

NÁVRH SOFTWAREVÉHO NÁSTROJE PRO APLIKACI SAFMEA METODY VYUŽITÉ K ŘÍZENÍ RIZIKA THE DESIGN PROPOSAL OF SOFTWARE APPLICATION USED FOR CALCULATION SAFMEA METHOD

Petr Čížek¹

¹ Ing. Petr Čížek, M.A., Ph.D., Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, cizekp@kpm.zcu.cz

Abstract: This contribution is focused on the proposal of design for software solution for calculation Statistical Failure Modes and Effect Analysis (SAFMEA). Failure Modes and Effect Analysis is widely used risk management tool, however it has significant drawback as all experts has to be in consensus. Therefore the SAFMEA method can be used to calculate the Risk Priority Number (RPN). However there is no public available software solution which allows to design and perform SAFMEA analysis. The main goal of the contribution is to propose the design of software solution which allows to design, gather and evaluate SAFMEA analysis. The design is based on the literature review and experience gained from research which used SAFMEA as evaluation tool. The design structure of software can be divided into three main steps. Firstly, the researcher with experts define risk factors. Secondly the SAFMEA-E form is configured, sent to respondents and responds are saved into the system. Finally, the calculation is made and the outcomes are presented. The main outcomes are SAFMEA-T table, risk matrix and risk map. The long-term goal is to create the free to use software solution and make source code available for public.

Keywords: SAFMEA, Process Management, Risk management, Software development

JEL Classification: D81, M19, C88

ÚVOD

Rizikový management využívá velmi rozličné nástroje pro analýzu a vyhodnocení rizik pro jednotlivé oblasti. Jednou z nejčastěji využívaných metod je Failure Modes and Effect Analysis (FMEA). Výstupem této metody je celková míra rizika reprezentována indexem Risk Priority Number (RPN), který ovšem pro svůj výpočet vyžaduje naprostou shodu mezi experty stanovující výši jednotlivých vstupních parametrů. Této shody je v praxi velmi obtížné dosáhnout, a proto je pro výpočet RPN využívána metoda Statistical FMEA (SAFMEA). Výsledkem této metody je souhrnný index celkového rizika $mRPN_j^E$, ke kterému se ovšem lze dostat po sérii složitých a časově náročných výpočtů. Proto je aplikace SAFMEA metody ideálním kandidátem pro softwarové zpracování.

Tento příspěvek se zabývá návrhem softwarového nástroje, který by měl splňovat nejen požadavky na aplikaci tradiční SAMFMEA metody, ale zároveň nabízet nástroje na sběr vstupních dat a vytvářet srozumitelné výstupy. Při návrhu software byly použity i výsledky proběhlých výzkumů zabývajících se touto metodou a získané zkušenosti byly promítnuty do návrhu.

1. FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Metoda FMEA se využívá v různých oborech – od původního využití identifikace rizika ve výrobním procesu, přes projektový management, až po investiční rizikový management (Januška, 2015). Výstupem může nabývat různých forem např. tabulka, matice rizik nebo mapa rizik. (Korecký, 2011).

Tradiční FMEA se skládá ze tří základních parametrů – závažnost (síla dopadu na projekt - Sv), očekávaný výskyt (pravděpodobnost výskytu - Lk) a odhalitelnost (složitost rozpoznání rizika - Dt).

Doporučuje se stupnice od 1 do 10, kde 1 je vždy nejpozitivnější varianta. Jednotlivé hodnoty mají svůj jazykový deskriptor, který se v praxi dále rozvíjí do podrobného popisu (Veber, 2010). Vzorec výpočtu je znázorněn ve vzorci (1).

$$RPN = Sv * Lk * Dt \quad (1)$$

Celková míra rizika (index RPN) je vypočítána jako součin jednotlivých parametrů. V praxi je považována hodnota RPN vyšší než 125 za vysoké riziko (Tichý, 2006).

Index RPN lze rozšířit i o další parametry – například intenzitu znepokojení Fr (fear), nebo zranitelnost Vn (vulnerability). Způsob výpočtu indexu RPN zůstává stejný – tedy jednotlivé parametry se navzájem násobí. Toto je umožněno faktem, že index RPN je veličinou relativní, nikoliv absolutní (Tichý, 2006). V tomto případě se vzorec výpočtu rozšíří tak, jak je znázorněno ve vzorci (2).

$$RPN_{ex} = Sv * Lk * Dt * Nový\ parametr \quad (2)$$

Metoda FMEA má v praktické aplikaci i své nevýhody. Za největší nevýhodu je považován fakt, že různá kombinace Sv , Lk a Dt může produkovat stejnou celkovou míru rizika RPN a že se tedy velmi důležitá část informace o riziku může ztratit (Liu, 2012; Mohamed, 2010). S tím je spojeno i celkové zpochybnění matematického výpočtu celkové míry rizika RPN (Geum et al., 2011; Liu et al., 2011).

