzie, ozbrojené konflikty a podobne, preto majú stochastické metódy široké využitie v krízovom plánovaní.

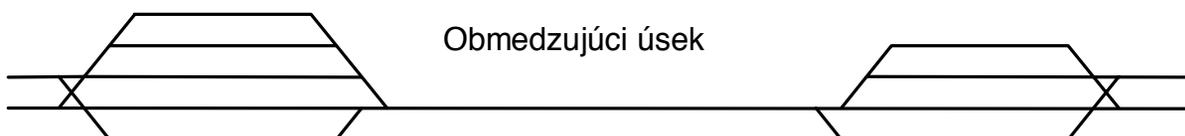
Na matematickú simuláciu priloženého počítačového programu bola použitá synchronná metóda, to znamená, že správanie systému je sledované a popisované po udalostiach, to je pri zmenách, ktoré v systéme nastali.

## 1. APLIKÁCIA PROGRAMU NA MODELOVÚ SITUÁCIU

Typickým následkom mimoriadnych udalostí v železničnej doprave je prerušenie alebo poškodenie železničnej trate. Trať môže byť v dôsledku mimoriadnej udalosti narušená alebo prerušená. Pri narušení sa môže doprava spravidla vykonávať s určitými obmedzeniami ihneď. Pri prerušení sa vykoná obnova, ktorá v prvej fáze väčšinou zabezpečí iba potrebnú prepravnú výkonnosť. V oboch prípadoch vznikne úsek s menšou prepravnou výkonnosťou. Ako obmedzujúca sa môže prejaviť aj niektorá menej výkonná trať pri vojenských a evakuačných hromadných prepravách. V týchto úsekoch sa bude doprava vykonávať podľa atypickej organizácie, ktorá zabezpečí maximálnu výkonnosť.

Obmedzujúci úsek môže vyzeráť takto

Obr. č. 1. Schéma modelovej situácie



Úsek je ohraničený železničnými stanicami, kde vlaky môžu čakať na jazdu obmedzujúcim úsekom, miesto kde čakajú vo fronte.

## 2. MATEMATICKÁ PODPORA MODELOVEJ SITUÁCIE

Základom stochastických modelov je práca s náhodnými udalosťami. Stochasticky chápané udalosti simulovaného systému sa v počítačovom programe znázorňujú s využitím generátoru náhodných čísiel.

Matematická simulácia je schopná použiť ľubovoľné rozdelenie dôb vstupov i trvanie obsluhy a tým sa môže maximálne priblížiť reálnym podmienkam. V programe je použité rozdelenie Erlangovo a Gaussovo. Erlangovo rozdelenie má tri parametre, a preto je veľmi pružné a tým je dobre využiteľné. Využitie je aj pravidlo 3  $\delta$  na ľahšie zadávanie vstupov.

Matematicky sa činnosť systému hromadnej obsluhy popisuje pomocou takzvaných udalostí, čo sú vlastne zmeny, ktoré v systéme nastali. Zmena v systéme, keď vstúpi požiadavka do systému, keď sa zaradí do fronty, alebo v nej ukončí pobyt, keď začne byť obsluhovaná, alebo keď sa obsluha skončí a pod. Algoritmus programu tieto udalosti registruje a zachycuje v týchto okamihoch stav každého článku systému.

### 2.1. ERLANGOVO ROZDELENIE

#### Hustota

$$f_{a(y)} = \frac{b^a (y - y_0)^{a-1}}{(a-1)!} e^{-b(y-y_0)} \quad [1]$$

$a, b, y_0$  sú parametre rozdelenia

kde  $a$  je prirodzené číslo  $> 0$

$b$  je číslo  $> 0$

$y_0$  je posunutie

#### Distribučná funkcia

$$F(y) = \int_{y_0}^y \frac{b^a (y - y_0)^{a-1}}{(a-1)!} e^{-b(y-y_0)} dy \quad [2]$$

#### Priemer súboru

$$x = \frac{a}{b} \quad [3]$$

#### Rozptyl súboru

$$\delta^2 = \frac{a}{b^2} \quad [3]$$

**Smerodajná odchýlka**

$$\delta = \frac{\sqrt{b}}{b} \quad [4]$$

**Variačný koeficient**

$$v_a = \frac{1}{\sqrt{a}} \quad [5]$$

Erlangovo rozdelenie je pružné a pokrýva aj iné rozdelenie. Pri parametroch  $a = 1$   $b = 1$  prechádza na exponenciálne rozdelenie, pri menších parametroch  $a$  sa javí ako šikmé vľavo, pri väčších parametroch  $a$  sa približuje normálnemu rozdeleniu.

