

# MULTIAGENTOVÝ SYSTÉM NA ZNIŽOVANIE RIZÍK V CESTNEJ DOPRAVE

## MULTIAGENT SYSTEM FOR RISK REDUCTION IN ROAD TRANSPORT

Zdeněk Dvořák, Ján Raždík<sup>1</sup>

---

*Anotace: V príspevku je prezentovaný súčasný stav riešenia úloh projektu EasyWay, ktorý v súčasnosti je riešený v Slovenskej republike ako úloha vedy podporovaná Ministerstvom dopravy, pôšt a telekomunikácií Slovenskej republiky a Európskou úniou. Podstatou riešenia je vytvorenie programového produktu zameraného na znižovanie rizík v cestnej doprave.*

*Klíčová slova: znižovanie rizik, cestná doprava*

*Summary: This article presents actual state of tasks solved in project EasyWay, which is proceeded in Slovak republic as a scientific task supported by Ministry of Transport, Posts and Telecommunication of Slovak Republic and European Union. The aim of this task is to create programme product, which could help to decrease risks in road transport.*

*Key words: Reduction of risk, road transport*

### 1. ÚVOD

Hlavným cieľom programového produktu - multiagentového systému je prispieť ku znižovaniu rizík v cestnej doprave. Vychádzajúc z normy ISO 01 0380 Manažérstvo rizika [6] je nutné v prvom kroku opísať súvislosti a určiť prvky systému, ktorý bude hodnotený. Nasleduje druhý krok identifikácia rizík konkrétneho objektu cestnej infraštruktúry. Tretím krokom je s využitím vhodných metód analyzovať riziká zvoleného objektu. V prvej fáze je možné využiť známe kvalitatívne metódy v ďalšom kroku je nutné vybrať vhodnú kvantitatívnu metódu a pomocou nej stanoviť riziko uvedením konkrétnej číselnej hodnoty. Nasleduje porovnanie vypočítaného riziká s hranicou akceptovateľnosti. V tom momente sa definuje prvý záver – či je vypočítané riziko akceptovateľné či nie. V prípade, že nie je akceptovateľné aké opatrenia treba urobiť na zníženie alebo vylúčenie rizika. Pre správne fungovanie navrhovaného programového produktu je treba postupne doň vložiť všetky dostupné vhodné metódy – ich opis i možnosť reálneho použitia.

---

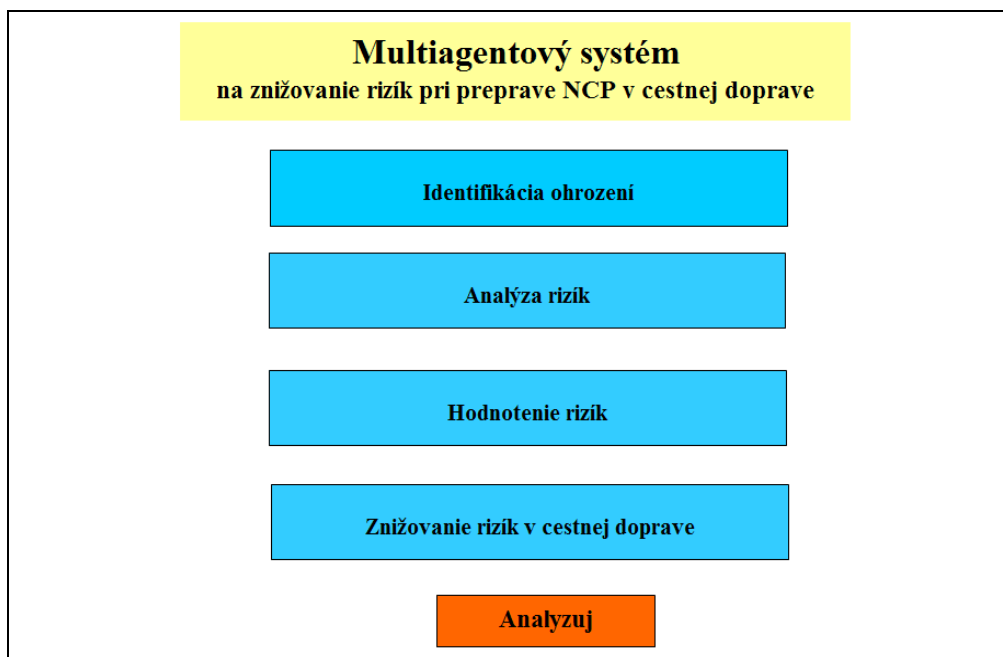
<sup>1</sup>doc. Ing. Zdeněk Dvořák, PhD., Žilinská Univerzita Žilina, FŠI, Pracovisko výskumu krízového riadenia, 1. mája 32, 01026 Žilina, tel.: 00421 41 513 6854, fax: 00421 41 513 6620, email: [zdenek.dvorak@fsi.uniza.sk](mailto:zdenek.dvorak@fsi.uniza.sk)  
Ing. Ján Raždík, Univerzita Žilina, FŠI, doktorand na Katedre technických vied a informatiky, 1. mája 32, 01026 Žilina, tel.: 00421 41 513 68, fax: 00421 41 513 6620, email: [jan.razdik@fsi.uniza.sk](mailto:jan.razdik@fsi.uniza.sk)

