

## MATEMATICKÉ MODELOVANIE BEZPEČNOSTNÝCH PROCESOV

Jaroslav Sivák<sup>\*)</sup>, Lenka Siváková, Katarína Jelšovská, Radek Šefčík

### ABSTRAKT

Pomocou metodiky, ktorá je výsledkom riešenia predmetnej úlohy, je možné exaktne kvantitatívne určiť kvalitu systému fyzickej ochrany z hľadiska jeho cieľovej funkcie – efektívna eliminácia narušiteľa.

Nástroj umožní kvantitatívne porovnať kvalitu fyzickej ochrany na jednotlivých objektoch a stanoviť hodnotu parametrov, akú minimálne musí dosahovať obranca, aby ochrana objektu bola efektívna z hľadiska neutralizácie narušiteľa.

### Kľúčové slová:

Pravdepodobnosť eliminácie narušiteľa, útočník, obranca

### ABSTRACT

Using a methodology which is the result of the task is possible to precisely quantify the quality of the entire system of physical protection in terms of its objective function - effective elimination intruder.

The tool allows comparing quantitatively the quality of physical protection of individual objects and to set the value of parameters, which defender minimally has to have for effective elimination of intruder.

### Key words:

Probability of intruder elimination, defender, invader

## 1 ÚVOD

Medzi hlavné atribúty fyzickej ochrany jadrových zariadení patrí detekcia narušiteľa na obvodě chráneného priestoru alebo v chránených priestoroch

---

<sup>\*)</sup> doc. Ing. Jaroslav Sivák, CSc., MBA, ALFA Security Technologies, a.s. Bratislava,  
Mgr. Lenka Siváková, Matematický ústav Slezské univerzity v Opavě,  
Ing. Katarína Jelšovská, PhD., Matematický ústav Slezské univerzity v Opavě,  
Ing. Radek Šefčík, JKD Slovakia, s.r.o. Spišská Nová Ves

a neutralizácia silami a prostriedkami fyzickej ochrany. Úspešnosť neutralizácie je závislá od úspešnosti detekcie. Vo vzájomnom vzťahu sú tieto dva procesy podmienené. Efektívnosť systému detekcie a neutralizácie sa dá vyjadriť rôznymi spôsobmi. Jedným zo spôsobov, s najvyššou mierou vypovedacej schopnosti, je stanovenie pravdepodobnosti každého z procesov zvlášť a výpočet výslednej podmienenej pravdepodobnosti. Požadovalo sa optimalizovať a argumentačne podporiť spôsob výpočtu výslednej pravdepodobnosti. Úloha bola zameraná na určenie pravdepodobnosti neutralizácie narušiteľa silami a prostriedkami fyzickej ochrany jadrových zariadení.

Výsledkom projektu je Metodika, pomocou ktorej je možné simulovať pravdepodobnosť eliminácie narušiteľa silami a prostriedkami fyzickej ochrany jadrových zariadení v etape projektovania systémov ochrany jadrových zariadení. Môže byť použitá tiež ako kontrolný nástroj na zisťovanie skutočného stavu, prípadne porovnávanie systémov ochrany na jednotlivých jadrových zariadeniach.

Úloha sa riešila v troch etapách.

V prvej etape riešenia boli spracované tieto úlohy:

- a) Vypracovať odôvodnený zoznam úkonov, ktoré predstavujú kľúčové „bojové“ činnosti pri eliminácii narušiteľa.
- b) Vypracovať parametre charakterizujúce kvalitu človeka, výstroja a výzbroje vo väzbe na proces eliminácie.
- c) Expertne stanoviť váhu činností popísaných v a) a b).
- d) Vypracovať matematický model transformácie parametrov procesov „OBRANA“ a „ÚTOK“, ktoré môžu dosahovať kvalitatívne a kvantitatívne hodnoty do formy skalárneho/vektorového vyjadrenia a pravdepodobnosti úspechu.
- e) Na základe a) vypracovať metodiku hodnotenia vzájomnej interakcie scenárov útoku a obrany s cieľom vyhodnotiť pravdepodobnosť úspešnosti príslušných scenárov.
- f) Vykonať citlivosťnú analýzu modelov podľa a) a b) s cieľom stanoviť obmedzenia definičných oborov.