Další zásadní nevýhodou je, že metoda FMEA předpokládá, že jednotliví experti stanovují vstupní hodnoty FMEA konsenzuálně, což je v realitě těžko realizovatelné. Tento nedostatek lze odstranit statistickými metodami použitými na soubor expertních hodnocení – tzv. Statistical Failure Modes and Effect Analysis (SAFMEA). SAFMEA je derivátem tradiční metody FMEA, ale je rozšířena o statistické vyhodnocení souboru indexů RPN^E zjištěných odhadem expertů. SAFMEA přihlíží dále k náhodné variabilitě odhadů expertů. Počet expertů by neměl v případě SAFMEA být nižší než tři. Maximální počet není omezen (snad jen rozpočtem projektu). Metodu může využívat několik týmů expertů a doporučuje se provést ústní instruktáž, nicméně nedoporučuje se vysvětlovat expertům podrobnosti vyhodnocení. Stejně jako u FMEA metody se doporučuje využívat stupnici od 1 do 10. Proces získání dat a vyhodnocení je následující:

- Příprava – tj. především seznámení s projektem a příprava podkladů pro vyplnění rizikovým analytikem (RA).
- Brainstorming – v této části probíhá identifikace způsobů možných poruch projektu a následků poruch.
- Příprava formuláře SAFMEA(E) – tj. formulář, který bude vyplněn experty.
- Účast expertů a vyplnění formulářů – expertní tým(y) vyplní formuláře SAFMEA(E).
- Vyhodnocení indexu RPN – pomocí vypočítání průměru naměřených hodnot a směrodatné odchylky je vyplněn formulář SAFMEA(T), který obsahuje souhrnná data z formulářů SAFMEA(E). (Tichý, 2006)

Výpočet SAFMEA metody je následující. V případě, kdy FMEA metodu v rámci jednoho scénáře využívá více expertů (a zároveň tito uživatelé nejsou v jednotném souladu), je doporučena metoda Statistical FMEA (SAFMEA). Tato metoda sbírá a vypočítává míru rizika z výsledků vyplněných FMEA formulářů jednotlivých expertů a z ní pomocí odhadu střední hodnoty generuje celkovou míru rizika $mRPN_j^E$ dle vzorce (3).

$$mRPN_j^E = \frac{\sum_k RPN_{jk}^E}{n_e} \quad (3)$$

V případě, kdy počet expertů je větší než 5, je dopočítáván i bodový odhad směrodatné odchylky základního souboru indexu RPN^E , a to dle vzorce (4) včetně bodového odhadu kvantilu rozdělení veličiny RPN^E dle vzorce (5).

$$sRPN_j^E = \left(\frac{1}{n_e - 1} \sum_k (RPN_{jk}^E - mRPN_j^E)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$qRPN_j^E = mRPN_j^E + sRPN_j^E \quad (5)$$

Na závěr se vyplní tabulka, kde všechny rizikové faktory mají přiřazeno své $qRPN_j^E$, $mRPN_j^E$ a $sRPN_j^E$. Popřípadě lze vytvořit další tabulky, které jsou seřazeny dle (Tichý, 2006):

- $mRPN_j^E$
- $\max SV_{jk}^E$
- $qRPN_j^E$

2. METODIKA

Jako podklad pro navrhovaný design softwarového nástroje byly použity dva na sobě nezávislé výzkumy, kdy metoda SAFMEA byla vybrána pro validaci významnosti definovaných rizikových faktorů. První výzkum byl zaměřen na analýzu rizikových faktorů, kterým musí čelit začínající podniky inkubované v podnikatelských inkubátorech. Výzkum se také zaměřoval na rozšíření SAFMEA metody o nový parametr – Míra ovlivnitelnosti mentorem (Me). V tomto výzkumu byly dotazníky rozeslány 30 mentorům působících v podnikatelském inkubátoru. Navráčeno bylo 10 dotazníků, které byly zpracovány pomocí metody SAFMEA. Výsledky byly prezentovány ve formě SAFMEA-T tabulky, rizikové mapy a rizikové matice. Při použití tradiční SAFMEA metody byly faktory - Problém s kapitálovým financováním a Špatný leadership – identifikovány jako nejrizikovější. Při použití dodatečného rizikového parametru Míra ovlivnitelnosti mentorem byl nahrazen rizikový faktor Špatný leadership faktorem Problémy mezi partnery firmy. V Tab.1 jsou znázorněny jednotlivé rizikové faktory seřazené dle velikosti celkového rizika s použitím tradiční SAFMEA metody ($mRPN_j^E$).

