

## JEDNOTNÝ SYSTÉM ANALÝZY A RIADENIA RIZÍK

**RICHARD KURACINA**

### UNIFORM SYSTEM FOR RISK ANALYSIS AND RISK MANAGEMENT

#### **ABSTRAKT**

*Dôležitú úlohu pri analýze rizík v dnešnej dobe zohráva výpočtová technika. Neexistuje však univerzálny nástroj pre komplexné hodnotenie rizík konkrétneho problému, je potrebné ich použiť viaceré. Často sú však takéto softvérové nástroje finančne náročné. Možnosťou vytvorenia takéhoto nástroja, ktorý by pracoval s niekoľkými metódami analýzy s možnosťou vyhodnocovania, sa zaoberá tento článok spolu s definovaním jeho základných parametrov a funkcií.*

**Kľúčové slová:** analýza rizika, riadenie rizika, riziko

#### **ABSTRACT**

*The computer technologies plays important role in the risk analysis. Many computers softwares that facilitate and clarify the process of risk analysis from simulation of situations to detailed calculations of risk consequences exists. However an universal tool for the risk evaluation analysis of particular problem does not exist. It is necessary to use them more. Often, such software tools are expensive. Therefore, this report is focused on a theoretical possibility to creating an universal tool for risk analysis with defining the basic parameters and functions.*

**Keywords:** risk analysis, risk management, hazard

#### **Úvod**

Analýza rizík je dnes doménou, ktorá sa skloňuje od najjednoduchších vecí až po veľmi zložité systémy. S analýzou rizík sa stretáme nielen ako s nejakou možnosťou, ale je to už aj nevyhnutnosť dotýkajúca sa úrovne bezpečnosti na pracoviskách a týkajúca sa nielen pracovníkov, ale aj okolia či investícií.

Analýza rizík je založená na určitých postupoch, ktorých sled a realizácia je presne definovaná. V dnešnej dobe sa dajú použiť tri prístupy k analýze rizík:

- klasický prístup, kde sa analyzuje pomocou kontrolných zoznamov
- prístup, pri ktorom sa na zisťovanie príčin využíva vyšetrovacia komisia, ktorej závery sú zvyčajne podložené odbornými posudkami a hodnoteniami
- prístup, pri ktorom sú na zisťovanie príčin využívané metódy vyvinuté k analýze rizík a ich použitie je často veľmi špecifické

Každý z týchto prístupov vyžaduje špecifickú realizáciu. Pri jednoduchších postupoch a problémoch je samozrejme, že ich úplná realizácia a zistenie príčin je vyžadované v čo najkratšom možnom čase, aby sa mohli urobiť návrhy opatrení. Tomu musí zodpovedať aj výber metódy analýzy rizika, ako aj realizácia prípadných posudkov.

Na druhú stranu je však v prípade zložitejších problémov vhodné kombinovať tak jednoduché postupy a metódy, aby sa rámcovo určili hlavné príčiny a aj nápravné opatrenia. Na druhú stranu je však nutné, aby takéto problémy boli posudzované komplexne, teda aby sa zahrnuli do analýzy všetky možné prepojenia a podmienky, ktoré mohli viesť k nehode.

Neexistuje však všeobecný postup pre skombinovanie jednoduchých sofistikovaných metód. Ich použitie závisí výhradne na tíme ľudí, ktorí analýzu robia ako aj na type a rozsiahlosti analyzovaného problému.

