



RIZIKA STAVEB DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY

Zpracovali: Ing. Eva Novotná, Ph.D., Ing. Lenka Melzerová, Ph.D., prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Technický list informuje o výsledku řešení zpracovaného formou třídílné monografie [1]. Jejím těžištěm je Katalog nebezpečí s přehledem nejužívanějších expertních metod rizikové analýzy (RA) (II. kapitola). Katalogu předcházejí příklady selhání staveb dopravní infrastruktury (I. kapitola) a monografie je uzavřena přehledem pravděpodobnostních metod RA a jedním z nástrojů projektového managementu – využití funkce užítku.

Oblast použití

Výsledky řešení jsou použitelné ve všech oblastech pokrývajících infrastrukturní stavby, tj. pozemní komunikace, kolejovou infrastrukturu, mosty a tunely. Řadu poznatků lze uplatnit i v jiných oblastech, např. v pozemním stavitelství, ale i mimo obor, např. v pojišťovnictví.

Metodika a postup řešení

Každý stavební projekt je zatížen nejistotami, které se ve svém důsledku projeví jak v návrhu projektu, tak při jeho realizaci. Jsou průvodním jevem stavebních konstrukcí obecně a dopravních staveb zvláště. Jako typický příklad uveďme tunely či mosty. Nejistoty s sebou přinášejí nebezpečí, v běžné praxi nazývaná riziky. Ta ohrožují spolehlivost díla. (např. Obr. 1 a Obr. 2). Přirozenou snahou inženýrů je nejistoty „redukovat“. Za tím účelem jsou odlišovány dvě kategorie nejistot: (i) aleatorní nejistoty, tedy nejistoty náhodné povahy a (ii) epistemické nejistoty plynoucí z nedostatku znalostí, a proto charakterizované jako nejistoty typu „state-of-knowledge“.

Aleatorní nejistoty jsou všudypřítomné, je třeba s nimi při návrhu i realizaci projektu počítat, nelze je však redukovat. Typickým příkladem jsou obtížně předpověditelné geotechnické podmínky v okolí tunelů, či v podloží staveb (mostních, železničních či silničních). Tento typ nejistot můžeme buď popsat verbálně, nebo se pokusit o jejich kvantifikaci.

Verbální popis je obsahem první fáze expertních metod používaných v rizikových analýzách. Mezi dvě nejrozšířenější patří FMEA (Failure Modes and

Effects Analysis) a UMRA (Univerzální Matice Rizikové Analýzy). Ve druhé fázi dochází ke kvantifikaci rizik projektu, a to zpravidla použitím tříparametrických odhadů užitím RPN indexu. Ten je součinem tří proměnných: Sv – Severity (závažnost), Lk – Likelihood (věrohodnost), Dt – Detection (zjistitelnost poruchy). Proměnné se kvantifikují expertně pomocí vhodně nastavené stupnice. Alternativně se používá parametr PaRs, který je součtem proměnných.

Jak vyplývá z názvu, kvantifikace rizika v rámci expertních metod se opírá o znalosti a zkušenosti expertů. Pokud chceme tuto kvantifikaci objektivizovat, je třeba použít nástrojů, které nabízejí teorie pravděpodobnosti a matematická statistika. Ať již se jedná o expertní nebo simulační metody rizikové analýzy, nelze se obejít bez podrobného rozboru všech nebezpečí (rizik), která mohou projekt ohrozit. Přehled nebezpečí typických pro dopravní stavby je podle profesních oborů (silniční stavby, železniční stavby, mosty a tunely) utříděn v katalogu nebezpečí (rizik) zařazeného do II. části publikace. Při jeho sestavení řešitelé vycházeli nejen z vlastních zkušeností, ale využívali i údajů z existujících katalogů. I tak nelze katalog považovat za úplný. Počítá se s jeho průběžným doplňováním. Nicméně lze očekávat, že poslouží jako databáze při zpracování rizikové analýzy na konkrétní projekt kteroukoliv z expertních metod. K tomuto účelu jsou katalogové listy zpracovány ve formě formuláře použitelného i pro druhou fázi rizikové analýzy.

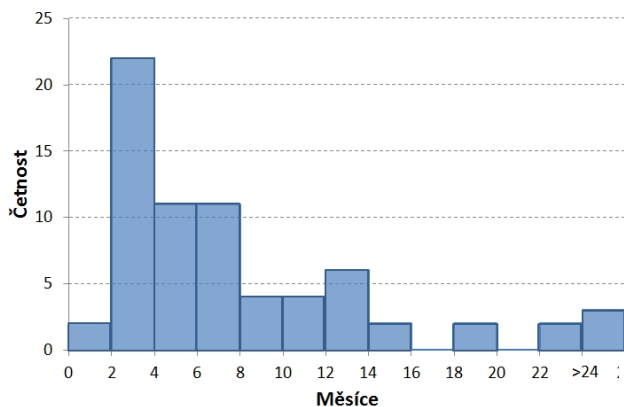


Obr. 1 Sesuv náspu na trati Chomutov – Cheb.