**2.2. NORMÁLNE ROZDELENIE**

Normálne (Gauss-Laplaceovo) rozdelenie sa v prírodných úkazoch vyskytuje najčastejšie. V matematickej simulácii sa niekedy používa na generovanie intervalov vstupov požiadaviek do systému, pri generovaní času obsluhy, ale i ďalších činnostiach.

**Frekvenčná funkcia (hustota)**

$$f_{(x)} = \frac{1}{\delta \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} \quad [6]$$

**Distribučná funkcia (plocha)**

$$F_{(x)} = \frac{1}{\delta \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}} dx \quad [7]$$

kde  $\delta$  je smerodajná odchýlka,  
 $\mu$  je priemer

**Hlavné charakteristiky:**

**priemer**  $x$  alebo

$$\mu = \sum_{i=1}^N x_i \quad [8]$$

**rozptyl**

$$\delta^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad [9]$$

$N$  je početnosť súboru

$$\text{smerodajná odchýlka} \quad \delta = \sqrt{\delta^2} \quad [10]$$

### 2.3. PRAVIDLO 3 $\delta$

Z meraného alebo známeho súboru vypočítame s malou nepresnosťou smerodajnú odchýlku pomocou pravidla 3 $\delta$ .

3 $\delta$  = 49.86 % plochy rozdelenia

Keď vychádzame z minimálnej hodnoty  $x_{\min}$  a maximálnej hodnoty  $x_{\max}$  potom platí, že

$$\text{smerodajná odchýlka} \quad \delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{6} \quad [11]$$

## 3. PROGRAMOVÉ PROSTREDIE PRE VYTVORENÝ POČÍTAČOVÝ PRODUKT

Program na simuláciu vlakovej premávky je urobený pre 32.bitové prostredie operačného systému WINDOWS 95, 98, 2000, XP a (OS Windows) v programovacom jazyku Visual Basic 6.0 (VB) za použitia výkonnej rady ovládacích prvkov, ktoré umožňujú vytvoriť vizuálne rozhranie známe z OS Windows.

VB obsahuje nástroje a objekty, pomocou ktorých sa vytvárajú profesionálne aplikácie.

V programe sú využité nasledujúce objekty a nástroje:

- ADO - objekt na prístup k databázam, slúži ako objektový model na pripojenie k databáze,
- Jet - databázový stroj poskytujúci služby a ovládače na prístup k databázam,
- dotazovací jazyk SQL - integrovaný nástroj na prácu s databázou,
- súbory formulárov a modulov - častí, z ktorých sa skladá celá aplikácia,
- menu - nástroj na výber činností z ponukového zoznamu,
- základné ovládacie prvky - (DataCombo, TextBox ...) na zobrazenie údajov,
- databázové ovládacie prvky - MSHFlexGrid, DBCombo na zobrazenie dát databázových súborov,
- grafické ovládacie prvky - Image, Picture, Shape pre zobrazenie značiek,
- ďalšie ovládacie prvky - (SSTab, TreeView, StatusBar, ToolBar, ToolBar na zobrazenie zoznamov položiek, najrôznejších stavov vytvárajúcej aplikácie a vytváranie vlastných nástrojových líšt,
- tlačové objekty- DataReport na tvorbu a tlač výstupných zostáv na tlačiareň,
- základné ActiveX prvky - práca s grafikou,
- napovedajúci súbor - informácie a inštrukcie o používaní programu.

Vizuálne rozhranie programu tvoria okná a registre SSTab s nástrojmi a objektmi, čo umožňuje prístup ku všetkým vstupným a výstupným informáciám programu. Spúšťanie a ukončenie programu je v zásade rovnaké ako u všetkých programov Windows. Ovládanie programu je prostredníctvom myši a vyplňovaním rôznych dialógov a hodnôt cez klávesnicu.

Vypočítané hodnoty simulácie sa zobrazujú prostredníctvom ovládacích prvkov vo forme tabuľky, ktorá má popis stĺpcov a riadkov, tak ako to poznáme z MS Excel.