#### **Informačné technológie a analýza rizík**

V dnešnej počítačovej dobe je už takmer nemysliteľné, že by sa analýza rizík realizovala manuálne (snáď okrem mimoriadne jednoduchých analýz). Existuje nepreberné množstvo programov a počítačových nástrojov, ktoré dokážu uľahčiť analýzu alebo vypracovanie odborného posudku, potrebného pre analýzu. Niektoré programy, ktoré sú využívané pri analýzach dokonca nie sú ani navrhnuté na takúto variantu a slúžia len ako nástroj pre zápis a isté sprehľadnenie, napríklad program Office Word či Excel. [1]

Potom sú grafické programy, ktoré sa dajú použiť za istých okolností pre organizovanie a zapisovanie dát. Ich nevýhodou je zvyčajne pracnosť použitia, nakoľko nie sú programované pre postupné dodávanie informácií a ich prípadnú reorganizáciu. Výhodou je na druhú stranu ich ľahká dostupnosť a niektoré sú dokonca aj voľne šíriteľné. Komerčnou variantou je napríklad program Corel Draw, voľne šíriteľnou program DIA. [1]

Samozrejme, treťou kategóriou sú programy, ktoré sú určené na uľahčenie samotnej analýzy rizík či vypracovanie posudku pomocou simulácie, a zvyčajne poskytujú aj vlastnosti popísané vyššie. V tejto kategórii sú už vo veľkej väčšine programy, ktoré sú komerčné a ich cena je zvyčajne na úrovni niekoľkých tisícov dolárov. Samozrejme, nájdú sa aj voľne prístupné programy, ale ich funkčnosť buď nie je na úrovni komerčných programov, prípadne ich funkcionálna je nejakým spôsobom obmedzená, aby si zákazník musel zakúpiť plne funkčný program. Príkladom komerčného programu pre simulácie únikov



látok či požiarov je AutoReaGas, ktorý je veľmi sofistikovaný a na základe jeho zložitosti je aj stanovená jeho cena (€25.000). Príkladom komerčného programu pre analýzu rizík pomocou prúdu porúch je CAFTA, ktorý disponuje všetkými potrebnými funkciami aj výstupmi, trochu však odrádza jeho cena (\$8.000). Existuje však aj voľne šíriteľná varianta programu pre analýzu rizík metódou FTA. Volá sa OpenFTA, jeho funkčnosť však nie je na takej úrovni, aby bol výsledok analýzy okamžite použiteľný. [1]

## ANALÝZA RIZÍK A METÓDY ANALÝZY RIZÍK

Pre analýzu rizík bolo vyvinutých mnoho metód. Sú viac či menej špecificky orientované na nejakú časť analýzy a preto sú v tejto časti príspevku popísané niektoré vybrané metódy, od najjednoduchších po veľmi zložitých. Medzi jednoduché metódy popísané v tomto článku patrí *Kontrolný zoznam* a *What-if?*, ďalej sú tu popísané *FMEA* a *HAZOP*, najzložitejšie sú *Strom porúch* a *MORT*.

### Kontrolný zoznam

Kontrolný zoznam je najjednoduchšia metóda, ktorá sa dá použiť pri analýze rizík. Pri nej sa totiž vypracováva zoznam úkonov, podmienok a udalostí, ktoré môžu nastať v hodnotenom systéme. Na základe zhodnotenia platnosti jednotlivých bodov v zozname je možné posudzovať bezpečnosť. Samozrejme, metóda je najjednoduchšia, ale zároveň je aj najviac subjektívna, preto je potrebné pri jej použití pracovať v tíme, ktorý kriticky navrhuje jednotlivé body kontrolného zoznamu. Je tiež potrebné mať aj nejaké informácie o hodnotenom systéme a niekoho, kto rozumie postupom a podmienkam v procesoch. [2], [3]

### What-if?

Podobne ako predchádzajúca metóda je veľmi subjektívna. Zlepšenie výstupu analýzy je v tom, že po položení otázky *Čo sa stane, ak ...* musíte stanoviť odpoveď na túto otázku. Týmto spôsobom môžete prísť na to, čo je a čo nie je nebezpečné. Aj pri tejto metóde je dôležité, aby robil analýzu tím ľudí, ktorí kriticky hodnotia systém a položením vyššie spomenutej otázky. Z tohto popisu samozrejme vyplýva, že na túto analýzu už sú potrebné dosť detailné informácie o hodnotenom systéme a aj tím ľudí, ktorí robí analýzu musí mať dostatočné informácie a skúsenosti. [2], [3]