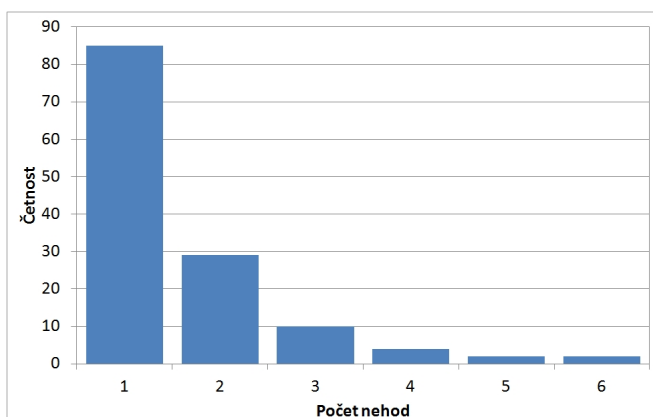


Obr. 2 Zřícení svahu u tunelu Hřebeč.

Vlastnímu katalogu je předřazena I. část, která nabízí příklady selhání sledovaných staveb. V ní jsou pro některé významné infrastrukturní oblasti uvedeny statistické přehledy (grafy) (např. Obr. 3 a Obr. 4), získané z dostupných veřejných databází. Tak je tomu například u tunelových staveb [2].



Obr. 3 Četnosti prodloužení doby výstavby tunelových staveb v důsledku nehod (zdroj [2]).



Obr. 4 Četnost nehod tunelových staveb vztažených na jeden projekt (zdroj [2]).

Na rozdíl od první části, která je jakýmsi podkladem pro katalog, III. část je jeho teoretickou nadstavbou. Hodnotitel v ní najde upozornění na možnosti, jak expertní odhady zpřesňovat a zejména, jak využít doplňujících informací k průběžnému zkvalitňování

rizikových odhadů během výstavby. Základem jsou osvědčené histogramy a hustoty rozdělení pravděpodobnosti, charakterizované jistým počtem parametrů. I tyto parametry jsou zatíženy nejistotami, jejichž míra závisí na úrovni znalostí hodnotitele. Lze je redukovat na základě doplňujících informací, získaných zpravidla v průběhu výstavby, a jedná se proto o epistemické nejistoty. Epistemickými nejistotami se musíme zabývat i při hodnocení dopadu „lidského faktoru“ na riziko/rizika projektu. Rizikové analýzy tohoto typu se opírají o simulační pravděpodobnostní metody typu Monte Carlo.

Výsledky

Publikace předkládá systematický přístup k hodnocení rizika staveb dopravní infrastruktury jako pravděpodobné škody. Klade důraz nejen na zdroje nebezpečí a jejich dopady na proces výstavby, ale věnuje se i pravděpodobnostní stránce problému. Opírá se o základní principy teorie pravděpodobnosti, které jsou v současnosti blízké inženýrům zabývajícím se spolehlivostí konstrukcí. V žádném případě nejsou simulační nástroje zamýšleny jako náhrada za expertní metody typu UMRA či FMEA. Ty se v praxi osvědčily, jsou srozumitelné a umožňují využít zkušenosti inženýrů jak při navrhování, tak realizaci dopravních staveb. Smyslem je expertní metody doplnit a vytvořit nástroje i ke zpřesnění odhadů přijímaných v expertních metodách.

Přínosem navrženého přístupu je i příspěvek k procesu rozhodování o variantních řešeních. Využívá se funkce užitku, v níž důležitou roli hraje pravděpodobná finanční ztráta, tedy riziko, které je implicitně pojímáno jako záporný užitek.

Navržené modely lze uplatnit i při hodnocení škody způsobené při provozu. Typickým příkladem je požár v tunelu. I když při něm dominují ztráty na lidských životech, nelze přehlédnout při teplotách nad 1000 °C ani škody na konstrukci tunelu (např. ostění), což má přímý dopad na sanační práce a nepřímo ovlivní i návrh konstrukce tunelu. Tato problematika však přesahuje cíl publikace a není do ní tudíž zahrnuta.

Literatura

- [1] NOVOTNÁ, E., MELZEROVÁ, L., ŠEJNOHA, J. *Rizika staveb dopravní infrastruktury*. 1st ed. 2014. ISBN 978-80-01-05618-9.
- [2] SOUSA, R., L. Risk analysis for tunneling projects. Disertace, MIT USA, 2010.