Tab. 1: Rizikové faktory inkubovaných firem (SAFMEA-T)

Rizikový faktor	$mRPN_j^E$	$mRPN_j^{EX}$	Rank ^E	Rank ^{EX}
Problémy s financováním firmy - cashflow	346	1870	1	2
Špatný leadership managementu firmy	295	1141	2	4
Problémy mezi partnery firmy	281	1949	3	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Získání potřebné technologie / licencí	86	610	19	16
Legislativní a regulativní problémy	79	254	20	20

Zdroj: Vlastní zpracování, 2018

Dalším zajímavým poznatkem byl variační koeficient odpovědí pro jednotlivé faktory, který osciloval mezi 32% a 123%, což ukazuje na velmi vysokou variabilitu a je potřeba s tímto faktem počítat při interpretaci výsledků.

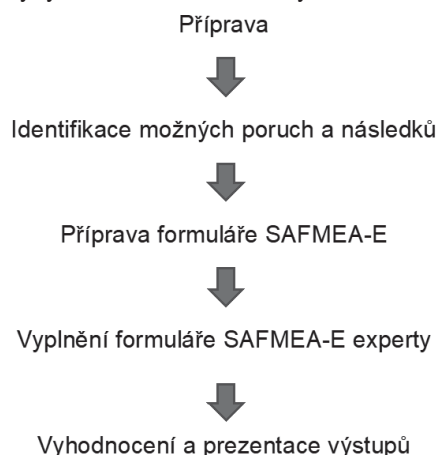
Druhý výzkum byl zaměřen na analýzu rizikových faktorů v procesním řízení a vztahující se k specifickému scénáři logistického procesu (doručení produktu/zásilky zákazníkovi) ve vybrané telekomunikační korporaci. Výzkum, stejně jako předešlý, zkoumal i vliv dodatečného parametru analýzy – Možnost implementace procesní instrukce (Pii). Formulář byl odeslán 13 procesním a produktovým manažerům, kteří mají s vybraným procesem osobní zkušenosti. Navráčeno bylo 10 dotazníků, ze kterých byla vytvořena SAFMEA-T tabulka a riziková matice. V tomto výzkumu byla patrná velmi vysoká variabilita odpovědí, především ve variantě rozšířené SAFMEA metody – variabilita se pohybovala mezi 56% - 193%. V tabulce Tab. 2 lze nalézt zjednodušenou SAFMEA-T tabulku seřazenou dle celkového rizika $mRPN_j^E$.

3. NÁVRH SOFTWAREVÉHO ŘEŠENÍ

Analýza dostupných nástrojů pro návrh a výpočet SAFMEA metody ukázala, že v současné době není k dispozici žádný volně dostupný nástroj využívající tuto metodu. Tento příspěvek si tedy ukládá za cíl vytvořit návrh softwarového řešení na základě zkušeností z provedených výzkumů a dostupné literatury. Cílem dlouhodobějším je převedení tohoto návrhu na funkční softwarový nástroj dostupný pro veřejnost.

Základním kamenem návrhu je proces tvorby a výpočtu SAFMEA metody popsany v publikaci Ovládání rizika: analýza a management od Tichého (2006). Z pohledu softwarového řešení je důležité se zaměřit především na krok přípravy formuláře SAFMEA-E, jeho vyplnění a vyhodnocení a prezentaci výstupů.