### FMEA, Failure Modes and Effect Analysis

Ďalším stupňom zlepšujúcim analýzu rizík je metóda FMEA. Táto metóda je ešte stále dosť subjektívna, jej miera je však už nižšia. Na rozdiel od metódy *what-if?* je v tejto metóde prídavkom to, že sa k zlyhaniu niektorej časti hodnotí efekt, ktorý toto zlyhanie bude mať. Z tejto definície vyplýva to, že aby mohol hodnotiaci tím posúdiť bezpečnosť pomocou metódy FMEA, potrebuje tak už dosť detailné informácie o hodnotenom systéme, ako aj ľudí, ktorí vedú o čo v ňom ide a aké sú pracovné postupy či podmienky. [2], [3]

### HAZARD and OPERABILITY Study, HAZOP

Je to síce metóda vyvinutá pre chemický priemysel, ale je tiež veľmi dobre využiteľná aj v iných oblastiach dotýkajúcich sa bezpečnosti. Ide už o pomerne zložitú metódu, kde sa odchýlka, ktorá reprezentuje chybu v systéme (a bezpečnosti) určí na základe *návodného slova*. Ak totiž existuje nejaký sledovaný parameter (napr. tlak či teplota), potom odchýlkou od normálneho stavu bude vyšší tlak, ak sa použije návodné slovo *viac, väčší*. Určenie odchýlky však nie je zámerom metódy. Na základe definovania tejto odchýlky sa určí jej príčina a to, čo všetko spôsobí, teda jej dôsledok. Na základe týchto informácií je možné potom samozrejme urobiť nápravu a navrhnúť opatrenia na zabránenie nehode. Samozrejmosťou pri tejto metóde je poznať všetky dostupné informácie o hodnotenom systéme ako aj to, že analýzu vykonáva tím skúsených ľudí, ktorý vie dobre používať metódu ako aj informácie o systéme. [2], [3]

### Fault Tree Analysis, FTA

Veľmi známou metódou je strom porúch. Je to metóda, v ktorej sa graficky zobrazujú interakcie medzi udalosťami (stromová štruktúra), ktoré spôsobujú určitú nehodu, definovanú ako vrcholová udalosť (*top event*). Tieto interakcie sa popisujú jednotlivými udalosťami a ich kombinovanie popisujú hradlá využívajúce Booleove symboly (A, ALEBO). Výsledkom však nie je samotný strom, ale popísanie interakcií v tomto strome a *minimálne kritické rezy*, MCS. Tieto popisujú, ktoré základné udalosti sa kombinujú v rovnakom čase (teda nastávajú súčasne), aby vznikla nehoda. Na rozdiel od predchádzajúcich metód, ak je možné priradiť jednotlivým udalostiam pravdepodobnosti, je možné určiť aj pravdepodobnosti vzniku nehody z každého kritického rezu. Pretože sa vytvára pri tejto metóde dosť zložitá štruktúra, vyžadujú sa detailné informácie, skúsený tím riešiteľa a často aj dostatočne dlhé časové obdobie na vypracovanie stromu a jemu zodpovedajúci výstup. [2], [3]

### Management Oversight and Risk Tree, MORT

Metóda je založená na vypracovanom strome porúch. Nie je teda potrebné dlho vypracovávať strom porúch, stačí len stanoviť, či udalosť uvedená v diagrame MORT je alebo nie je platná. Udalosti teda nie sú presne a jasne popísané, sú len stanovené *koreňové príčiny*, teda udalosti, ktoré majú vplyv na výslednú nehodu, ale v podstate len z hľadiska ich manažmentu a riadenia. Aj samotná definícia nehody v tejto metóde z tohto vychádza. Nehoda je v metóde MORT definovaná ako nežiadúce pôsobenie toku energie (vplyv okolia) na nejaký cieľ (človek, zariadenia ...) ak nie sú dostatočné bariéry, ktoré ich oddeľujú, pričom celá táto interakcia nie je dostatočne manažovaná. Samozrejme je potrebné poznať detaily týkajúce sa hodnoteného systému, ako aj postupov metódy MORT, ktoré využíva tím ľudí realizujúcich analýzu. Okrem samotného použitia je doporučené k tejto metóde používať aj metódy *Events and Causal Factor Analysis* na určenie



kombinácie energia - cieľ - bariéra a *Energy Trace and Barrier Analysis* na popísanie toho, ako sa táto kombinácia uplatňuje. [2]