Na uchovanie a archiváciu vypočítaných hodnôt sú využité:

- databáza MS Access zložená s tabuliek logicky spojených dát, ktorá svojimi možnosťami umožňuje spracovávať dáta na základe príkazov dotazovacieho jazyka SQL, filtrácie, relácií a indexov.
- na ďalšie spracovanie dát mimo programu bude možný export dát do formátov MS Excel, DBF a TXT.

Grafické znázornenie simulácie vychádza z vypočítaných hodnôt a tvorí ho:

- zobrazenie celej trate so železničnými objektmi, ktoré sú na nej zoradené podľa vzdialeností,
- tabuľka vybraných údajov simulácie,
- časomiera,
- objekty pre možnosť zmeny meradla, časového intervalu aktualizácie zobrazenia a nastavovanie jednotlivých stavov železničných objektov.

Objekty sa zobrazujú na čiare podľa ich polohy v meradle 1 cm : 0,1 km až 10 km.

Prepočet polohy pohyblivých objektov (vlakových súprav) sa vykoná po prerušení časovača v pevných intervaloch v rozsahu 1 s : 1 min až 10 minút. V dobe prerušenia sa vykoná i aktualizácia zobrazovaných údajov v tabuľke.

Inštalácia programu na rôzne počítače sa robí z inštalačného CD ROM-u, ktoré vytvorí vhodné prostredie na jeho spúšťanie v OS Windows bez dodatočného inštalovania knižníc a objektov prostredia Visual Basic.

#### 4. VÝCHODISKOVÉ PREDPOKLADY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA MODELOVEJ SITUÁCIE

- obmedzujúci úsek je jednokoľajový,
- úsek je ohraničený železničnými stanicami,
- staničné a prevádzkové intervaly môžu byť reálne alebo voliteľné,
- vlaky prichádzajú z oboch smerov v reálnom alebo voliteľnom intervale,
- na obmedzujúcom úseku uvažovať variantne s touto organizáciou prevádzkovej práce:
  - jednosmerná jazda,
  - obojsmerná jazda,
  - symetrická jazda vo zväzku,
  - asymetrická jazda vo zväzku,
  - rôzne dĺžky vlakov,
  - rôzne rýchlosti vlakov.

#### 5. POPIS VYTVORENÉHO POČÍTAČOVÉHO PROGRAMU

Program je veľmi variabilný. Môžu sa v ňom meniť všetky prvky, ktoré na organizáciu vlakovej dopravy majú vplyv. Doba simulácia môže byť ľubovoľne dlhá. Grafická časť programu umožňuje sledovať situáciu na úseku na obrazovke v ľubovoľne rýchlo prebiehajúcom čase. Meniť vstupné podmienky je možné i v priebehu programu.

Program je koncipovaný ako výlučne užívateľský systém, ktorý nevyžaduje hlbšie znalosti a vedomosti z oblasti výpočtovej techniky. Grafické spracovanie a použitá interaktívna metóda obsluhy umožňuje užívateľovi bezproblémový pohyb v programe. Program je spracovaný v SW prostredí WISUAL BASIC 6.0. a vygenerovaný do tvaru EXE. Je určený na použitie v prostredí operačného systému WINDOWS 95, 98, 2000, MILENIUM, alebo XP.

Po spustení programu sa na pracovnej ploche zobrazí úvodné okno

Obr.č.2. Úvodné okno



Modul Vstupný formulár je určený na zadávanie prvotných údajov o železničných stanicích, obmedzenom úseku medzi nimi a parametroch zobrazenia. Slúži na zadávanie vstupných údajov potrebných na vykonanie výpočtov a modelovanie premávky v obmedzujúcom úseku. Vstupné údaje vo vstupnom formulári sa môžu meniť pred spustením každého výpočtu simulácie. Meniť je možné všetky parametre.

Obr. 3. Vstupný formulár

Modul Grafické zobrazenie slúži na zobrazenie priebehu simulácie podľa dát zadaných vo vstupnom formulári, alebo po zadávaní ich zmien po prerušení priebehu simulácie.