## 2. TVORBA MULTIAGENTOVÉHO SYSTÉMU NA ZNIŽOVANIE RIZÍK V CESTNEJ DOPRAVE

Proces tvorby softvérovej aplikácie multiagentového systému vychádza z prvotnej myšlienky, základného návrhu jednotlivých častí, cez testovaciu verziu v našom prípade vytváranú v prostredí Excel a nasledovať bude odladenie aplikácie v jazyku Visual basic.

Multiagentový systém na znižovanie rizík v cestnej doprave predstavuje ucelenú softvérovú aplikáciu, ktorá v sebe zahŕňa jednotlivé časti procesu posudzovania rizík. Multiagentový systém sa skladá zo štyroch základných častí a to identifikácia ohrozenia, analýza rizík, hodnotenie rizík a znižovanie rizík v cestnej doprave a piatej doplnkovej časti analyzuj (obr. 1).

Prvá časť multiagentového systému sa nazýva Identifikácia ohrozenia (obr. 2). V tejto časti sa používateľ môže dozvedieť o ohrozeniach, ktoré súvisia s cestnou dopravou. Do tejto časti sú zahrnuté antropogénne činnosti, právne dokumenty, cestná infraštruktúra, dopravné prostriedky a vonkajšie okolie. Užívateľ si vyberie kategóriu, ktorá ho zaujíma a môže zistiť potrebné informácie, prípadne bude odkázaný na iné oblasti v multiagentovom systéme. Pre antropogénne činnosti sú vypísané činnosti, ktoré ohrozujú cestnú premávku. Časť právne dokumenty obsahuje všetky medzinárodné a národné právne predpisy (ADR, Zákon č. 315/96 Z.z. o premávke na pozemných komunikáciách, atď.), ktoré súvisia s prepravou nebezpečných a citlivých produktov (ďalej NCP). V časti cestná infraštruktúra je infraštruktúra rozdelená do viacerých kategórií (tunely, mosty, diaľnice, atď.). Časť dopravné prostriedky, rozdeľuje cestné dopravné prostriedky do kategórií a druhov na základe stanovených kritérií. V časti prostredie sú možné ohrozenia ktoré priamo súvisia s vonkajším prostredím.