## POČÍTAČOVÉ NÁSTROJE A ANALÝZA RIZÍK

### Simulačný program ALOHA

Program ALOHA je program pre simuláciu únikov látok a ich *správania sa* v podmienkach úniku. Nie je to program, ktorý znázorňuje ako sa bude chovať uniknutá látka, ale iba zobrazí priestor, v ktorom môže prísť k nejakému ohrozeniu niektorým zo základných druhov prejavov. Dosť problematické je, ako u všetkých simulačných programov, vkladanie informácií, ktoré musia byť pre program dostupné, aby mohol vytvoriť relevantný výstup. Je teda nutné vedieť za akých okolností dochádza k úniku látky, aké sú parametre okolitého prostredia (počasie) či aké sú bezpečnostné charakteristiky látky, aby bolo možné ich porovnať s parametrami, ktoré vypočítal program. [4], [5]

### Simulačný program AutoReaGas

AutoReaGas je predstaviteľom komerčných programov. Samozrejme, takéto programy obsahujú veľké množstvá informácií a funkcií, ktoré sa dokážu dokonale prispôsobiť požiadavkám užívateľa, čo je však často vykúpené jeho obstarávacou cenou. Grafický je program veľmi jednoduchý, obsahuje len minimálne množstvo prvkov či farieb. Zadávanie dát do programu je väčšinou pomocou príkazového riadku, preto je potrebná veľmi dobrá znalosť tohto programu a tiež aj dobrá predstavivosť pri ich zadávaní.

### FaultREASE

Jedným z programov pre použitie metódy *strom porúch* je FaultREASE. Je to relatívne jednoduchý, a intuitívne použiteľný program pre spracovanie a vyhodnocovanie stromu porúch. Podstatnou výhodou programu je, že dokáže bez väčších problémov nakresliť a usporiadať do pozerateľnej formy celý strom porúch. Jeho algoritmy tiež umožňujú z nakresleného stromu *vypočítať* zoznam minimálnych kritických rezov, spolu aj s pravdepodobnosťami, ak sú uvedené.

### OpenFTA

Ďalší zaujímavý program je OpenFTA, ktorý podobne ako FaultREASE umožňuje riešiť stromy porúch. Je to voľne dostupný program, preto aj jeho grafický výstup tomu zodpovedá (horšie sa menia veľkosti písma či symbolov a kvalita výstupu). Podobne ako grafický výstup, aj výpočtová časť programu má menšie nedostatky, hlavným je však zoznam kritických rezov, ktorý je len vo forme číselného zoznamu udalostí. OpenFTA však má všetky zásadné funkcie, ktoré ponúka FaultREASE, z hľadiska zadávania základných udalostí dokonca je lepšie vybavený, keď disponuje ich databázou, z ktorej sa *pridávajú* do stromu porúch.

### PHA Works

Pre analýzu rizík metódami, ktoré nevyužívajú grafické stromy a logické štruktúry, je určený program PHA Works. V podstate je to však len program, ktorý organizuje údaje o analýze, pričom však na rozdiel od bežných editorov umožňuje lepšiu a rýchlejšiu reorganizáciu dát, zaznamenáva revízie dokumentov a poskytuje pre každú metódu prostredie so štandardizovanými parametrami.

