

## Niektoré prístupy na využitie umelej inteligencie a expertných systémov v teórii a praxi krízového manažmentu

**Anotácia:** Možnosti využitia najnovších postupov a metodík v informačných technológiách pri práci s posudzovaním rizika. Existencia neurčitosti a neistoty vo všetkých systémoch. Objasnenie pojmov umelá inteligencia, soft computing a inteligentné systémy. Očakávané oblasti využitia umelej inteligencie a inteligentných systémov. Základné možnosti použitia fuzzy logiky a teórie fuzzy množín pre krízový manažment. Objasnenie fuzzy logiky. Využitie fuzzy systémov na zaznamenávanie neurčitých informácií. Základná architektúra expertných systémov a popis troch základných modulov. Metódy rozhodovania v krízovom manažmente využívajúce stromy rozhodovania. Prínos umelej inteligencie pre krízový manažment.

**Kľúčové slová:** Bezpečnosť, krízový manažment, informačné systémy, umelá inteligencia, neurčitosť, soft computing, inteligentné systémy, fuzzy systémy, metódy rozhodovania, stromy rozhodovania, fuzzy logika, expertné systémy, báza znalostí, báza dát, inferenčný mechanizmus.

### Úvod

V súčasnosti je bezpečnosť jedným z najdôležitejších pojmov, ktoré sa denne skloňujú v našej spoločnosti. Jednotlivcov i spoločnosť neustále ohrozujú rôzne druhy a typy nebezpečenstiev s rôznymi stupňami ohrozenia. Pocit bezpečnosti je základnou ľudskou potrebou. Intenzívnym prežívaním sa táto potreba stáva životne dôležitou hodnotou. Jej význam si ľudia spravidla uvedomujú až vtedy, keď pocitujú jej nedostatok, cítia sa ohrození a nemajú pocit bezpečnosti.

Posudzovaním a hodnotením rizík spojených s jednotlivými nebezpečenstvami sa zaoberá krízový manažment, prípadne manažment rizík. Krízový manažment okrem toho, že je to vedný odbor, je zároveň nástrojom na identifikáciu, analýzu rizík, ich hodnotenie, klasifikáciu a následné znižovanie rizík<sup>1</sup>.

Krízový manažment ako vznikajúca a dynamicky sa rozvíjajúca špecifická, hraničná vedná disciplína sa opiera vo všeobecnosti o vedecké prístupy všeobecnej teórie riadenia, prístupy prírodných (napr. matematika, fyzika), technických (napr. kybernetika, informatika), ekonomických a humanitných (napr. ekonómia, sociológia, sociálna psychológia) vedných odborov. Špecifickým spôsobom využíva najmä prístupy a poznatky systémového inžinierstva, teórie katastrof, teórie konfliktu.

Rozmach informačných technológií, nových tendencií a prístupov v súčasnom období je mimoriadne široký. S ním súvisí rozširovanie a expanzia komunikačných prostriedkov a technológií. Dochádza k rýchlejšiemu šíreniu informácií, komunikácia a výmena informácií medzi jednotlivcami, ako aj skupinami sa stáva jednoduchšou. Neustály vývoj a zlepšovanie hardwarových i softwarových prostriedkov zvyšuje mieru využívania informačných technológií a technických prostriedkov tohto druhu vo všetkých oblastiach ľudskej činnosti. Je zrejmé, že tieto prístupy sa ľudská spoločnosť snaží aplikovať najmä v takých oblastiach svojej existencie, ako je oblasť bezpečnosti a minimalizácie rizík svojho vývoja.

Tento trend so sebou prináša na jednej strane zvýšené nebezpečenstvá a hrozby pre jednotlivcov i spoločnosť z pohľadu využitia, resp. zneužitia informačných systémov alebo konkrétnych informácií. Na druhej strane ale tento trend umožňuje využitie informačných systémov pre potreby zvyšovania bezpečnosti. Mnohé informačné systémy sa dnes už stali

---

<sup>1</sup> Pozri napr. ŠIMÁK, L. *Manažment rizík*. Žilina : FŠI ŽU, 2006. s. 51, tiež BUZALKA, J. *Všeobecné otázky krízového manažmentu*. Bratislava : Akadémia PZ, 2005, s. 61 – 62

bežným pomocným a podporným prostriedkom na prácu v krízovom manažmente, resp. v manažmente rizík.

Súčasným programovým prostriedkom používaným v informačných systémoch využívajú najnovšie vedecké prístupy a postupy z uvedenej oblasti, ako aj z oblasti informatiky. Jedným z novších a progresívnych smerov rozpracovaných v informatike je aj umelá inteligencia.

