

## PRÍSTUPY KU KVANTIFIKÁCIÍ DOSLEDKOV DISFUNKCIE KRITICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY

Jozef Klučka \*

### ABSTRAKT

Existuje viacero metód, ktoré umožňujú kvantifikovať dôsledky disfunkcie kritickej infraštruktúry. V článku je podaná ich charakteristika ako aj obmedzenie v aplikácii. Aplikačný význam článku spočíva v tom, že kvantifikácia dôsledkov disfunkcie kritickej infraštruktúry (vyjadrené hodnotou strát) je podkladom pre začlenenie skúmaného prvku do systému kritickej infraštruktúry štátu a súčasne krokom v rámci kvantitatívnej analýzy rizika.

### Kľúčové slová:

kritická infraštruktúra, kvantifikácia dôsledkov

### ABSTRACT

There are many methods suitable for quantification of consequences of critical infrastructure dysfunction. In the paper are described and identified constrains of the methods in applications. The applied result of the paper is based on the quantification of consequences of critical infrastructure dysfunction (expressed by the losses) and this is also a basis for incorporation of an element into the National Critical Infrastructure as well as the step within quantitative risk analysis.

### Key words:

critical infrastructure, outputs quantification

## ÚVOD

Zákon č. 45/2011 Z.z. o kritickej infraštruktúre [1] uvádza definíciu prvku kritickej infraštruktúry nasledovne: “Budova, služba vo verejnom záujme a informačný systém v sektore kritickej infraštruktúry, ktorých narušenie alebo zničenie

---

\*) doc. Ing. Jozef Klučka, PhD., Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra krízového manažmentu, ul.1.mája 32, Žilina, telefón: 041/516 6706, fax:041/5136620 , e-mail jozef.klucka@fsi.uniza.sk

by malo podľa sektorových kritérií a prierezových kritérií závažné nepriaznivé dôsledky na uskutočňovanie hospodárskej a sociálnej funkcie štátu, a tým na kvalitu života obyvateľov z hľadiska ochrany ich života, zdravia, bezpečnosti, majetku, ako aj životného prostredia“.

Kritická infraštruktúra (KI) predstavuje množinu uzlov a ich spojení, ktoré sú podstatné z hľadiska plnenia základných funkcií štátu. Aj keď existujú rôzne pohľady na kritickú infraštruktúru z definícií vyplýva, že:

- prvky kritickej infraštruktúry sú tvorené aktívami, ktorých funkcia je významná z hľadiska bezpečnosti plnenia základných funkcií štátu; určenie významnosti je podľa stanovených kritérií,
- na financovaní prevádzky vybraných prvkov KI sa podieľajú vlastníci (podnikateľská funkcia) a štát (funkcie štátu).

## 1 DÔSLEDKY DISFUNKCIE KRITICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY

Charakteristickou črtou KI je vzájomná závislosť (interdependency). Predstavuje vzájomný vzťah medzi dvoma prvkami infraštruktúry, prostredníctvom ktorého stav každej z nich ovplyvňuje alebo je v korelácii k stavu druhej infraštruktúry. Špecificky možno vzájomnú závislosť charakterizovať v dvoch úrovniach:

- prvá úroveň – systém vzťahov v rámci identifikovanej infraštruktúry (napr. sektor doprava),
- druhá úroveň
  - systém vzťahom k iným infraštruktúram, sektorom (napr. vzťah medzi dopravou a telekomunikáciami, bankami a finančnými inštitúciami),
  - sprostredkovanie (coupling order) – označuje spojenie dvoch prvkov KI nepriamo (prostredníctvom jednej alebo viacerých sektorov) (porovnaj s [2]).

Existujú 3 druhy disfunkcií v KI [2]:

- efekt kaskády – kedy disfunkcia v jednej infraštruktúre spôsobuje chybu elementu v druhej,
- efekt eskalácia – kedy existujúca porucha v jednej infraštruktúre zhoršuje nezávislé prerušenie v prvej,
- efekt spoločná príčina – kedy dve a viac infraštruktúr zlyhá súčasne.

Uvedený jav má významný dopad na:

- identifikovanie významu spoľahlivosti prvkov KI,
- identifikovanie vzájomných väzieb v sektore a medzi sektormi navzájom,
- chápanie ekonomických dôsledkov disfunkcie, diskontinuity prvku, sektoru a podsektoru KI.

Charakteristika disfunkcií núti súčasne aj hľadať prístupy, ktoré by umožnili kvantifikovať dôsledky disfunkcie pre skúmané prípady.

V realite existujú veľmi široké zdroje rizika. Autori identifikujú rôzne schémy, ktoré sú spojené s dôsledkami katastrof a teda aj s ohrozením bezpečnosti štátu.