### MORT WorkSheet

Pre uľahčenie použitia metódy MORT bol vypracovaný nástroj nazvaný MORT WorkSheet. Je to v podstate jeden súbor v programe Excel, ktorého funkcie sú nastavené tak, aby nahradil diagram MORT, ktorý je len veľmi obtiažne použiteľný k reálnemu zhodnoteniu rizík, či už je to pre rozsiahlosť diagramu alebo pre takmer nemožnú archiváciu diagramov. Tento dokument obsahuje takmer všetko, čo je potrebné pre úspešné použitie metódy MORT, teda popisy udalostí, ale poskytuje aj spätnú kontrolu správnosti jeho vyplnenia. [1]

## VÝHODY A NEVÝHODY POUŽITÝCH SÚČASTÍ

### Výhody a nevýhody popísaných metód analýzy rizík [1]

metóda	výhody	nevýhody
Kontrolný zoznam	rýchlosť spracovania jednoduchosť a časová nenáročnosť netreba veľký tím ľudí netreba príliš detailné informácie	analýza nie je detailná nedajú sa vytvárať detailné doporučenia analýza nie je systematická vysoká miera subjektivity
What-if?	rýchlosť spracovania jednoduchosť a časová nenáročnosť menší tím ľudí netreba úplne detailné informácie	analýza nie je príliš detailná nedajú sa vytvárať detailné doporučenia analýza nie je systematická vysoká miera subjektivity
FMEA	netreba príliš detailné informácie analýza je relatívne systematická	analýza nie je príliš systematická už relatívne veľký tím ľudí

	relatívne krátky čas potrebný na spracovanie relatívne detailný výstup analýzy	
Bodová metóda	rýchlosť spracovania jednoduchosť a časová nenáročnosť relatívne menší tím ľudí netreba úplne detailné informácie	analýza nie je príliš detailná nedajú sa vytvárať detailné odporúčenia analýza nie je systematická vysoká miera subjektivity
HAZOP	analýza je detailná analýza je systematická dajú sa vytvárať detailné odporúčenia analýza je objektívna analýza je relatívne systematická	časová náročnosť nutnosť detailných informácií o systéme väčší tím ľudí
FTA	analýza je detailná analýza je systematická dajú sa vytvárať detailné odporúčenia analýza je objektívna analýza je systematická	veľká časová náročnosť nutnosť detailných informácií o systéme veľký tím ľudí nutnosť ovládať relatívne zložitú metódu
MORT	analýza je relatívne detailná analýza je systematická dajú sa vytvárať dost' detailné odporúčenia analýza je objektívna analýza je systematická časová náročnosť menší tím ľudí	nutnosť detailných informácií o systéme nutnosť poznať relatívne zložitú metódu

**Výhody a nevýhody popísaných počítačových nástrojov [1]**

program	výhody	nevýhody
Aloha	- jednoduchosť programu - informácie potrebné pre program sú ľahko dostupné - časová nenáročnosť - užívateľská prívetivosť	- malá presnosť - výsledok nie je možné často stotožniť s konkrétnymi reálnymi podmienkami
AutoReaGas	- presnosť programu - reálnosť výstupu	- náročnosť programu - pracuje v príkazovom riadku - časová náročnosť - obstarávacia cena
FaultReASE	- užívateľská prívetivosť - grafické prostredie uľahčujúce prácu so stromom porúch - časová nenáročnosť na spracovanie stromu porúch - výstup z programu (MCS) má vysokú vypovedaciu hodnotu - dokáže vypočítať pravdepodobnosti udalostí uvedených v strome porúch	- neobsahuje databázu udalostí, ktoré tak musia byť presne popisované a prípadne opravované - obstarávacia cena
OpenFTA	- grafické prostredie pre vytváranie stromu je relatívne prívetivé a ľahko ovládateľné - časová nenáročnosť na spracovanie stromu porúch - dokáže v istej miere spracovávať pravdepodobnosti udalostí	- výstup z programu (MCS) je dost' neprehľadný a zbytočne zjednodušený - menšia užívateľská prívetivosť v spolupráci databáze udalostí s konštrukciou stromu
PHA Works	- dobré grafické prostredie pre dokumentáciu a revízie analýzy rizík - prostredie je z hľadiska práce a grafiky užívateľský prívetivé	- ponuka formulárov pre jednotlivé metódy je niekedy až zbytočne zložitá - obstarávacia cena - zadávanie niektorých údajov je zložitejšie
MORT WorkSheet	- sprehl'adňuje a zjednodušuje použité metódy - ľahká archivácia - umožňuje porovnávať nehody	- funguje len v programe Excel - niekedy je zdĺhavé vyplňanie



