



SIMULAČNÉ METÓDY K ANALÝZE RIZÍK

SIMULATION METHODS USED FOR THE RISK ANALYSIS

Peter TREBUŇA - Miriam PEKARČÍKOVÁ

Abstract

The first step in the process of risk reduction is of course its analysis. A risk analysis is usually understood as a process which defines the threats, the likelihood of their implementation and impact on assets, thus determining the risks and their severity.

Key words

Risk analysis, Monte Carlo method, Simulation.

Princíp vzorkovania a simulácie

V súčasnosti existuje niekoľko techník výberu vzoriek, dôležitým faktorom pri vyhodnocovaní techník vzorkovania je počet opakovaní potrebných na presné vytvorenie vstupného rozdelenia prostredníctvom vzorkovania. Presné výsledky pre výstupné rozdelenia závisia od kompletnosti vzorkovaného vstupného rozdelenia [1], [2].

Najčastejšie sa v počítačových programoch používajú vzorkovanie Monte Carlo a Latin Hypercube. Odlišujú sa v počte opakovaní potrebných na to, aby sa vzorkované hodnoty približovali k vstupnému rozdeleniu pravdepodobnosti [2].

Vzorkovanie Monte Carlo si často vyžaduje veľký počet vzoriek na aproximáciu vstupného rozdelenia, najmä ak je vstupné rozdelenie veľmi šikmé, alebo obsahuje výsledky s nízkou pravdepodobnosťou [2].

Princíp metódy Monte Carlo využíva aj program na zisťovanie možného rizika a jeho pravdepodobnosti @RISK.

@RISK

Metodika @RISK využíva k analýze rizík simulačné metódy Monte Carlo. Jedná sa o spracovanie celej problematiky vo forme tabuliek. V tejto metóde sa potom neisté hodnoty zamieňajú funkciami, ktoré reprezentujú rozsah možných hodnôt. Vybrané hodnoty predstavujú nástroj pre ďalšie rozhodovanie. Rozhodujúcim faktorom tejto metódy je návrh modelu, pričom vytvorený model definuje danú situáciu systému vo forme tabuliek. Ide vlastne o kvantitatívnu metódu, ktorá určuje pravdepodobnostné rozdelenie hrozieb a rizík.

Každé rozdelenie pravdepodobnosti program @RISK nahradí pevne stanovenou hodnotou zadaných distribučných funkcií. Tieto funkcie, z ktorých každá reprezentuje určitý okruh pravdepodobnostného rozdelenia, predstavuje rozšírenú množinu funkcií tabuľkového procesora MS Excel.

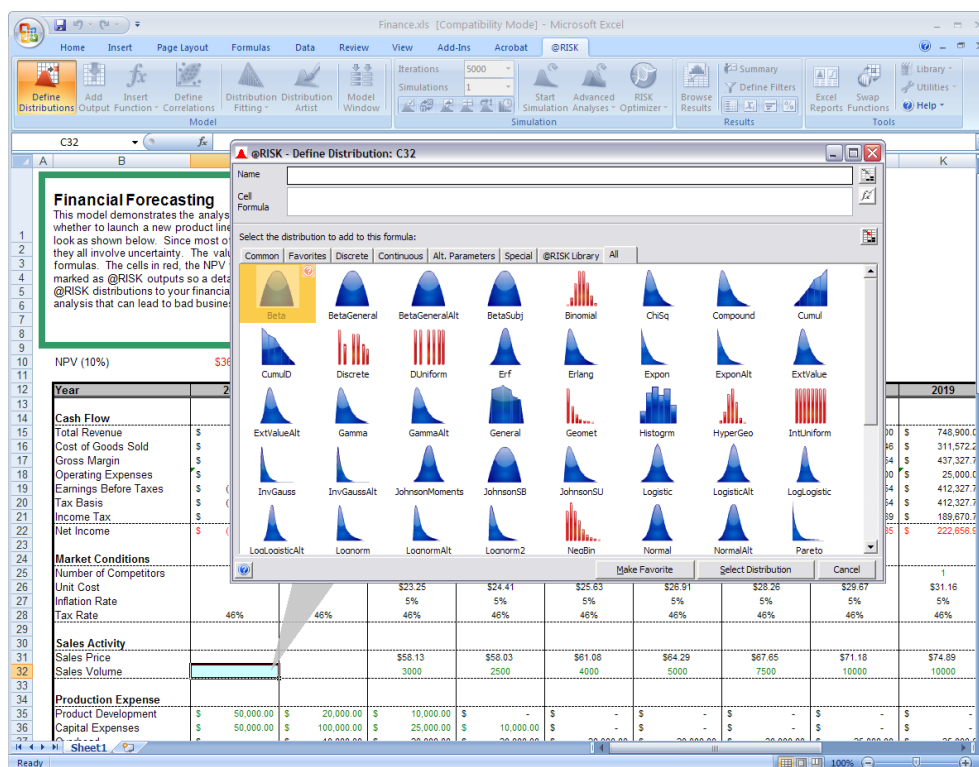
Spustenie analýzy s @ RISK zahŕňa tri jednoduché kroky:

1. Nastavenie modelu

Začína sa nahradením neistých hodnoty v tabuľke s @ RISK funkciami rozdelenia pravdepodobnosti, ako normálne, jednotné, resp. viac než 35 iných. Tieto @RISK funkcie predstavujú rad rôznych možných hodnôt, ktoré by mohli mať bunky namiesto len toho jedného prípadu. Je potrebné si vybrať distribúciu grafickej galérie, alebo definovať



distribúciu s využitím historických údajov pre daný vstup (obr.1). Dokonca sa dajú kombinovať distribúcie s @RISK zloženými funkciami. Stiahnuť špecifické distribučné funkcie s ostatnými užívateľmi pomocou @ RISK knižnice, alebo swap @ RISK funkcie, ktorí nemajú @ RISK [3].



Obr.1 @RISK distribučná paleta [2]

Ďalším je výber výstupu - "dolná hranica" bunky, ktorých hodnoty sa ziŕajú. To by mohli byť potenciálne zisky, návratnosť investícií, poistenie pohľadávok výplaty atď. [3].

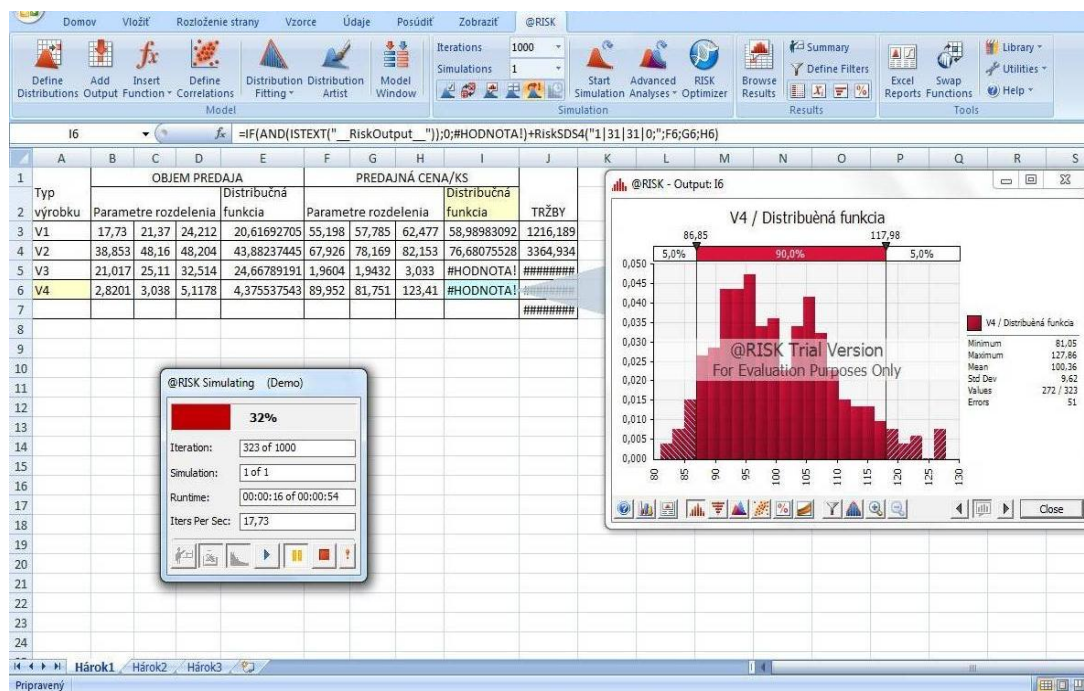
2. Beh simulácie

Kliknutím na tlačidlo „Simuluj a sleduj“ @RISK prepočítajú tabuľkové modely. Zakaždým, keď @RISK vzorkuje náhodné hodnoty z @RISK funkcie, ktorá sa zadala do buniek v modeli, vypočíta sa výsledná hodnota. Proces možno vysvetliť následným spustením simulácie v demo režime, s grafmi a aktualizovanými správami ako simulácia beží [3].