V [3] identifikuje nasledovné hrozby pre kritickú dopravnú infraštruktúru:

1. Prírodné katastrofy
  - a. Oheň
  - b. Povodeň
  - c. Víchrice
  - d. Zemetrasenie
2. Katastrofy spôsobené ľudskou činnosťou
  - a. Uvoľnenie, únik nebezpečných látok
  - b. Dopravné nehody
3. Sociálne, kriminálne a teroristické aktivity
  - a. Vandalizmus
  - b. Sabotáž
  - c. Občianske nepokoje/štrajky
  - d. Útoky s použitím chemických, biologických, nukleárných alebo výbušných zbraní
4. Iné
  - a. Neplánovaná údržba a nedbanlivosť
  - b. Nedostatok energie a materiálu.

V [4] sú definované dôsledky katastrofy nasledovne:

Priamy dôsledok  
Poľnohospodárstvo  
Infraštruktúra  
Budovy (podnikateľské, občianske)

Nepriamy dôsledok  
Zlyhanie verejných služieb  
Zlyhanie podnikateľských činností

Nehmotné dôsledky  
Zdravie  
Príroda  
Kultúra

Právne normy vo Veľkej Británii klasifikujú dôsledky katastrofy nasledovne [5]:

- strata ľudského života;
- choroby a zranenia ľudí;
- bez prístrešia;
- zničenie majetku;
- prerušenie dodávok peňazí, jedla, vody, energie a palív;
- prerušenie komunikačných systémov;
- poškodenie dopravných zariadení; or
- prerušenie služieb v súvisi s poskytovaním zdravia
- kontaminácia pôdy, vody alebo vzduchu s biologickými, chemickými alebo rádioaktívnymi látkami

- poškodenie alebo deštrukcia flóry alebo fauny.

V [1] sú definované prierezové a európske prierezové kritéria nasledovne:

- a) počet ohrozených osôb, z toho usmrtených osôb a zranených osôb,
- b) hospodársky vplyv, ktorým je rozsah
  - a. hospodárskych strát,
  - b. zhoršenie kvality tovaru,
  - c. zhoršenie kvality poskytovania služby vo verejnom záujme,
  - d. negatívny vplyv na životné prostredie,
- c) vplyv na obyvateľov, ktorým je narušenie kvality života obyvateľov z hľadiska
  1. závažnosti výpadku dodávky tovaru a času jej obnovy,
  2. závažnosti výpadku poskytovania služby vo verejnom záujme a času jeho obnovy,
  3. dostupnosti náhrady dodávky tovaru,
  - d. dostupnosti náhrady poskytovania služby vo verejnom záujme.

## 2 PRÍSTUPY K VYJADRENÍU DOSLEDKOV DYSFUNKCIE KRITICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY

Vzhľadom na nutnosť budovania a prevádzkovania KI je nevyhnutné začať s kvantifikáciou strát/dôsledkov pri výskyte javu, ktorý spôsobí disfunkciu KI.

Kvantitatívne metódy, ktoré je možné aplikovať na výpočet možných strát s dôsledku disfunkcie KI sú nasledovné:

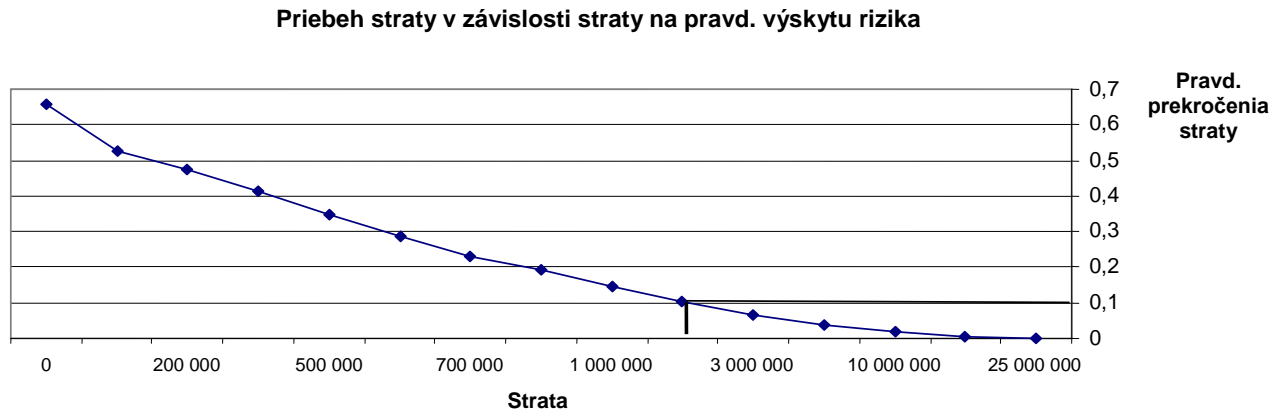
- a) ekonometrické metódy – umožňujú vyjadriť vzťah celkovej výšky strát (Y) v závislosti na počte disfunkčných prvkov v rámci skúmanej KI,
 