Výsledkom bol matematický model pravdepodobnosti eliminácie narušiteľa.

V druhej etape boli vypracované pravdepodobné scenáre stretu útočníka a obrancu a vytvorená tréningová množina na overenie scenárov.

Záverečná tretia etapa finalizovala matematický model a bola vypracovaná interpretácia a odporúčania pre prax.

Bolo potrebné splniť tieto úlohy:

- a. Vypracovať pravdepodobný priebeh stretu podľa spracovaných scenárov.
- b. Vypracovať odporúčania na zmeny vo výbere, výcviku a kontrole personálu fyzickej ochrany.
- c. Vypracovať úvahu o možnostiach použitia iného matematického inštrumentária.

- d. Analyzovať možnosti vypracovať strom porúch pre aktivitu „BOJ“, t.j. vzájomnú interakciu ÚTOČNÍK- OBRANCA.
- e. Interpretovať výsledky v spolupráci s členom tímu „BOJOVNÍK“ tak, aby vznikli odporúčania na použitie tejto metódy

## **2 VÝSLEDKY RIEŠENIA ÚLOHY**

### **2.1 NEUTRALIZÁCIA**

Pre účely projektu bolo potrebné spresniť chápanie viacerých kľúčových pojmov.

„NEUTRALIZÁCIA“ je proces, kedy po detegovaní narušiteľa (človeka) (proces sa nevzťahuje na predmety a prostriedky, napr. dopravné) konáme s úmyslom zabrániť mu (narušiteľovi), aby splnil svoj zámer. Prirodzene predpokladáme, že jeho zámerom je vykonať deštruktívnu, alebo výzvednú činnosť. Neutralizácia je chápaná ako interakcia medzi narušiteľom/páchateľom (útočníkom) a členom fyzickej ochrany – obrancom.

Z hľadiska citlivosti a rizikovosti jadrových zariadení, považujeme každú osobu, ktorá sa nachádza na mieste, ktoré je zakázané pre neautorizované osoby (vrátane vlastných - neautorizovaných osôb), za NARUŠITEĽA do doby, keď prekročí bariéry vyhradené technickými prostriedkami. Po tomto je táto osoba považovaná za PÁCHATEĽA.

„NEUTRALIZOVAŤ“ narušiteľa (páchateľa) znamená:

- a) Pomocou slovnej komunikácie dosiahnuť, aby narušiteľ opustil priestor, ktorý je zakázaný;
- b) Pomocou slovnej komunikácie, a/alebo hrozby použitia zbrane a/alebo hrozby použitia vecných bezpečnostných prostriedkov (aj pes) dosiahnuť, aby narušiteľ bez odporu pripustil priblíženie sa obrancu k nemu a vykonanie zákonných úkonov na jeho zadržanie bez obmedzenia osobnej slobody (dobrovoľné uposlúchnutie príkazov obrancu), alebo s obmedzením osobnej slobody;
- c) Pomocou fyzického násillia obrancu na útočníkovi dosiahnuť, aby narušiteľ bol zadržaný a bolo mu zabránené v konaní proti chránenému aktívu;
- d) Pomocou fyzickej sily, a/alebo použitím vecného bezpečnostného prostriedku, prípadne zbrane, spôsobiť narušiteľovi nesmrteľné zranenie, ktoré mu zabráni v konaní proti chránenému aktívu;
- e) V prípadoch vymedzených zákonom, použitím zbrane útočníka usmrtiť.