## **Niektoré prístupy k využitiu umelej inteligencie a expertných systémov v teórii krízového manažmentu**

V teórii systémov je zvýrazňovaná významná vlastnosť systému, a to stabilita systému. Túto veličinu je možné vyjadriť ako schopnosť systému zotrvať v určitom stave pri pôsobení určitých rušivých faktorov, alebo sa do tohto stavu po vychýlení navracáť. Krízový vývoj a správanie sa systému súvisí s jeho stabilitou.

V podmienkach neurčitosti nemajú javy a procesy konštantný tvar a priebeh ani pri kauzálnej súvislosti týchto javov a procesov. Z tohto dôvodu nie je možné takéto javy a procesy presne identifikovať. V týchto podmienkach sa preto nevyskytuje bezrizikové riešenie. Tieto podmienky sú zdrojom protirečivosti medzi tým, čo očakávame, a skutočnosťou. Tieto protirečenia sa v určitom štádiu, ak nie sú riešené, stávajú zdrojom kríz. Disharmónia medzi očakávaným výsledkom činnosti a skutočným výsledkom je vyjadrením nestability a neurčitosti prostredia. Vnútna nestabilita jednotlivých prvkov a väzieb medzi nimi spôsobuje nestabilitu celého systému a je možným zdrojom ohrozenia a vzniku krízy v celom systéme.<sup>2</sup>

Krízové javy sa vyznačujú značnou neistotou a neurčitosťou. Pokiaľ je možné neistoty kvantifikovať pomocou nástrojov matematickej štatistiky, neurčitosti je možné len odhadovať na základe čo možno najdôkladnejšieho poznania minulosti a súčasnosti rizikového javu a pomocou špecifických (napr. expertných) metód. Krízové javy sa vyznačujú relatívne nízkou mierou pravdepodobnosti výskytu a zároveň značnými negatívnymi dôsledkami, čo spolu sťažuje možnosť ich exaktného posudzovania a hodnotenia. Je ale potrebné uviesť, že napriek tomu už dnes v mnohých krajinách existujú niektoré normy (aj právne), ktoré vo všeobecnosti určujú isté štandardizované postupy na zvládnutie rizík, ktorých pravdepodobnosť výskytu nie je zanedbateľná.

Lubovoľná činnosť človeka je vždy ovplyvnená istou mierou neurčitosti. Táto kategória slúži na redukciu odhadovaného rizika, že daný cieľ nedosiahneme s prijateľnou kvalitou.<sup>3</sup> Sme teda často bežným životom, ako aj spoločenskými systémami nútení účelovo si zavádzať toleranciu pre nepresnosť a neurčitosť. Nie je vždy možné jednotlivé spracovávané hodnoty vyjadriť kvantitatívne. V krízovom manažmente sa pracuje neustále za prítomnosti určitej miery neistoty alebo neurčitosti. V každom systéme, na ktorý sú aplikované postupy a metódy krízového manažmentu, pretrváva i po všetkých dostupných aktivitách vedúcich ku znižovaniu miery rizika zostatkové riziko.

Využívanie neurčitosti a nepresnosti je jednou zo základných vlastností prístupov "soft computing". Ich cieľom je dosiahnuť prijateľnú výpočtovú zložitnosť, robustnosť, ako aj nízku cenu výsledného produktu. V súčasnosti sa očakáva postupné uplatňovanie princípov inteligentných systémov v mnohých významných oblastiach ľudskej činnosti. Skúma sa ich využitie vo vojenských aplikáciách na všetkých úrovniach. Ďalším predmetom výskumu je využitie inteligentných systémov v riadení dopravnej infraštruktúry. Niet pochyb o širokých možnostiach využitia uvedených systémov aj v oblasti krízového manažmentu.

---

<sup>2</sup> Pozri BUZALKA, J. *Všeobecné otázky krízového manažmentu*. Bratislava : Akadémia PZ, 2005, s. 19

<sup>3</sup> SPALEK J., JANOTA A., BALAŽOVIČOVÁ M., PŘIBYL P. *Rozhodovanie a riadenie s podporou umelej inteligencie*, Žilina, EDIS 2005 s. 8

Inteligentné systémy využívajú vo svojej činnosti mnohé prvky umelej inteligencie, ako sú fuzzy množiny, fuzzy systémy, neurónové siete, generické algoritmy a v neposlednom rade i expertné systémy.