$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$
- b) logické stromy – umožňuje vyjadriť celkovú výšku strát pre dekomponované udalosti katastrofy na činitele, pre ktoré je priradená pravdepodobnosť výskytu daného javu,
- c) simulácie - je metóda založená na napodobnení správania reálneho systému. Metóda anticipuje stochastické nazeranie na správanie sa reálneho systému.
- d) aplikácia priamej kvantifikácie – je metóda, ktorá kvantifikuje potenciálne straty v rámci analýzy rizika; výpočet celkovej straty je tak odvodený od nákladov spojených s disfunkciou vybratých prvkov deterministickým modelom
- e) aplikácia EP krivky (PML) – uvedná nižšie.

Pravdepodobnosť prekročenia danej úrovne straty EP (angl. exceedence probability for a given loss) možno vypočítať nasledovne

$$EP(L_i) = P(L > L_i) = 1 - P(L \leq L_i) = 1 - \prod_{j=1}^i (1 - p_j) \quad (2)$$

EP krivka slúži na určenie výšky straty, ktorá sa môže vyskytnúť na danej úrovni pravdepodobnosti. PML možno inverzne definovať ako ročnú

pravdepodobnosť prekročenia danej úrovne straty. Pre frekvenciu výskytu katastrofickej udalosti 1 krát za 10 rokov zodpovedá PML dolnej hranici straty, ktorá udáva 10% pravdepodobnosť prekročenia na EP krivke. Z obr.1 vyplýva, že PML je približne 2,6 mil. €



*Obr 1 Priebeh straty v závislosti na pravdepodobnosti výskytu rizika  
Zdroj: vlastné spracovanie podľa [5]*

Vo Veľkej Británii je aplikovaný prístup, ktorý vychádza z vyššie uvedeného na problematiku KI nasledovne: „... minimálna úroveň služby poskytnutá Critical National Infrastructure (CNI) v UK, ktorá by nemala byť porušená povodňou s početnosťou 1 krát za 200 rokov (0.5%)”. Vláda stanovila explicitne štandard tak, že určila investície, aby ukazovateľ mal početnosť „jeden z dvesto“ (0.5%), ktorý predstavuje východiskový štartovací bod pre ochranu CNI pred povodňou. [6]

Aplikácia uvedených metód predpokladá expertný odhad jednotlivých parciálnych nákladov, ktoré vstupujú do výpočtových modelov pre kvantifikáciu strát (viď vyššie). Slabinou uvedených metód je fakt, že efekt kaskády (a iné) nie je zabudovaný do algoritmu výpočtu. Rozvoj uvedených metód vidím v spojitosti so simuláciou a výberom variant, ktoré reprezentujú možné scenáre. Aplikácia uvedeného rámca by súčasne napomohla k exaktnejšiemu odhadu dôsledkov disfunkcie KI.

## ZÁVER

Kvantifikácia dôsledkov disfunkcie KI je spojená s kvantitatívnou analýzou v rámci riadenia rizika. Identifikované náklady a benefity skúmanej KI umožňujú analyzovať efektívnosť prijatých opatrení a súčasne opodstatnenosť prvku KI v danom systéme.

## LITERATÚRA

- [1] Zákon č.45/2011 o kritickej infraštruktúre (2011), Zbierka zákonov č.45/2011, Bratislava, IURA ed.
- [2] RINALDI, S., M. at all (2001):Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependecies, IEE Control Systems Magazine, USA, (available at: <http://www.ce.cmu.edu/~hsm/im2004/readings/CII-Rinaldi.pdf>)
- [3] FLETCHER,D.,R. (2011): The Role of Geospatial Technology in Critical Transportation Infrastructure Protection: A Research Agenda; U.S. Dept. of Transportation, USA (available at : [www.nsgia.ucsb.edu/ncrst](http://www.nsgia.ucsb.edu/ncrst))
- [4] Critical Infrastructure Resilience Strategy (2010), Australian government, Canberra (available at: [www.ag.gov.au/cca](http://www.ag.gov.au/cca))
- [5] GROSSI,P., KUNRENTHER,U. ed. (2005): Catastrophe Modeling, Springer, Berlin
- [6] Keeping the Country Running:Natural Hazards and infrastructure (2011), Cabinet Office, London, UK (available at: [www.cabinetoffice.gov.uk/ukresilience](http://www.cabinetoffice.gov.uk/ukresilience))

*Článok bol publikovaný v rámci projektu APVV-0471-10 Bezpečnosť kritickej infraštruktúry v doprave.*

Článok recenzoval:  
prof. Ing. Zdeněk Dvořák, PhD.