Numerické zpracování výsledků expertních analýz pomocí matice rizik

Numerical Processing of Results of Expert Analysis with Usage Risk Matrix

Petr Šimůnek^{a*}, Ivana Laníková^a, Petr Štěpánek^a, Jakub Venclovský^a, Lukáš Junek^b

^aVysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

^bVysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Abstrakt

Článek se zabývá možnostmi numerického zpracování expertních analýz při použití matice rizik. Pro obvyklý způsob výpočtu rizika není běžná podoba matice rizik odpovídající. Pro často používanou podobu matice rizika je navržen modifikovaný výpočet rizika. V článku jsou popsány varianty numerických výstupů z matice rizik, mimo jiné pomocí nástrojů fuzzy logiky. Příspěvek byl prezentován na konferenci ExFoS 2019 ve dnech 24.–25. ledna 2019.

Klíčová slova: matice rizik, expertní analýzy, fuzzy logika, riziko, hodnocení.

Abstract

The article deals with possibilities of numerical processing of expert analysis using a risk matrix. The usual form of risk matrix is not corresponding for the ordinary way of the risk rate calculating. A modified rate risk calculation is designed for the frequently used form of risk matrix. Variants of numerical output data form from the risk matrix are described, using fuzzy logic tools, among other things. The paper was presented at the ExFoS 2019 conference, 24–25th January.

Keywords: risk matrix, expert analyses, fuzzy logic, risk, assessment.

1. ÚVOD

Autoři se zabývají komplexní analýzou životnosti technických objektů. Průběh hodnocení se skládá z několika kroků, jedním z nich je hodnocení rizika pomocí matice rizik. Do ní vstupují hodnoty vyjadřující míru pravděpodobnosti poruchy (index pravděpodobnosti vzniku poruchy; lze popsat také jako potenciál ke vzniku poruchy) a velikosti dopadů na sledované funkce objektu při vzniku poruchy (index následků, dopadu).

Popsané indexy jsou vypočteny z výsledků expertní analýzy, která hodnotí jednotlivé rizikové faktory pomocí diskrétních hodnot v oboru celých kladných čísel; např. v intervalu od 1 do 5. Vyšší hodnota odpovídá vyšší míře pravděpodobnosti poruchy a vyššímu dopadu poruchy na funkci konstrukce. Vypočtené indexy mohou být normovány, např. v intervalu $<0, 1>$.

Při vyhodnocování výše míry nebo hodnoty rizika (v závislosti na formě vyjádření pravděpodobnosti a dopadu) pomocí matice rizik je možné použít kromě kvalitativního výstupu také kvantitativní. Některé přístupy výpočtu míry rizika z matice rizik jsou popsány níže.

2. KVANTITATIVNÍ HODNOCENÍ RIZIKA A MATICE RIZIK

2.1 Definice rizika a matice rizik

Riziko R je definováno na základě pravděpodobnosti (nebo míry pravděpodobnosti) P vzniku nežádoucí události a významnosti následků realizace scénáře této nežádoucí události D , obvykle je definováno vztahem

$$R = P \times D. \quad (1)$$

Vyjádření míry nebo hodnoty rizika se provádí kvalitativně nebo kvantitativně a je předmětem rizikové expertní analýzy.

Matice rizik v obvyklé podobě je semi-kvantitativní nástroj k určení hodnoty nebo míry rizika. Pro vyhodnocení této obvyklé podoby matice rizik nejsou nutné specifické znalosti a zkušenosti, použití je relativně snadné a efektivní, je častou součástí rizikových analýz v různých oborech. Matice rizika má ovšem svá matematická a logická omezení, viz [3].

2.2 Kvantitativní hodnocení rizika při použití matice rizik podle definice rizika

V případě, že riziko počítáme na základě vztahu (1), lze funkci rizika vyjádřit jako plochu ve tvaru hyperbolického paraboloidu, viz obr. 1. Při tomto přístupu nejsou hodnoty funkce míry rizika v daném intervalu rovnoměrně rozděleny, dobře patrné je to na půdorysném průmětu izolinií plochy rizika viz obr. 1 a obr. 2. Pokud mají číselné hodnoty vycházející z matice rizik odpovídat předpokladu výpočtu podle vztahu (1), měla by matice být

Obr. 1 Plocha míry rizik vztahu [1].
Fig. 1 – Risk surface according to eq. [1].

Obr. 2 Průběh míry rizika, izolinie plochy z obr. 1.
Fig. 2 Risk layout distribution, isolines in accordance to Fig. 1

rozvržena dle průběhu izolinií míry rizika z obr. 2. Příklad takové matice rizik pro tři kvalitativní stupně míry rizika je uveden v tab. 1.

Matice v tab. 1 vyjadřuje tři úrovně míry rizika. Při kvalitativním rozlišení míry rizika je použita následující škála rizika: zanedbatelné , střední a vysoké .