V klasickej teórii informácií, rozhodovania a riadenia sa nevyhnutné potrebné doplnkové informácie získavajú rôznymi výpočtami. Napríklad sa môžu využívať prostriedky poskytované teóriou pravdepodobnosti a matematickej štatistiky. V umelej inteligencii sa vychádza z napodobňovania postupov ľudskej inteligencie. Ku špecifickým postupom sa pripája podpora vysokej výpočtovej rýchlosti počítačov, ktorú dnešné hardwarové prostriedky už poskytujú s istou mierou samozrejmosti.

Pri rozhodovacích procesoch vo všeobecnosti sa často využívajú podporné prostriedky, ktorými môžu byť rôzne modely, prípadne grafy. Jedným zo špecifických typov grafov je strom rozhodovania (niekedy aj ako strom významnosti). Takéto typy grafov sa používajú v krízovom manažmente napríklad pri posudzovaní rizík.

Výhodou týchto metód pre krízový manažment je skutočnosť, že umožňujú klasifikovať a vyhodnotiť veľké množstvo problémov, ktoré súvisia (s rôznou mierou významnosti) so všeobecným cieľom riešenia problému. Najčastejšie sa pri týchto metódach používajú také prístupy, ako sú napr.:

PATTERN (Planning Assistance Through Evaluation of Relevance Numbers) – finančne a časovo náročný prístup.

- Zostavenie verbálneho scenára (chronológia očakávaných zmien, rozhodnutí a medziodborových súvislostí).
- Vytvorenie stromu významnosti.
- Evaluácia súčasného stavu uvažovaných alternatív riešenia.
- Algoritmizácia kvantitatívnych vzťahov medzi cieľmi a prostriedkami.
- Zostavenie konečného modelu riešenia.

QUEST (Quantitative Utility Estimates for Science and Technology).

- Kvantitatívna evaluácia významnosti rôznych úloh.
- Kvantitatívna evaluácia prínosov rôznych smerov riešenia.
- Určenie celkovej významnosti každého smeru riešenia pre jednotlivé úlohy vymedzenie prostriedkov.

SEER (Systém for Event Evaluation and Review) – spája v sebe delfskú metódu s extrapoláčnymi a normatívnymi postupmi.

Metódy stromu rozhodovania je najčastejšie možné používať v začiatkovej fáze vývinu krízy, v období prijímania preventívnych opatrení na výber optimálnych postupov na dosiahnutie vytýčených cieľov z množiny možností. Základom tejto metódy je hierarchické usporiadanie dejov (javov, tendencií alebo čiastkových cieľov formou rozvetvujúceho sa stromu rozhodovania (schémy) v závislosti od ich významnosti a dôležitosti. Na vyšších vetvách sú deje (javy) dôležitejšie (majú väčší vplyv na riešenie udalostí), na nižších vetvách sú „zavesené“ deje (javy) elementárne. Platí pravidlo, že deje (javy) vyššej aj nižšej úrovne sú navzájom podmienené, teda deje (javy) na najbližšej vyššej úrovni považujeme za ciele pre deje (javy) najbližšej nižšej úrovne.

V umelej inteligencii sa veľká časť prehľadávacích a vyhľadávacích postupov a stratégií zaoberá efektívnymi spôsobmi analýzy stromov rozhodovania. Oblasť umelej inteligencie, ktorá sa uvedenou problematikou zaoberá veľmi intenzívne, sú už spomínané fuzzy systémy založené na fuzzy stromoch rozhodovania. Fuzzy systémy sú založené na

fuzzy logike. Fuzzy logika je časťou matematiky, ktorá úzko súvisí s už spomínanou neurčitou a nepresnou. Vychádza z fuzzy teórie neostrých množín.

Bežné počítače a počítačové systémy dokážu pracovať len s jednoznačnými informáciami. V konečnom dôsledku sú informácie v bežných počítačoch zaznamenané ako nuly a jednotky. Nejednoznačnosť a neurčitosť je však veľmi častá v reálnom živote, vo všetkých typoch spoločenských systémov. Nastáva tu teda závažný problém, ako uvedenú neurčitosť sprostredkovať a zaznamenať pre potreby počítačového systému, ako potom následne s takýmito neurčitými informáciami pracovať. Riešenie nám poskytuje práve fuzzy logika.

Napríklad bežné pojmy ako „teplô“ a „chlad“ z pohľadu na teplotu vonkajšieho prostredia je potrebné počítaču presne špecifikovať. Fuzzy logika pracuje s fuzzy množinami. Vo fuzzy logike sa uvedený problém s pojmami „bežného,“ života bude riešiť rozdelením teplôt na jednotlivé intervaly a priradením takzvanej miery príslušnosti intervalu do danej fuzzy množiny. Miera príslušnosti do fuzzy množiny určuje, nakoľko veľa, resp. málo daná hodnota do množiny patrí (angl. degree membership)<sup>4</sup>.