Obr. č.4. Záložka Grafické zobrazenie

**MODEL - Výpočet**  
Súbor Spracovanie Nápoved'

Vstupný formulár      **Grafické zobrazenie**      Výpis udalostí      Výpis simulácie

Vstupné údaje

Parameter	Žst vľavo	Žst vpravo
Názov žst	Vrútky	Teplička
Dĺžka obmedzujúceho úseku [km]	8	
Počet koľají v žst	5	4
Minimálna dĺžka koľají v žst [m]	600	600
Priemerná rýchlosť v OÚ [km/hod]	15	10
Priemerná dĺžka vlakov [m]	450	
Interval následnej jazdy [min]	7	5
Počet vlakov ve sväzku	2	1
Staničný interval [min]	2	3
Počet prichádzajúcich vlakov za 24 h	40	36
Požadovaný čas simulácie [hod]:	20	
Mierka času 1 s = ( min )	5	
Mierka zobrazenia 1 cm = ( km )	0,5	

Priebežné výsledky

Parameter	Žst vľavo	Žst vpravo
Prijaté vlaky	9	6
Odmietnuté vlaky	0	2
Čaká vlakov	3	3
Čakalo vlakov	9	5
Celkový stratený čas [hod]	8,90	9,82
Prešlo vlakov	4	3
Priemerný čas čakania	59,37	98,16
Priemerný interval vstupu	34,0	35,0
Praktická priepusnosť	29,00	17,00
Využitie OÚ	99,58	

**STOP**  
0004 : 41 : 38

**Zobrazenie simulácie**  
Chcete pokračovať v zobrazovaní priebehu simulácie?  
Ano      Ne

Vrútky      Teplička

- tabuľka Vstupné údaje - zobrazuje vybrané vstupné parametre simulácie,
- tabuľku Priebežné výsledky - zobrazuje vybrané aktuálne výstupné údaje simulácie, ktoré sa v priebehu simulácie menia,
- Grafické okno - zobrazuje zadanú trať so schematickým zobrazením staničných koľají v jednotlivých železničných staniách a obmedzujúci úsek v zadanej mierke. Na grafickej schéme sa zobrazuje situácia jazdy a polohy vlakov v prebiehajúcom čase,
- Štart - stop alebo preruší, alebo ukončí chod programu. Pri zvolení Nie je simulácia dokončená na predpísaný čas, bez grafického zobrazenia,
- Hodiny ukazujú simulovaný čas,
- okno Zobrazenie simulácie sa objaví pri prerušení behu programu.

Zachytený stav na obrázku č. 4 ukazuje situáciu v 41 minúte simulovania. V každej stanici čakajú 3 vlaky, 2 idú do Tepličky.

Modul Výpis simulácie poskytuje užívateľovi podrobný prehľad o vstupných a vypočítaných hodnotách zodpovedajúcich zadanému traťovému úseku.

Obr. č 5. Výpis simulácie

**MODEL - Výpočet**  
 Súbor Spracovanie Nápoved'

Vstupný formulár      Grafické zobrazenie      Výpis udalosti      Výpis simu

VÝSLEDKY SIMULÁCIE:

SCHÉMA:

Vrútky      Teplička

OBMEDZUJÚCI ÚSEK ( OÚ )

VSTUPNÉ DÁTA:

Dĺžka obmedzujúceho úseku (km)	8,00
Počet koľají v žst vpravo	4
Počet koľají v žst vľavo	5
Dĺžka najkratšej koľaje v žst vpravo	600
Dĺžka najkratšej koľaje v žst vľavo	600
Priemerná rýchlosť vlaku v obmedzujúcom úseku <---(km/hod)	10,00
Priemerná rýchlosť vlaku v obmedzujúcom úseku --->(km/hod)	15,00
Priemerná dĺžka vlakov (m)	450
Interval následnej jazdy <---(min)	5,00
Interval následnej jazdy --->(min)	7,00
Počet vlakov ve zväzku <---	1
Počet vlakov ve zväzku --->	2
Interval križovania v žst vpravo (min)	3,00
Interval križovania v žst vľavo (min)	2,00
Priepustná výkonnosť <--- (vlakov/24 hod)	36
Priepustná výkonnosť ---> (vlakov/24 hod)	40
Požadovaný čas simulácie (hod)	20,00

CELKOVÉ VÝSLEDKY:

-CELKOVÝ ČAS SIMULÁCIE (hod):	20,19
-POČET UDALOSTÍ:	127
-POČET VSTUPOV:	66
-POČET PRIJATÝCH VLAKOV ZPRAVA:	14
-POČET PRIJATÝCH VLAKOV ZĽAVA:	24
-CELKOVÝ POČET PRIJATÝCH VLAKOV:	38
-ODMIETNUTÉ VLAKY ZPRAVA:	17
-ODMIETNUTÉ VLAKY ZĽAVA:	11
-ODMIETNUTÉ VLAKY CELKOM:	28
-ČAKALO VLAKOV V ŽST VPRAVO:	13
-STRATENÝ ČAS (hod):	53,47
-STRATENÉ VOZOHODINY:	2406,23
-ČAKALO VLAKOV V ŽST VĽAVO:	24
-STRATENÝ ČAS (hod):	61,64
-STRATENÉ VOZOHODINY:	2773,81
-ČAKALO VLAKOV CELKOM:	37
-STRATENÝ ČAS CELKOM:	115,11
-PREŠLO OBMEDZUJÚCIM ÚSEKOM VĽAVO:	11
-PREŠLO OBMEDZUJÚCIM ÚSEKOM VPRAVO:	20
-PRIEMERNÝ ČAS ČAKANIA (min):	181,76
-ČAKÁ VLAKOV V ŽST VPRAVO:	3
-ČAKÁ VLAKOV V ŽST VĽAVO:	4

## 6. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV SIMULÁCIE

- Celkový čas simulácie bol zadaný.
- Odmietnutých (stranených) vlakov bolo celkom 31. To je na krátku dobu simulácie veľký počet.
- Veľmi vysoká je pravdepodobnosť čakania. Čakali takmer všetky vlaky.
- Úsek bol využitý takmer na 100%, nebola žiadna záloha.

Tieto najdôležitejšie údaje informujú, že za daných podmienok je úsek preťažený a zadaný výkon dopravy sa nedá zvládnuť. Tento záver potvrdzuje aj čas čakania vlakov 115.11 hod. To predstavuje 5180.04 vozohodín.

Na podrobnejšie zhodnotenie je možné využiť celý rad ďalších ukazovateľov.

Medzi výsledkami sú uvedené aj optimálne intervaly vstupov. Pri ich použití by systém fungoval v zadanej organizácii práce optimálne.

Obr. č. 6. Výpis udalostí simulácie

**MODEL - Výpočet**

Súbor Spracovanie Nápoved'

Vstupný formulár Grafické zobrazenie Výpis ud

SIMULÁCIA JAZDY VLAKOV V OBMEDZUJÚCICH ÚSEKOV

SCHÉMA:

Vrútky Teplička

OBMEDZUJÚCI ÚSEK ( OÚ )

PRIEBEŽNÉ VÝSLEDKY:

Čís udal.	Čas (min)	Udalosť	Vstúpilo	Čaká	Ide v OÚ	Odišlo	Odmietnuté
0	0,0	VSTUP	<- 0	1	0	0	0
1	0,4	VSTUP	-> 1	1	1	0	0
2	1,1	ZAČ. JAZDY	<- 1	1	1	0	0
3	32,0	VSTUP	<- 1	2	1	0	0
4	40,4	VSTUP	-> 2	2	1	0	0
5	53,1	KON. JAZDY	<- 2	2	2	1	0
6	55,1	ZAČ. JAZDY	-> 2	2	1	1	0
7	60,0	VSTUP	<- 2	3	1	2	1
8	62,1	ZAČ. JAZDY	-> 2	3	0	2	0
9	80,4	VSTUP	-> 3	3	1	2	0
10	88,1	KON. JAZDY	-> 3	3	1	2	1
11	94,0	VSTUP	<- 3	4	1	3	1
12	96,9	KON. JAZDY	-> 3	4	1	3	0
13	99,9	ZAČ. JAZDY	<- 3	4	1	2	0
14	122,4	VSTUP	-> 4	4	2	2	0
15	136,0	VSTUP	<- 4	5	2	3	1
16	139,4	VSTUP	-> 5	5	3	3	0
17	151,9	KON. JAZDY	<- 5	5	3	3	0
18	153,9	ZAČ. JAZDY	-> 5	5	2	3	1
19	160,9	ZAČ. JAZDY	-> 5	5	1	3	2
20	166,4	VSTUP	-> 6	5	2	3	2
21	172,0	ODMIETNUTÝ	<- 6	6	2	3	2
22	189,9	KON. JAZDY	-> 6	6	2	3	1
23	196,4	VSTUP	-> 7	6	3	3	1
24	198,9	KON. JAZDY	-> 7	6	3	3	0
25	201,9	ZAČ. JAZDY	<- 7	6	3	2	1
26	235,3	VSTUP	<- 7	7	3	3	1
27	246,4	VSTUP	-> 8	7	4	3	1
28	258,9	KON. JAZDY	<- 8	7	4	3	0
29	260,9	ZAČ. JAZDY	-> 8	7	3	3	1
30	267,9	ZAČ. JAZDY	-> 8	7	2	3	2
31	273,3	ODMIETNUTÝ	<- 8	8	2	3	2
32	279,4	VSTUP	-> 9	8	3	3	2
33	295,9	KON. JAZDY	-> 9	8	3	3	1