2.3 Modifikace výpočtu rizika

Na rozdíl od matice rizik zobrazené v Tab. 1 má většina používaných matic hodnoty nebo míry rizik rozděleny přibližně rovnoměrně, např. tab. 2. Tomuto rozložení rizik ale neodpovídá výpočet rizika podle vztahu (1). Jednoduchou úpravou vztahu (1) se můžeme této podobě rozložení rizika v matici přiblížit:

$$R = \sqrt{P \times D} . \quad (2)$$

Po takové úpravě výpočtu (a tedy i definice) rizika se nezmění (v porovnání se vztahem (1)) rozsah číselného vyjádření míry rizika (v intervalu 0–1) ale rozložení číselného vyjádření rizika v daném intervalu.

Míry modifikovaného rizika dle vztahu (2) jsou vyjádřeny v podobě plochy na obr. 3. Rovnoměrné rozložení míry modifikovaného rizika je patrné z průběhu izolinií plochy na obr. 4. Rozložení dle obr. 4 mnohem lépe vystihuje podobu matice v tab. 2 (podobu matice, kterou autoři použili při jedné z praktických analýz). Můžeme tedy získat kvantitativní výstup z matice rizik, ale neměli bychom již mluvit o riziku (jeho číselném vyjádření) tak jej chápeme dle definice ve vztahu (1). Ale ani úpravou dle vztahu

Obr. 3 Plocha míry rizik dle modifikovaného vztahu pro výpočet rizika [2].
Fig. 3 Modified Risk surface in accordance with eq. [2].

Tab. 1 5×5 Matice rizik, která odpovídá definici rizika dle vztahu (1), [3].

Tab. 1 5×5 Matrix Compatible with Risk = Probability × Consequence [3].

Pravděpodobnost (index X1)/ /dopad (index X2)	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1
0,8–1					
0,6–0,8					
0,4–0,6					
0,2–0,4					
0–0,2					

Tab. 2 Matice rizik.
Tab. 2 Risk Matrix.

		Riziko			
Index X2 (např. odhad míry pravděpodobnosti výskytu).	0,75–1	Nízká	Střední	Vysoká	Vysoká
	0,5–0,75	Nízká	Střední	Střední	Vysoká
	0,25–0,5	Zanedbatelná	Nízká	Střední	Střední
	<0,25	Zanedbatelná	Zanedbatelná	Nízká	Nízká
Index X1 (např. významnost rizikového faktoru)		< 0,25	0,25–0,5	0,5–0,75	0,75–1

Obr. 4 Průběh míry modifikovaného rizika, izoliny plochy z obr. 3.
Fig. 4 Modified Risk distribution (layout), isolines in accordance to Fig.3.

(2) nemusíme dostat uspokojivé kvantitativní hodnoty odpovídající použité matici.

2.4 Využití přístupu fuzzy logiky při kvantitativní hodnocení rizika pomocí matice rizik

V případě specifické podoby matice rizik, u které nelze použít výše popsané přístupy a analytické řešení je obtížné nebo dokonce nemožné, lze použít nástrojů fuzzy logiky.

Při tomto přístupu dostaneme kvantitativní výstup z matice rizik, ale opět se nejedná o riziko vypočtené dle definice ve vztahu (1).

Využití fuzzy logiky pro vyhodnocení rizika pomocí matice rizik již bylo použito v řadě případů, viz např. [1] a [2].

Vstupními veličinami jsou (stejně jako u matice rizik) míra pravděpodobnosti a dopady (při uvažovaném vzniku nežádoucí události). Členění vstupních veličin odpovídá členění matice rizik. V dále popisovaném modelovém případě jsou stupně veličin (v úvodu popsané indexy) rozčleněny podle matice v tab. 2.

Každý stupeň je vyjádřen pomocí funkce příslušnosti, která vyjadřuje průběh hodnoty indexu v daném intervalu, viz obr. 5. Pro indexy X1 a X2 jsou v tomto případě nadefinovány čtyři funkce příslušnosti.

Dalším krokem je provedení fuzzifikace, tj. převedení reálné proměnné do jazykové proměnné. Pro fuzzifikaci byly použity funkce příslušnosti lichoběžníkového tvaru. Pro vyjádření hodnoty rizika

Obr. 5 Funkce příslušnosti pro indexy X1 a X2.
Fig. 5 Membership Function for index X1 and X2.

Obr. 6 Funkce příslušnosti pro výstup – vyjadřující míru rizika.
Fig. 6 Membership Function for output describing risk value.

v matici rizik byla použita fuzzy metoda použití složené podmínky spojené logickými spojkami, konkrétně v tomto případě AND.

Podle úrovně rizika v matici rizik (např. podle matice uvedené v tab. 2, tj. riziko zanedbatelné, nízké, střední, vysoké) se definuje funkce příslušnosti pro výstup, viz obr. 6.