V klasickej teórii množín jednotlivé hodnoty do množiny alebo patria, alebo do nej nepatria. V tomto smere je teda teória fuzzy množín z istého pohľadu rozšírením klasickej teórie množín. Umožňuje nám neurčité pojmy pomocou miery príslušnosti týchto neurčitých hodnôt do fuzzy množiny špecifikovať a ďalej s nimi pracovať. V našom prípade s teplotami vonkajšieho prostredia by napr. teploty od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $0^{\circ}\text{C}$  mali hodnotu miery príslušnosti k množine „teplô“ rovnú 0,2, avšak teploty od  $+25^{\circ}\text{C}$  vyššie by mali hodnotu miery príslušnosti k rovnakej množine rovnú 0,8.

Z uvedeného vyplýva, že vo všeobecnosti sa pre každý prvok určenej fuzzy množiny definuje jej stupeň, čiže miera príslušnosti do tejto množiny. Takýto postup si vyžaduje úpravu všetkých informácií, ktoré budú daným systémom spracovávané a vyznačujú sa neurčitou. Informácie zaznamenané takýmto spôsobom sú však už aj pre počítač spracovateľné.

V súčasnom období sa v umelej inteligencii stala fuzzy logika veľmi často objektom skúmania. Existujú mnohé využitia takých systémov v rôznych odvetviach ľudskej činnosti. Výnimkou nie je ani krízový manažment (resp. manažment rizík), kde sa taktiež skúmajú nové metódy pri práci s rizikom. Rozpracovávajú sa metódy analýzy rizík, ktoré fungujú na základe fuzzy logiky. Príkladom môže byť metóda Fuzzy Set and Verbal Verdict Method /FL-VV/. Metóda je založená na lingvistickej fuzzy premennej<sup>5</sup>.

Ďalším z prostriedkov používaných v umelej inteligencii sú expertné systémy. Sú súčasťou širšieho pojmu nazývaného znalostné systémy. Pod znalostným systémom rozumieme počítačový systém, ktorý spracováva znalosti a poznatky, čím manifestuje znalosť problematiky, ktorej sa tieto poznatky dotýkajú<sup>6</sup>. Znalosti na rozdiel od informácií sú považované za niečo, čo podáva vyššiu vypovedaciu hodnotu. Znalosti sú chápané ako vyšší stupeň informácie a zväčša sa spájajú s nejakou akciou, aktivitou.

Expertné systémy sú také znalostné systémy, v ktorých sa používajú znalosti expertov v presne stanovenej problémovej oblasti. V krízovom manažmente už majú expertné systémy a ich podpora svoje zastúpenie napríklad vo fáze analýzy rizík /risk assesment/. Tak je to pri metódach analýzy rizík, akou je metóda Fault Tree Analysis /FTA/ alebo metóda Event Tree

<sup>4</sup> Pozri SPALEK, J., JANOTA, A., BALAZOVICOVA, M., PRIBYL, P. *Rozhodovanie a riadenie s podporou umelej inteligencie*. EDIS, s. 21.

<sup>5</sup> [web.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf](http://web.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf)

<sup>6</sup> Pozri SPALEK, J., JANOTA, A., BALAZOVICOVA, M., PRIBYL, P. *Rozhodovanie a riadenie s podporou umelej inteligencie*. EDIS, s. 137.

Analysis /ETA/ a tiež metóda Cause Consequence Analysis /CCA/. Známe a používané sú systémy ako CRAMM, @Risk, RiskWATCH.

Tromi základnými časťami expertných systémov sú:

- báza znalostí,
- inferenčný mechanizmus
- a báza dát <sup>7</sup>.

Báza znalostí je koncepčne podobná databáze. Špecifickou sú súkromné znalosti označované tiež ako heuristiky či neurčité znalosti. Ide o exaktne nedokázané znalosti, ktoré expert získava v priebehu praxe a o ktorých vie, že mu pomáhajú pri riešení určitých problémov. Existencia týchto nepodložených, skreslených či neúplných informácií v báze znalostí sa označuje ako neistota v báze znalostí. Každému jednotlivému neistému elementu reprezentácie znalosti sú priradované numerické parametre, ktoré vyjadrujú mieru ich neistoty.