### **2.2 KĹÚČOVÉ ČINNOSTI PRI ELIMINÁCIÍ NARUŠITEĽA**

Medzi kľúčové „bojové činnosti“ pri eliminácii narušiteľa je možné zaradiť:

#### **A) Predbojové činnosti**

- a) Prijatie rozkazu, prijatie vlastného rozhodnutia, prijatie a vyhodnotenie situačného reportu

- b) Priblíženie sa k miestu, kde sa nachádza narušiteľ
  - c) Hodnotenie situácie, terénnych výhod, pozícia slnka, osvetľovacích telies, tieň, ochranné prvky stavieb apod.
  - d) Prijatie rozhodnutia.
- B) Bezprostredné činnosti
- a) Boj v postoji na extra veľkú vzdialenosť (viac ako 5m) – predpokladá sa použitie zbrane
  - b) Boj na veľkú vzdialenosť (menej ako 5m) – použitie obušku, obranného spreja, ale aj strelnej zbrane)
  - c) Boj na strednú vzdialenosť (do 3m) – postojové úderové a kopacie techniky, alternatívne je možné použiť aj chladnú a strelnú zbraň
  - d) Boj v klinči (kratšie ako 1m)
  - e) Boj na zemi
  - f) Odvody pacifikovaného útočníka (spoločné pre všetky typy situácií)
- TRANSPORT.

## 2.2 KĹÚČOVÉ PARAMETRE

Pre Útočníka a Obrancu boli stanovené základné parametre, ktoré ich charakterizujú:

- a) Kvalita „ČLOVEKA“;
  - i. Mentálna a komunikačná schopnosť
    - Oblasť sebadôvery
    - Koncentrácia
    - Schopnosť dávať verbálne pokyny útočníkovi
    - iné
  - ii. Strategické a taktické postupy v priestore, teréne a v budove
  - iii. Fyzický boj zblízka
  - iv. Kondičná silová oblasť
  - v. Iné.
- b) Výstroj;
- c) Výzbroj.

Následne boli základné parametre dekomponované na podskupiny a každému z nich bola expertne stanovená váha významnosti v celkovom hodnotení. Dôraz bol kladený na to, aby čo najviac čiastkových parametrov bolo merateľných alebo percentuálne odhadnuteľných (exaktne, alebo na určitej, expertne stanovenej škále).

Vzhľadom na určenie výsledkov úlohy nie je možné podrobne popísať jednotlivé dosiahnuté výsledky.

## 2.3 MATEMATICKÝ MODEL TRANSFORMÁCIE PARAMETROV PROCESOV „OBRANA“ A „ÚTOK“

### Stanovenie funkcie „OBRANA“

Parametre ovplyvňujúce výkonnosť obrancu alebo narušiteľa môžu nadobúdať hodnoty v rozmedzí 1 až 10. V prípade, že parameter nadobúda hodnotu 0 je z funkcie

vynechaný. Parametre môžu prispievať k hodnote celej funkcie kladne alebo záporne. Preto môžeme funkciu transformovať na tento tvar:

$$F_{O_k} = \sum_{i=1}^n p_i, p_i = -10, -1 \cup 1, 10, k \in \mathbb{N} \quad (1)$$

$$F_{U_l} = \sum_{j=1}^m r_j, r_j = -10, -1 \cup 1, 10, l \in \mathbb{N} \quad (2)$$

$F_{O_k}$  je funkcia obrancu a  $F_{U_l}$  je funkcia narušiteľa.

Jednotlivé funkcie sa môžu líšiť pre rôzne hodnoty indexových parametrov  $k, l$ . Toto umožňuje stanoviť tzv. stratégie riešenia situácie, ktoré môže voliť obranca alebo narušiteľ. Pre každú z funkcií je optimalizačnou metódou stanovená maximálna a minimálna hodnota, ktorú môže funkcia dosahovať. Účinnosť voľby stratégie pre dané hodnoty parametrov je daná:

$$u_{F_{O_k}} = \frac{F_{O_k} - \min F_{O_k}}{\max F_{O_k} - \min F_{O_k}} \quad (3)$$

$$u_{F_{U_l}} = \frac{F_{U_l} - \min F_{U_l}}{\max F_{U_l} - \min F_{U_l}} \quad (4)$$

Táto účinnosť sa dá vnímať aj ako pravdepodobnostné ohodnotenie úspešnosti stratégie. Pretože predpokladáme, že pre maximálnu hodnotu bude mať funkcia 100% úspešnosť.