## JEDNOTNÝ SYSTÉM ANALÝZY A RIADENIA RIZÍK

Ako vyplýva z predchádzajúcich častí, neexistuje univerzálny počítačový nástroj, ktorý by dokázal riešiť analýzu rizík komplexne. Je možné však vytvoriť nástroj, ktorý by toto dokázal a jeho funkcie je možné nastaviť tak, aby bol ľahko ovládateľný a pochopiteľný. [1]

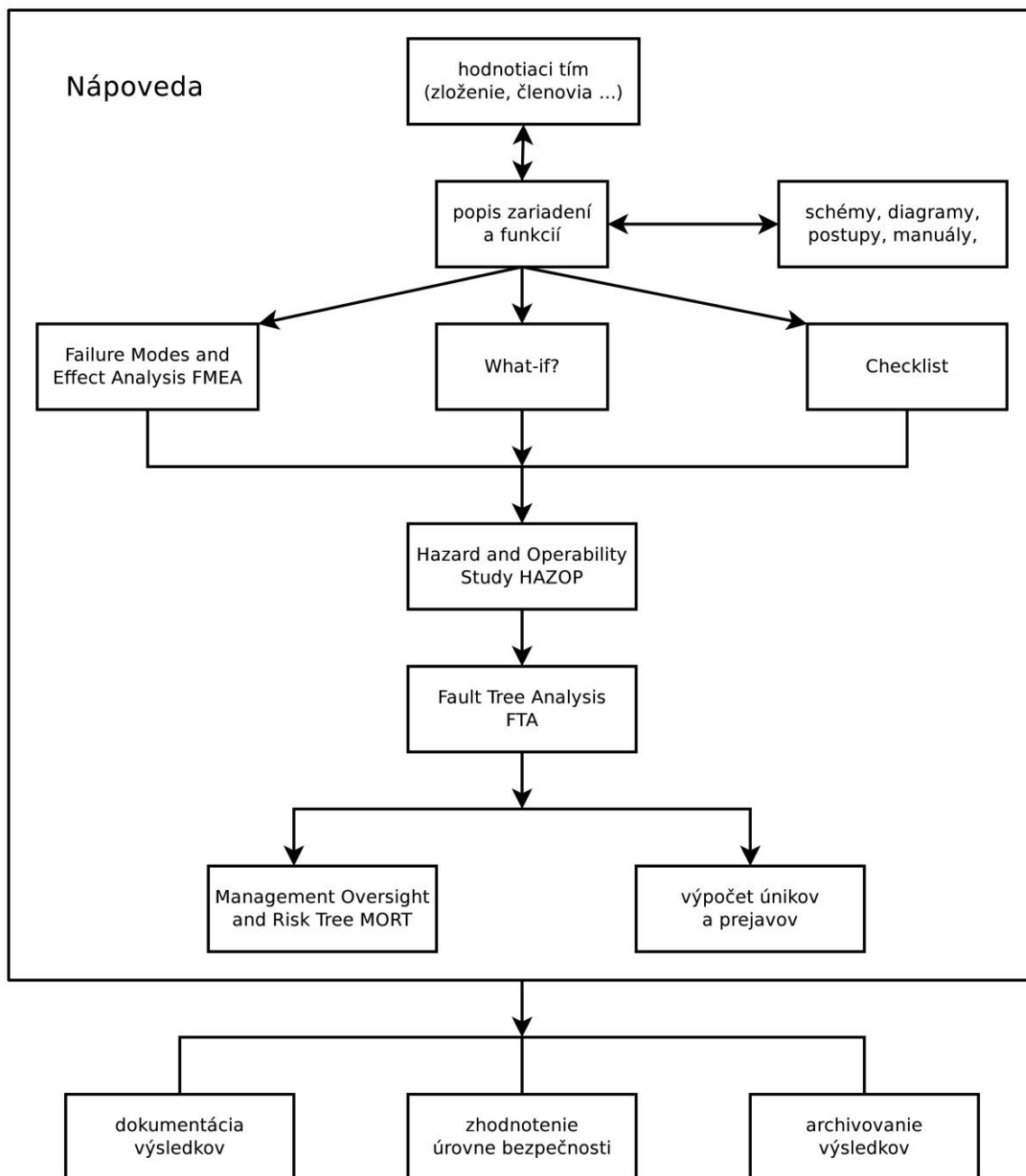
### Užívateľská prívetivosť, ovládanie, prvky, jazyk ...