Na vyriešenie konkrétneho problému je potrebné poskytnúť systému dáta o danom riešenom prípade. Tieto dáta sa ukladajú do bázy dát ako množina údajov k danému prípadu. Potom sa dosadia do všeobecne formulovaných znalostí v báze znalostí. Konkrétne dáta poskytuje používateľ, a to v dialógovom režime práce s počítačom.

Nasleduje inferenčný mechanizmus. Je to programový modul, ktorý vopred určuje stratégiu využívania znalostí z bázy znalostí, sprostredkováva komunikáciu medzi bázou znalostí a bázou dát. Základná architektúra expertného systému môže byť rozšírená o ďalšie moduly, napr. o vysvetľujúci modul a podobne.

Jeden zo zakladateľov umelej inteligencie M. Minský predstrel tézu, že počítače dokážu vykonať oveľa viac, ako im je predpísané pri vytváraní programov<sup>8</sup>. Vychádzal z faktu, že rozsah možných činností počítača sa určuje princípmi jeho programovania. Na základe jeho téz sa začali vyvíjať nové techniky a metodiky programovania. Jednou z nich je aj deklaratívne programovanie. V deklaratívnom programovaní sa pravidlá riešenia problému oddeľujú od riešiacich procesov. Uvedený prístup viedol opäť k novým technikám programovania a celkom novým prístupom v informatike. Na základe vznikajúcich nových techník programovania začali vznikať aj nové typy počítačových systémov. Jednými z nich boli aj takzvané inteligentné systémy.

Inteligentné systémy sú chápané ako umelé systémy schopné vykonávať vysoko komplexné úlohy tak, že ich vzorom sú spôsoby, akými by k týmto úlohám pristupovali ľudia na základe svojej inteligencie. V angličtine sa používa pre systémy, ktoré sú prepojením teoretických a metodologických nástrojov s vlastnosťami živých organizmov a najmä človeka, pojem „soft computing“<sup>9</sup>.

## Literatúra

BUZALKA, J. *Všeobecné otázky krízového manažmentu*. Bratislava : Akadémia PZ, 2005. 137 s, ISBN 80-8054-353-4.

POPPER, M., KELEMEN, J. *Expertné systémy*. ALFA 1988. 358 s, ISBN 80-05-00051-0.

POŽÁR, J. *Manažerská informatika*. Vydavatelství PA ČR, Praha 2003, 165 s, ISBN 80-7251-139-4

<sup>7</sup> Pozri POŽÁR J. *Manažerská informatika*, Praha : Vydavatelství PA, 2003. s. 111

<sup>8</sup> POPPER M., KELEMEN J. *Expertné systémy*, Bratislava : Alfa, 1988., s. 24

<sup>9</sup> SPALEK, J., JANOTA, A., BALAZOVICOVA, M., PRIBYL, P. *Rozhodovanie a riadenie s podporou umelej inteligencie*. EDIS, s. 7

REITŠPÍS, J., MESÁROŠ, M., BARTLOVA, I., CAHOJOVA, L., HOFTEITER, L., SELINGER, P. *Manažérstvo bezpečnostných rizík*. EDIS 2004. 296 s, ISBN 80-8070-328-0.  
ŠIMÁK, L. *Manažment rizík*. Žilina : FŠI ŽU, 2006.  
SPALEK, J., JANOTA, A., BALAZOVICOVA, M., PRIBYL, P. *Rozhodovanie a riadenie s podporou umelej inteligencie* . EDIS 2005. 374 s, ISBN 80-8070-354-X.  
[web.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf](http://web.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf)

**Key words:** safety, crisis management, information systems, artificial intelligence, indefiniteness, soft computing, intelligent systems, fuzzy systems, decision-making methods, decision trees, fuzzy logic, expert systems, core knowledge, basis of data, inferential mechanism

### Summary

Continuous development and improvement of hardware and software tools bring along more and more frequent use of information technologies and technical means of this kind in all areas of human activities. Artificial intelligence and expert systems may, in many ways, serve as a supporting tool for the engagement in crisis management or risk management. With their progressive development, they bring new challenges, tools, techniques and methods which may be used in this field in future. Generally, information systems of artificial intelligence might be used in decision making processes or diagnostic processes, or as systems for production of drafts for security practice. Expert systems are knowledge systems which make use of experts' knowledge in a precisely determined problem area. In crisis management, expert systems and their support have their representation, for instance, in the phase of risk assessment.

*Ing. Monika Václavková*  
*Žilinská univerzita*  
*e-mail: monika.vaclavkova@fri.uniza.sk*

Recenzent: prof. PhDr. Ján Buzalka, CSc.