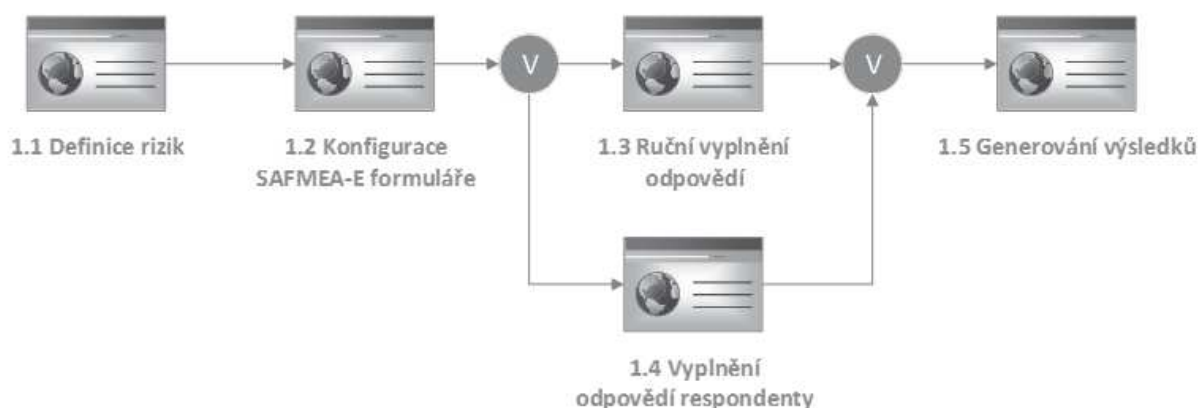
Obr. 1: Proces tvorby rizikové analýzy dle SAFMEA metody



Zdroj: Tichý, 2006

Prvním krokem v návrhu řešení byla vytvořena struktura hlavních obrazovek, které na sebe navazují. Tato struktura vychází z procesu popsaného na Obr. 1 s tím, že se zaměřuje na části, které lze pomocí softwarového řešení usnadnit. Výsledek je znázorněn na Obr. 2, kdy struktura je rozdělena do tří základních částí. V první části jsou definována rizika. V teoretické rešerši tento krok probíhá pomocí brainstormingu zúčastněných expertů. V další části výzkumník definuje a konfiguruje SAFMEA-E formulář, který předkládá expertům k vyplnění. Vyplnění formuláře může probíhat online nebo offline (např. pomocí emailu či vytisknutého formuláře). Ve druhém případě je nutné, aby výzkumník do systému zadal výsledky získané od respondentů. V poslední, třetí, části jsou prezentovány výsledky na základě aplikace SAFMEA metody.

Obr. 2: Struktura a návaznost obrazovek v navrhovaném řešení



Zdroj: Vlastní zpracování, 2018

V další části tohoto příspěvku jsou popsány jednotlivé obrazovky do většího detailu. Návrh těchto obrazovek (a jejich funkcionalit) vychází z literární rešerše a ze zkušeností získaných v průběhu vlastních výzkumů zabývajících se touto problematikou.

První obrazovka (1.1 Definice rizik) je zaměřena na definici rizik. V této části se výzkumník společně s experty pomocí brainstormingu snaží definovat rizika a jejich očekávanou příčinu a důsledek. Na této obrazovce je velmi důležité, aby měl výzkumník možnost volně přidávat a odebírat jednotlivé definované rizika, popřípadě i měnit jejich vzájemnou posloupnost. V rámci brainstormingu mohou experti dojít k závěru, že by bylo vhodné použít dodatečný parametr (provedené výzkumy prokázaly, že vhodné zvolené dodatečný parametr dokáže lépe stanovit velikost jednotlivých rizik v daném kontextu).

Další obrazovka (1.2 Konfigurace SAFMEA-E formuláře) je využívána pro konfiguraci SAFMEA-E formuláře. V tomto kroku jsou definovaným rizikům automaticky přiřazeny parametry - závažnost (síla dopadu na projekt - S_v), očekávaný výskyt (pravděpodobnost výskytu - L_k) a odhalitelnost (složitost rozpoznání rizika - D_t). Pokud se experti shodli na využití dodatečného parametru, má výzkumník možnost tento parametr nakonfigurovat v rámci SAFMEA-E formuláře, včetně popisků škály odpovědi (nicméně velikost škály musí zůstat z důvodu kalkulace stejná jako u ostatních parametrů). Dále má výzkumník možnost buď odeslat vytvořené formuláře k vyplnění online (přes odkaz v emailu), či offline pomocí PDF přílohy či vytištěného formuláře.

Pokud výzkumník využil možnost offline vyplnění formuláře, oslovení experti vyplňují váhy jednotlivým parametrům pro definovaná rizika. Vyplněný dokument vrací výzkumníkovi, který má na obrazovce 1.3 Ruční vyplnění odpovědi možnost výsledky doplnit do systému.

V případě online vyplnění formuláře, váhy jednotlivým parametrům vyplňují do systému přímo experti (pomocí obrazovky 1.4 Vyplnění odpovědi respondenty). Výzkumník má možnost jednotlivé odpovědi sledovat na obrazovce 1.2 Konfigurace SAFMEA-E formuláře.