3. Pochopenie rizika

Výsledkom simulácie je pohľad na celý rad možných výsledkov, vrátane pravdepodobnosti, že k javu dôjde. Znázorní výsledky s histogramami, kumulatívnymi krivkami a ďalšími. Identifikovať je možné kritické faktory s grafmi Tornado a realizovať analýzu citlivosti. Je možné vložiť výsledky do programu Excel, Word alebo PowerPoint, alebo namiesto nich v @RISK knižnici pre ostatných užívateľov @RISK. Výsledky a grafy je možné ukladať priamo v zošite programu Excel [3].

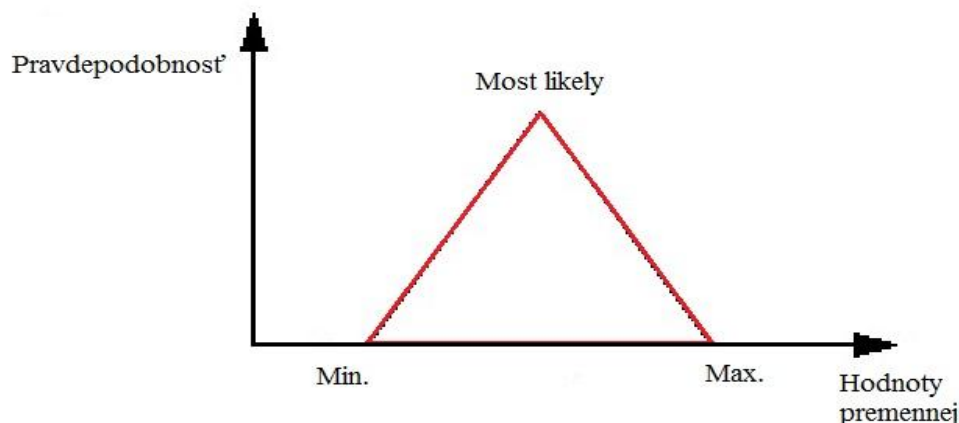
Na obr.2 je znázornený priebeh simulácie pre 1000 možných pravdepodobností z neistých vstupných hodnôt predajnej ceny k výstupu. Toto počítačové prostredie v MS Excel pozostáva z aplikácie, ktorá sa spustí hore v lište.



Obr.2 Názorná ukážka priebehu simulácie v @RISK

Na obr.2 je tabuľka so vstupnými hodnotami rozdelení trojuholníkového, ktorým je pridaný výstup a na základe distribučnej funkcie. Nastavený je počet vzoriek a z tejto hodnoty spustená simulácia trojuholníkového rozdelenia (RiskTriang), ktorá je na obrázku vpravo. Vľavo dole sa nachádza sprievodné okno, ktoré informuje o počte percent vykonaného vzorkovania ako aj počte chýb vzoriek.