Dalším krokem je určení pravidel pro vyhodnocování pomocí fuzzy logiky. Každé dvojici (kombinaci) vstupních funkcí příslušnosti, složené z jedné funkce příslušnosti indexu X1 a jedné

Obr. 7 Pravidla pro vyhodnocování pomocí fuzzy logiky.
Fig. 7 Combination rules of input and output membership functions.

Obr. 8 Plocha hodnot míry rizika hodnoceného jevu.
Fig. 8 Risk rate surface.

funkce příslušnosti indexu X2, se přiřadí jedna z výstupních funkcí příslušnosti vyjadřující hodnotu rizika (v souladu s podobou matice), viz obr. 7.

Pro nadefinované vstupní funkce příslušnosti pro X1 (4 funkce) a X2 (4 funkce) na obr. 5, je možných 16 dvojic a musí odpovídat dimenzi matice rizik, tj. v našem případě typu 4×4, viz tab. 2. Konkrétní pravidla pro vyhodnocování všech dvojic vstupních funkcí příslušnosti, která byla použita v tomto příkladu, jsou uvedena na obr. 7: v prvním sloupci je číslo pravidla, ve druhém sloupci jsou vstupní funkce příslušnosti pro index X1, ve třetím sloupci jsou vstupní funkce příslušnosti pro index X2 a ve čtvrtém sloupci jsou přiřazené funkce příslušnosti pro výstup.

Posledním krokem je defuzzifikace, tj. převod jazykových proměnných do reálných proměnných. Pro modelový případ bylo použito transformačního postupu na principu těžiště (viz obr. 7: poslední sloupec pod pravidly pro vyhodnocování).

Výstupní hodnoty z výše popsaného procesu jsou vyobrazeny ve formě plochy hodnot rizika a jsou znázorněny na obr. 8.

Při použití fuzzy množin je výhodou, že příslušnost prvku k dané množině (buňce matice) může být odstupňována. Lze je použít k popisu pravděpodobných, nejistých nebo neurčitých jevů.

Nejobtížnější část hodnocení pomocí fuzzy logiky je správná interpretace vstupních veličin a přiřazení vhodné funkce příslušnosti.

Aplikace fuzzy logiky byla provedena pomocí programu Matlab [5].

3. ZÁVĚR

Při kvantitativním vyhodnocení matice rizik je nezbytné respektovat způsob výpočtu rizika (definici rizika). Při vyjádření rizika dle obvyklého způsobu dle vztahu (1) je nutné použít matici s odpovídajícím rozložením a mírou nebo hodnotou rizika, viz tab. 1. Při použití více běžně přibližně symetrické matice rizik lze pro kvantitativní vyhodnocení využít vztahu (2). Pro obecné podoby matic rizik je možné použít nástroje fuzzy logiky. Tento

přístup lze také použít k popisu pravděpodobných, nejistých nebo neurčitých jevů.

Použití analogických přístupů je jednoduché a rychlé, jsou ale omezeny na konkrétní podoby matic rizik. Nevýhodou použití fuzzy logiky je vyšší pracnost (ve srovnání s výše uvedenými postupy).

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. TH02020781 „Management spolehlivosti a životnosti stavebních konstrukcí v jaderné energetice“ podporovaného TAČR a projektu č. LO1408 „AdMaS UP – Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

4. LITERATURA

- [1] MARKOWSKI, A. S., MANNAN, M. S.: Fuzzy risk matrix. *Journal of Hazardous Materials*, 159(1), 2008, s. 152–157. ISSN 0304-3894.
- [2] BAO, C., LI, J., WU, D.: A fuzzy mapping framework for risk aggregation based on risk matrices. *Journal of Risk Research*, 21(5), s. 539–561. ISSN 1366-9877.
- [3] COX, L., A. What's Wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 2008, s. 497–512. ISSN 1539-6924.
- [4] KABIR, S., PAPADOPOULOS Y. A review of applications of fuzzy sets to safety and reliability engineering. *International Journal of Approximate Reasoning*, 100, 2018, s 29–55. ISSN 0888-613X
- [5] Matlab R2018.
- [6] ŠIMŮNEK, P., LANÍKOVÁ, I., ŠTĚPÁNEK, P. *et al.* Numerické zpracování výsledků expertních analýz pomocí matice rizik. In: *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2019*. VUT v Brně, 2019, s. 620–627. ISBN 978-80-214-5708-9.

Správná citace:

ŠIMŮNEK, P., LANÍKOVÁ, I., ŠTĚPÁNEK, P., VENCLOVSKÝ, J., JUNEK, L. Numerické zpracování výsledků expertních analýz pomocí matice rizik. *Soudní inženýrství*, 2019, 30(3), 46–50. DOI: <http://dx.doi.org/10.13164/SI.2019.3.46>. ISSN 1211-443X.