Zdroj: Autor

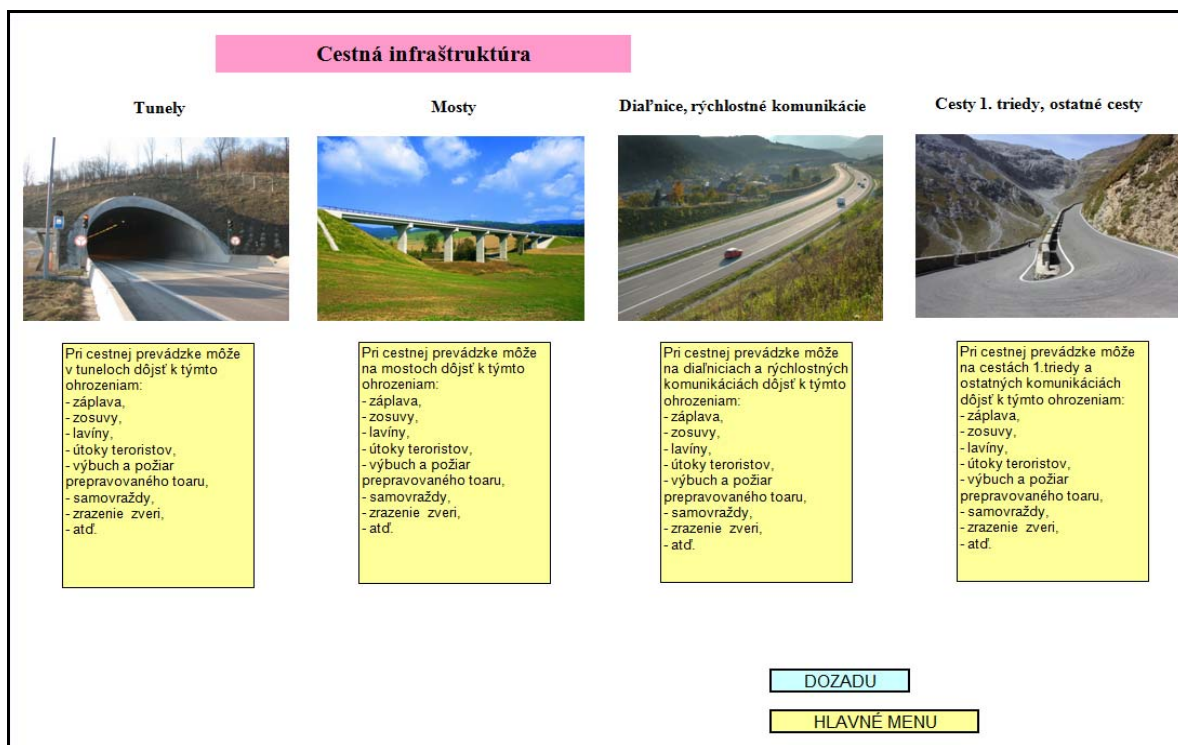
Obr. 1 – Multiagentový systém – hlavná ponuka

Na obrázku číslo 2 je uvedené základné členenie ohrození v cestnej doprave. Pri výbere niektorej časti sa zobrazí prehľad tejto položky pozri obr. 3.



Zdroj: Autor

Obr. 2 – Multiagentový systém - identifikácia ohrození v cestnej doprave



Zdroj: Autor

Obr. 3 – Identifikácia ohrození v cestnej infraštruktúre

### **3. TVORBA MULTIAGENTOVÉHO SYSTÉMU NA ZNIŽOVANIE RIZÍK V CESTNEJ DOPRAVE**

Na vyhodnocovanie rizík v rôznych oblastiach a sférach sa v súčasnosti používa veľa rôznorodých metód, ktoré môžeme rozdeliť na dve základné skupiny a to indukčné metódy a dedukčné metódy, podrobnému opisu obsahu týchto metód nebude v článku venovaný priestor.

Indukčné metódy („ex ante“) umožňujú predvídať možnú nehodu v bezporuchovom fungujúcom systéme, pričom analýza rizika poukazuje na okolnosti, ktoré by mohli zapríčiniť vznik mimoriadnej udalosti. Tieto metódy majú charakter prevencie → pomáhajú vyhodnotiť počet a následky porúch a prijať vhodné preventívne opatrenia.

Dedukčné metódy („ex post“) analyzujú nehody, ktoré sa už niekedy vyskytli a hľadajú všetky udalosti a súvislosti, ktoré ich mohli zapríčiniť.

Iné členenie je na metódy kvalitatívne, kvantitatívne a kombinované. Kvalitatívne metódy boli uprednostňované do súčasnosti. Ich základom je odpoveď na základnú otázku či dané ohrozenie je treba ihneď riešiť. Výhodou je relatívna jednoduchosť vyhodnotiť dané ohrozenie. Nevýhodou je relatívna nepresnosť spôsobená subjektivismom týchto metód. Kvantitatívne metódy na druhej strane majú za cieľ na základe exaktne definovaných číselných hodnôt dať k dispozícii výsledné riziko v číselnej hodnote. Potom je na autoroch či majú vhodným spôsobom definovanú hranicu akceptovateľnosti. Problémom týchto metód je spravidla nedostatok vhodných štatistických metód. Kombinované metódy (napr. upravená bodová metóda) spájajú výhody i nevýhody predošlých metód. Podrobná znalosť uvedených metód a možnosti ich praktického využitia sú predpokladom na vytváranie expertných informačných systémov.