V dalším kroku má výzkumník možnost vygenerovat výstupy analýzy, a to pomocí tlačítka na obrazovce 1.2. Konfigurace SAFMEA-E formuláře. Výsledky jsou zobrazeny na obrazovce 1.5 Generování výsledků. Tato obrazovka obsahuje základní výstupy SAFMEA analýzy – tj. SAFMEA-T tabulku, matici rizik a mapu rizik. Odkaz na tuto obrazovku má možnost výzkumník odeslat pomocí emailu.

SAFMEA-T tabulka umístěná na obrazovce 1.5 Generování výsledků obsahuje seznam rizikových faktorů, celkovou míru rizika $mRPN_j^E$, odhad směrodatné odchylky $sRPN_j^E$, bodový odhad kvantilu rozdělení veličiny RPN^E ($qRPN_j^E$), $\max SV_{jk}^E$ a variační koeficient. Pokud výzkumník definoval i dodatečný parametr je tabulka SAFMEA-T rozšířena. Výzkumník má možnost řadit si výslednou tabulku dle jednotlivých sloupců.

Matrice rizik umístěná na obrazovce s výstupy metody SAFMEA je rozdělena do oblastí s malým rizikem, středním rizikem a vysokým rizikem – tak jak je zobrazeno na obrázku Obr. 3. Toto zobrazení je velmi přehledné, nicméně sebou obsahuje výrazné omezení, kdy je zcela ignorován parametr odhalitelnosti (D_t) a popřípadě i dodatečný parametr definovaný výzkumníkem.

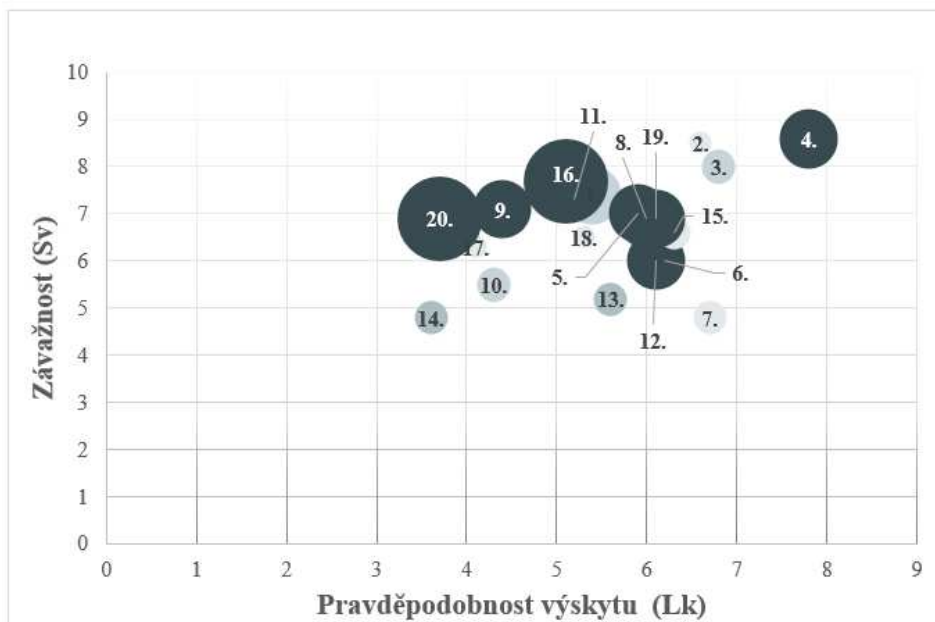
Obr. 3: Příklad zobrazení rizikové matice (použit z výzkumu rizika vybraného logistického procesu)

Očekávaný výskyt (L_k)	Závažnost (S_v)				
	0-1,99	2-3,99	4-5,99	6-7,99	8-10
8-10					
6-7,99			(6)		
4-5,99		(8)	(1); (4); (5); (7)		(2); (3)
2-3,99					
0-1,99					

Zdroj: Vlastní zpracování, 2018

Další část obrazovky 1.5 Generování výsledků je zaměřena na generování rizikové mapy, která z velké části adresuje omezení matice rizik. Na osách mapy rizik jsou zaneseny průměrné hodnoty Závažnosti (S_v) a Očekávaného výskytu (L_k) jednotlivých rizikových faktorů. Zanesené hodnoty jsou obohaceny o parametr Odhalitelnosti (D_t), který je reprezentován velikostí kruhu a popřípadě i dodatečného parametru (na Obr. 4 je zobrazena míra Ovlivnitelnosti mentorem (Me)), který je naznačen různým odstínem barvy. Aby bylo možné definovat velikost kruhu, byly zjištěny hodnoty $\min Dt_{jk}^E$ a $\max Dt_{jk}^E$ a hodnoty mezi nimi byly rozděleny do čtyř velikostí. V případě odstínu barvy byla použita stejná metoda pro přiřazení správného odstínu. Celkový výsledek je zobrazen na příkladu z výzkumu rizik inkubovaných firem na Obr. 4.