Úlohu ďalej riešime ako úlohu z oblasti teórie hier. Stanovíme scenáre priebehu narušenia, kde sú zvažované rôzne možnosti motivácie, vybavenosti a pod. narušiteľa. Pre každú situáciu zostavíme maticu hry, ktorej hodnoty sú pomery medzi úspešnosťami. Toto vnímame, ako zhodnotenie situácie s ohľadom na úspech neutralizácie.

Matica hry pre danú situáciu (U – stratégie útočníka, O – stratégie obrancu)

	U1	...	Um
O1	$\frac{u_{FO_1}}{u_{FU_1}}$	...	$\frac{u_{FO_1}}{u_{FU_m}}$
...	...	...	...
On	$\frac{u_{FO_n}}{u_{FU_1}}$	...	$\frac{u_{FO_n}}{u_{FU_m}}$

Úlohu riešime hľadaním Nashovej rovnováhy, pretože ide o úlohu s voľbou tzv. čistej stratégie. Týmto spôsobom sú určené optimálne stratégie, ktoré budú s najväčšou pravdepodobnosťou voliť obranca a narušiteľ. Inými slovami, stanovili sme stratégiu, ktorú má obranca v danej situácii zvoliť tak, aby pravdepodobnosť jeho úspechu bola maximálna. Pre každú situáciu stanovíme takéto víťazné stratégie.

Pomocou simulácie (citlivostnej analýzy) stanovíme podiely (v percentách) prípadov, v ktorých bola každá stratégia obrancu úspešná. Následne vyberieme takú stratégiu, ktorá bola najúspešnejšia v celej simulácii a na základe hodnôt parametrov v nej vystupujúcich stanovíme ohodnotenie každého z jej parametrov. Hľadáme teda minimálne hodnoty pre kladne prispievajúce parametre a maximálne hodnoty pre záporne prispievajúce parametre. Rovnako postupujem pre ďalšie, menej úspešné stratégie, kde už vyhladávame len parametre, ktoré sa v prvej funkcii neobjavili, pričom vypovedajúca hodnota odhadu parametru je stanovená na základe pravdepodobnosti, s akou bude hodnota funkcie, ktorá je na ňom závislá použitá. Týmto sme schopní odhadnúť hodnoty rozhodujúcich parametrov pre obrancu.

### 3 ZÁVER

Na základe zostrojeného matematického modelu prebieha testovanie a tvorba báze vedomostí. Aplikáciou metódy stromu porúch na jednotlivé scenáre boli zistené kľúčové sub-činnosti a následne odvodené odporúčania na zmeny vo výbere a výcviku pracovníkov fyzickej ochrany.

Pokračovanie projektu sa predpokladá v integrácii matematického modelu stanovenia pravdepodobnosti správnej detekcie pred hranicou kritickej detekcie (MARIKA) a modelu pravdepodobnosti eliminácie narušiteľa (LENCA).

### LITERATÚRA

- [1] Bayes T. (1763) "An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances". Phil. Trans., 53, 370–418. doi:10.1098/rstl.1763.0053
- [2] JABLONSKÝ, J.: Operačný výskum, Professional Publishing, 2007, ISBN: 978-80-86946-44-3.
- [3] A.N. Shirayayev, Selected Works of A. N. Kolmogorov, Probability Theory and Mathematical Satistic, Nauka, Moscow, 1986, ISBN: 90-277-2797-X (Vol. II)
- [4] Ethan D. Bloch, The real numbers and real analysis, Springer Science+Business Media, LLC 2011, ISBN: 978-0-387-72177-4, strana 209.

*The research was supported, in part, by Project SGS/2/2013 from the Silesian University in Opava. Support of this institution is gratefully acknowledged.*

Článok recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.