Snahou autorov multiagentového systému je vytvoriť odborný základ pre expertný informačný systém. V multiagentovom systéme sa nachádza encyklopedická časť, ktorú predstavuje prehľad metód na hodnotenie rizík. V menu analýza rizík (obr. 4) sa nachádza 17 metód na hodnotenie rizík. V prvej skupine tradičných metód sú štyri metódy, zvyšných 13 metód predstavuje samostatné metódy. Po kliknutí na konkrétnu metódu sa užívateľ dostane k popisu metódy a pri vybraných metódach je možnosť počítania miery ohrozenia na základe zadaných parametrov. Do budúcnosti sa bude multiagentový systém rozrastať a umožní využívanie viacerých metód na výpočty miery ohrozenia.

**Analýza rizik**

Na analýzu rizika sa v súčasnej dobe používa veľa rôznorodých metód .Vznikli zväčša ako objednávka na analýzu rizika konkrétneho podniku alebo inštitúcie. V ďalšom texte sú uvedené len najpoužívanejšie a najznámejšie. Väčšina metód je popísaná iba stručne, významnejšie sú popísané detailnejšie. Metódy analýzy rizika je možné deliť na indukčné a dedukčné. Indukčné metódy umožňujú predvídať možnú poruchu zariadení v ucelenej prevádzkovej zostave, pričom analýza rizika poukazuje na okolnosti, ktoré by mohli poruchy zapríčiniť; pomáhajú vyhodnotiť počet a následky porúch a prijať vhodné preventívne opatrenia. Dedukčné metódy analyzujú nehody, ktoré sa už v praxi vyskytli a hľadajú udalosti a súvislosti, ktoré ich zapríčinili.

**PREHLAD METÓD**

TRADIČNÉ METÓDY	ANALÝZA STROMOM PORÚCH (FTA)
RELATÍVNE HODNOTENIE (RELATIVE RANKING)	ANALÝZA NEBEZPEČENSTVA (HAZAN)
RÝCHLE HODNOTENIE (RAPID RANKING)	ANALÝZA STROMOM NEBEZPEČENSTVA (HTA)
ÚVODNÁ ANALÝZA NEBEZPEČENSTVA (PHA)	ANALÝZA VPLYVOV PORÚCH A ICH NÁSLEDKOV (FMEA)
ŠTÚDIA NEBEZPEČNOSTI A PREVÁDZKYŠCHOPNOSTI (HAZOP)	ANALÝZA PRÍČIN NÁSLEDKOV (CCA)
ANALÝZA VPLYVOV PORÚCH A ICH NÁSLEDKOV (FMEA)	ANALÝZA SPOĽAHLIVOSTI ČLOVEKA (HRA)
BODOVÁ METÓDA (PM)	KVANTITATÍVNA ANALÝZA RIZIKA CHEMICKÝCH PROCESOV (CPQRA)

HLAVNÉ MENU

Zdroj: Autor

Obr. 4 - Multiagentový systém – výber metód na analyzovanie rizík

#### 4. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

V podmienkach reálnej praxe často dochádza k neriešeniu určitých ohrození. Správcovia pozemných komunikácií sú často v situácii, kedy nemajú finančné prostriedky na bežnú údržbu ani na plánovanú obnovu. V akademických kruhoch často vypisujeme témy bakalárskych i inžinierskych prác s cieľom znížiť riziká v cestnej doprave. Biela kniha pre dopravnú politiku [1] stanovila cieľ znížiť počet usmrtených na našich cestách o 50%. Táto úloha je v ostrom kontraste s výrazným nárastom počtu cestných vozidiel a nedostatkom financií na budovanie moderných cestných komunikácií. V niektorých častiach Slovenskej republiky (napr. medzi Žilinou a Liptovským Mikulášom) zaostáva cestná infraštruktúra za počtom vozidiel o 5 až 10 rokov. Druhou možnosťou na zníženie počtu usmrtených je nasadenie nových telematických riešení, vrátane vhodných podporných softvérov určených nielen pre riadenie cestnej premávky, ale aj pre údržbové jednotky – najmä riešenie kalamitných situácií, ale aj v bežných prevádzkových podmienkach. Často dochádza k situácii, že určitá porucha na pozemnej komunikácii je v bežných prevádzkových podmienkach relatívne málo nebezpečná, ale v určitých poveternostných podmienkach, môže byť neakceptovateľným rizikom, pri prejazde daným miestom.