Obr. 4: Příklad zobrazení rizikové mapy (použit z výzkumu rizik inkubovaných firem)



Zdroj: Vlastní zpracování, 2018

Dalším grafickým výstupem může být přehled jednotlivých rizikových faktorů se zobrazením dílčího $mRPN_j^E$ dle jednotlivých expertů. Tento pohled může dle Příbyla (2016) pomoci identifikovat extrémní v přidělení vah u některých expertů.

ZÁVĚR

Rizikový management je nedílnou součástí řízení podniků, projektů či procesů. Jednou z nejpoužívanějších metod pro identifikaci a hodnocení rizikových faktorů je metoda Failure Modes and Effect Analysis (FMEA). Tato metoda ovšem je závislá na shodě všech účastníků analýzy, které je v realitě těžké dosáhnout, kdy pro tyto případy lze využít metodu Statistical FMEA. V rámci exekuce výzkumů zabývající se touto metodou byla identifikována absence volně dostupného nástroje pro definici, sběr a vyhodnocení SAFMEA metody.

Tento příspěvek má za cíl představit návrh softwarového řešení, který vychází z teoretické rešerše a reflektuje potřeby a zkušenosti získané při výzkumech využívajících SAFMEA metodu. Struktura softwarové aplikace vychází ze základního procesu SAFMEA analýzy a dělí se na tři základní části. V první výzkumník, společně s experty, definuje sledovaná rizika pomocí brainstormingu (popřípadě i definují rozšiřující hodnotící parametr). V další fázi probíhá konfigurace SAFMEA-E formuláře, který může být na experty odeslán online či offline metodou. Online metoda umožňuje uživateli vyplnit SAFMEA-E formulář, který je automaticky uložen a zpracován. Offline metoda vyžaduje od výzkumníka přepsání odevzdaných tištěných formulářů do systému.

Poslední částí je vyhodnocení vložených dat, kdy je uživateli zobrazena SAFMEA-T tabulka obsahující seznam rizikových faktorů, celkovou míru rizika $mRPN_j^E$, odhad směrodatné odchylky $sRPN_j^E$, bodový odhad kvantilu rozdělení veličiny RPN^E ($qRPN_j^E$), $\max SV_{jk}^E$ a variační koeficient. Dále je uživateli zobrazen matice a mapa rizik se zanesenými výsledky.

V dlouhodobějším horizontu je cílem toto zadání přepracovat do funkční, volně dostupné aplikace a zdrojové kódy uvolnit k volnému užití.

Poděkování:

Příspěvek vznikl za podpory Motivačního systému Západočeské univerzity v Plzni, část POSTDOC.

ZDROJE

- Geum, Y., Cho, Y., & Park, Y. (2011). A systematic approach for diagnosing service failure: service-specific FMEA and grey relational analysis approach. *Math. Comput. Model.* 54(11–12), 3126–3142.
- Januska, M., Spicar, R. (2015) Risk management system development: The case of the University of West Bohemia in Pilsen. *Actual Problems of Economics.* 167(5), 267-277.
- Korecký, M. a Trkovský, V. (2011). *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích.* Praha: Grada.
- Liu, H.-C., et al. (2011) Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. *Expert Syst. Appl.* 38(4), 4403–4415.
- Liu, H.-C. et al. (2012). Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment. *Expert Syst. Appl.* 39, 12926–12934.
- Mohamed, A. a Robinson, F. (2010). Risk management in the construction industry using combined fuzzy FMEA and fuzzy AHP. *J. Constr. Eng. Manage.* 136(9), 1028–1036.
- Přibyl, P. & Přibyl, O. (2016). Effective Decision Support System Based on Statistical Tools. 640.
- Tichý, M. (2006). *Ovládání rizika: analýza a management.* Praha: C.H. Beck.
- Veber, J., Hůlová, M. a Plášková, A. (2010). *Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe.* Praha: Management Press.