Prvoradou vlastnosťou programu je čo najväčšia užívateľská prívetivosť. Nedá sa samozrejme očakávať, že program bude vedieť ovládať aj niekto bez skúseností z analýzy rizík a jej metód, ale program uľahčuje použitie jednotlivých metód v čo možno najväčšej miere. [1]

Ovládanie programu je čo najviac intuitívne, aby nebolo potrebné pri každej činnosti sledovať manuál a samozrejme použité prvky sú dostatočné a optimalizované, aby ich nebolo príliš a ani málo. Jazyk v programe je zatiaľ len slovenský. [1]

Každá z metód je istým spôsobom špecifická, ich kombinácia však môže viesť k zaujímavým výsledkom, popisujúcim bezpečnosť nejakého systému. Preto hlavnú časť softvéru tvoria samotné metódy, kde sa využívajú prednosti počítačových programov:

- dokumentáciu o hodnotenom systéme
- výstup jednoduchých metód je vstupom pre zložitejšie metódy
- výsledok hodnotenia komplexne hodnotí tak všeobecne bezpečnosť a riziká ako aj najnebezpečnejšie časti, hodnotené pomocou detailných analýz
- zistené konkrétne riziká sú vstupom pre hodnotenie riadenia rizík
- výsledok analýzy je jednoduchý dokument, vhodný na archiváciu
- grafická stránka programu je navrhnutá tak, aby využívala všetky prednosti každej metódy
- spätná kontrola správnosti práce s metódami bude kontrolovaná vnútornými funkciami programu [1]



Obrázok 1: Štruktúra programu [1]

## ZÁVER

Analýza rizík je dnes nevyhnutnosťou, a preto je potrebné aj jej maximálne zjednodušenie. Toto je uskutočniteľné použitím jednotného softvérového nástroja, ktorý využíva všetky dôležité výhody metód analýzy rizika a tým vytvára výstup, ktorý nielen komplexne hodnotí riziká a nebezpečenstvá v systéme, ale aj výstup ktorý je ľahko prenositeľný a archivovateľný, čo je základnou podmienkou práce takéhoto programu. Samozrejmosťou takéhoto softvéru je užívateľská priateľnosť, ľahko použiteľné grafické prostredie a interaktívna nápoveda.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol za podpory grantu KEGA 028STU-4/2013 s názvom: „E-learning vo forme príručky bezpečnosti a ochrany zdravia pri zváraní“.





#### ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Kuracina, R.: Návrh jednotného systému analýzy a riadenia rizík, habilitačná práca, Trnava, 2014, 150 strán
- [2] Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 3. Ed. New York: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-97815-2, 576 strán
- [3] Guidelines for Investigating Chemical Process Incidents, 2. Ed. New York: John Wiley & Sons. ISBN 9780-8169-0897-4, 347 strán
- [4] Lees, F.P. Loss Prevention in the Process Industries., Vol. 1, 2. Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, ISBN 0 7506 1547 8, 1276 strán
- [5] Lees, F.P. Loss Prevention in the Process Industries., Vol. 2, 2. Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, ISBN 0 7506 1547 8, 1302 strán

#### ADRESA AUTORA

**Ing. Richard Kuracina, Ph.D.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

#### **RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

#### **REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*