Kde je hranica, kedy je nutné vykonať údržbu – obmedziť premávku? Firmy, ktoré zabezpečujú údržbové práce majú presne stanovené plány údržby. Reálny život však neumožňuje ich presné plnenie. Z toho dôvodu často dochádza k neriešeniu relatívne nebezpečných ohrození. Až keď dôjde k nehode, tak potom je spravidla výsledkom zistenie,

že vodič neprispôbil rýchlosť vozidla stavu a povahe vozovky – a to je klamstvo. Reálnou príčinou veľkého počtu nehôd na slovenských cestách je nevyhovujúca kvalita povrchu vozovky – sneh, ľad, blato, diery, mláky, koľaje a pod. To je realita slovenských ciest. Ktoré poruchy na vozovke sú akceptovateľné, a ktoré už nie?

BODOVÁ METÓDA					
	Riziko	Pravdepodobnosť vzniku rizika	Dôsledok rizika	Výsledok	Slovné vyjadrenie
1	kombinované riziká	3	2	6	Vysoká miera ohrozenia
2	riziká meteorologického charakteru	3	3	11	Zvýšená miera ohrozenia
3	riziká vychádzajúce z krízových stavov	5	1	12	Zvýšená miera ohrozenia
4	riziká terorizmu	4	2	10	Zvýšená miera ohrozenia
5	riziká technického a technologického pôvodu	2	2	5	Veľmi vysoká miera ohrozenia
6	riziká agrogénneho charakteru	4	3	14	Zvýšená miera ohrozenia
7				NEPRAVDA	0
8				NEPRAVDA	0
9				NEPRAVDA	0
10				NEPRAVDA	0

DOZADU  
HLAVNÉ MENU

<b>Najvyššia vypočítaná hodnota je 5 a je to Veľmi vysoká miera ohrozenia .</b>
---

Tabuľka 1 Pravdepodobnosť vzniku rizika

Pravdepodobnosť vzniku rizika	Číselná hodnota	Frekvencia Vzniku
veľmi vysoká	1	Vzrik je veľmi častý
vysoká	2	Vzrik je veľmi pravdepodobný
stredná	3	Vznik je menej pravdepodobný
nizka	4	Vznik je málo pravdepodobný
veľmi nizka	5	Vznik je takmer vyňúčený

Tabuľka 2 Dôsledky rizika

Typ dôsledku	Kategória	Opis dôsledku
katastrofický	1	Zničenie systému, nenahraditeľné straty, straty na ľudských životoch
kritický	2	Rozsiahle poškodenie systému, obrovské finančné straty, vážne zranenia
málo významný	3	Mensie poškodenie systému, finančné straty
zanedbateľný	4	Zanedbateľné poškodenie systému

Zdroj: Autor

Obr. 5 - Reálny príklad použitia bodovej metódy

Zamyslenia nad týmito otázkami nás viedli k príprave softvérovej aplikácie – multiagentového systému, ktorý by mohol byť základom pre budúci expertný počítačový systém. V prvom kroku je nutné určiť súvislosti a opísať všetky možné ohrozenia. Na základe zoznamu ohrození, ich začneme postupne vyhodnocovať. V prvom poradí sa zameriame na tie, ktoré sú najpravdepodobnejšie a v druhom poradí na tie, ktoré môžu priniesť najväčšie možné následky.