Obr. č. 6 ukazuje časť formulára s výpisom stavu sústavy po jednotlivých udalostiach. Je ho možné použiť na popis situácie vo zvolenom čase a na kontrolu chovaní systému.

Poznámka: Program je k dispozícii u autorov

## 7. ZÁVER

Využitie metód operačnej analýzy je veľmi široké. Na riešenie konkrétnej situácie sa dá zvyčajne aplikovať niekoľko metód. Niektoré algoritmy sú pomerne jednoduché a dajú sa využiť bez predbežných príprav. Použitie iných je prácnejšie a je potrebné si ho pripraviť vopred. Správna aplikácia umožní riadiacim zložkám prijať optimálny variant riešenia.

Algoritmy založené na využití stochastických metod operačného výskumu, vytvoria priestor na analýzu a možné zovšeobecnenie poznatkov o chovaní preverovaných dopravných systémov. To dá možnosť prijať všeobecné závery a vopred pripraviť opatrenia, ktoré budú minimalizovať negatívne dopady krízových javov na dopravnú prevádzku.

Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou VEGA prostredníctvom finančnej podpory č.1/3329/06.

#### LITERATURA

- [1] BRANDALÍK, F., KLUVÁNEK, P.: *Operačná analýza v železničnej doprave*. ALFA, Bratislava, 1986.
- [2] KAŠPAR, V.: *Metodiky činností v krízových situáciách*. In: Sborník z II. odborně vědecké konference Krízové stavy a doprava. Pardubice 18.9.2002, IJP,o.p.s. Pardubice, s.40-44, ISBN 80-86530-08-6.
- [3] SOUŠEK, R.: *Krízové řízení v dopravě. Učebnica*. Institut Jana Pernera,o.p.s 2002, Pardubice ISBN 978-80-86530-06-2.
- [4] VORLÍČEK, M.: *Výbrané kapitoly matematické statistiky*. Učebná pomôcka. Ministerstvo národnej obrany Praha, 1968.
- [5] MILATA, I.: *Teorie hromadné obsluhy ve vojenské dopravě*. Skriptum, Vojenská fakulta Vysoké školy dopravy a spojov v Žiline, 1992.
- [6] UNČOVSKÝ, L.: *Stochastické metody operačnej analýzy*. Alfa, Bratislava, 1980. ISBN 63-557-80.
- [7] MILATA, Ivo: *Teória hromadnej obsluhy*. VF VŠDS, Žilina, 1991.
- [8] 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.
- [9] ŠIMÁK, L., NOVÁK, L., DVOŘÁK, Z., SEIDL, M., MILATA, I: *Doprava v krízových situáciách - monografia*. Žilina, FŠI ŽU .

#### SUMMARY

##### The Simulation of Train Movement in Limited Partition

In society, in nature, in technologic process and mainly in transportation it is no possible eliminate creation crisis and crisis situations. Everybody to try finding ways for minimize its behaviors and outcomes. In frame prevention activities we need prepare several measures for solving crisis situations in specific environment, space and time. Mathematical simulation can prepare several solutions, in good occasion also optimal solutions. The railway transport has prepared many specific organize, technical, and material proceedings for solving crisis situation. In article is described computing program for sophisticated solving of some problems.



## II. LOGISTYKA W SYTUACJACH KRYZYSOWYCH