Pre prax je potrebné pripraviť výstupy v podobe kvantitatívneho hodnotenia konkrétneho objektu, prvku alebo činnosti. Na ten účel bola ako prvá do multiagentového systému zapracovaná bodová metóda. Na obrázku 5 je uvedený konkrétny príklad vyhodnotenia šiestich rôznych rizík. Vo zvolenom príklade je výsledok nasledovný:

Neakceptovateľná miera rizika je riziko 5 – technického a technologického charakteru, pre uvedené riziko je nutné okamžite hľadať nápravné opatrenia a znížiť ho. Riziko 1 – kombinované riziko, prináša vysokú mieru ohrozenia, z toho dôvodu je vhodné použiť protiopatrenia na znižovanie rizika. Riziká 2, 3, 4 a 6 sú vyhodnotenú ako zvýšená miera rizika, čím sa odporúča postupne nasadiť vhodné opatrenia.

## 5. ZÁVER

Riešenie problematiky monitorovania a riadenia údržbových prác v cestnej doprave je jednou z nových telematických oblastí. V minulých rokoch bola hlavná pozornosť smerovaná na informácie o stave počasia a jeho vplyv na cestnú premávku. Dnes je v niektorých krajinách vybudovaný prepracovaný systém, ktorý riadi výjazdy vozidiel zimnej údržby, prípadne aktivuje technické zariadenia, ktoré automaticky začnú pôsobiť proti extrémom v počasi a zlepšujú zjazdnosť na cestách. V súčasnosti je možné hľadať aj ďalšie úlohy, ktoré by bolo vhodné riešiť v oblasti údržby a opráv cestnej infraštruktúry a jej okolia.

Vhodným príkladom sú niektoré motoristicky vyspelé krajiny, napríklad Nemecko, Francúzsko, Taliansko..... Miera ohrozenia jednotlivých účastníkov cestnej premávky v týchto krajinách je daná najmä kvalitnou cestnou infraštruktúrou. Ďalším dôležitým faktorom je vek prevádzkovaných motorových vozidiel. Nemenej dôležitá v pomerne vysoká miera použitia telematických opatrení v cestnej doprave. K dôležitým faktorom patrí tiež celková kultúra spoločnosti, kde veľká časť populácie dodržiava predpisy a zákony a je na cestách ku sebe navzájom ohľaduplná.

*Príspevok vznikol za podpory projektu EasyWay*

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] COM(2001) 370 final – Biela kniha –Európska dopravná politika do roku 2010: čas rozhodnutia, Európska komisia, Brusel, 1.9.2001.
- [2] Čiastková správa projektu EasyWay, marec 2010.
- [3] KLEPRLÍK, J., RATHOUSKÝ, B., BEČIČKOVÁ, M.: The Usage of Multicriterial Analysis for Determining Priorities and the Evaluation in Transport. In: Scientific papers of the University of Pardubice, Series B - The Transport Faculty, Nr.14 (2008), p.159-168, University of Pardubice, Czech republic, ISSN 1211-6610.
- [4] MÁCA, J., LEITNER, B.: Methods of Multicriterial Decision Making in Crisis management of Transport (in Slovak). In: Proceeding of International Scientific

- Conference “Crisis states and Transport”, University of Pardubice, Transport Faculty, Pardubice 2008, Czech Republic, pp. 45-49, ISBN 978-80-86530-49-9.
- [5] MAŇAS, P. The Information Portal of The Czech Corps of Engineers. In Proceedings of Conference Crisis Situations – Rebuilding of transportation infrastructure objects. Brno: University of Defence, 2006, pp. S14.1 – S14.5. ISBN 80-7231-147-6. [in Czech].
- [6] Norma ISO 01 0380 Manažerstvo rizika. [in Czech].
- [7] SOUŠEK, R., DVOŘÁK, Z.: Risk identification in critical transport infrastructure in case of central Europe with focus on transport of dangerous shipments. In: Proceedings of the 13th world multi-conference on systemics, cybernetics and informatics - WMSCI 2009, International Institute of Informatics and Systemics, Orlando, Florida, USA, 2009, p.374-377. ISBN 978-1-934272-62-6.
- [8] SVENTEKOVÁ, E.: Risk analysis in transport systems, (in Slovak). In: Proceedings of conference LOGI 2005, University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic. p. 219-223, ISBN 80-86530-25-6.