Výsledný histogram, zo simulácie vygenerovanej hodnoty, sa hodnotí podľa obr., ktorý znázorňuje rozdelenie vstupných hodnôt v trojuholníku. Hodnotenie bude pozostávať s hodnoty premennej, ktorej je priradená prislúchajúca hodnota pravdepodobnosti, vyčítaná z histogramu.



Obr. 3 Trojuholníkové rozdelenie pravdepodobnosti

Na vyhodnotenie histogramu, pomocou simulácie v @RISK sú potrebné opisné charakteristiky na určenie druhu rozloženia vzorkovania.



Opisné charakteristiky

Opisná charakteristika predstavuje číslo vypočítané podľa príslušného vzorca zo štatistického súboru (hodnota, ktorú vygeneruje simulácia). Cieľom opisných charakteristík je charakterizovať súbor (hodnôt) [2]. Opisné charakteristiky sa delia na tri skupiny [2]:

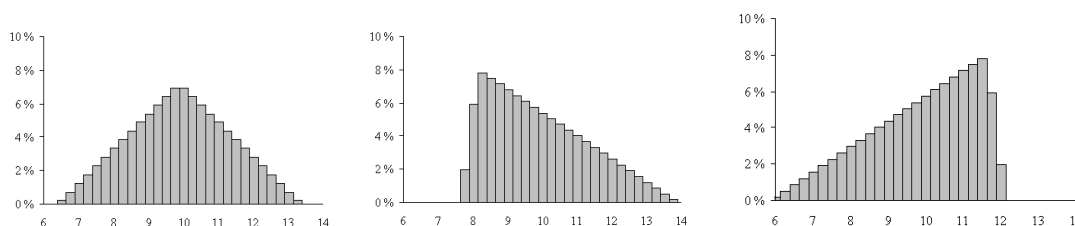
- a) miery polohy,
- b) miery variability,
- c) miery tvaru.

V analýze sa určuje pravdepodobnosť rizika na základe miery tvaru. Pozostáva z:

- I. **Šikmost'** (Skewness). Šikmost' meria smer a stupeň asymetrie rozdelenia premennej a vypočíta sa:

$$b_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3}$$

Kladná hodnota (pravostranná šikmost') znamená, že priemer je väčší ako medián, teda väčšina hodnôt je menšia ako priemer. Záporná hodnota (ľavostranná šikmost') znamená, že medián je väčší ako priemer a teda väčšina hodnôt je väčšia ako priemer. Šikmost' rovná 0 znamená symetrické rozdelenie, teda priemer a medián sa rovnajú. Na obr.4 sú znázornené trojuholníkové rozdelenia početností líšiace sa iba šikmost'ou. Na horizontálnej osi (x) histogramov sú hodnoty premennej a na vertikálnej osi (y) relatívne početnosti (percentá) hodnôt premennej v príslušných intervaloch na osi x.

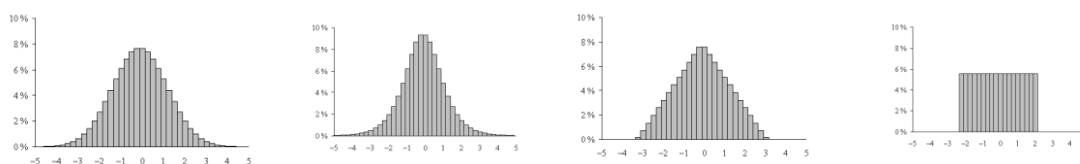


Obr. 4 Symetrické rozdelenie, rozdelenie s pozitívnou a rozdelenie s negatívnou šikmost'ou

- II. **Špicatosť** (Kurtosis). Špicatosť meria hustotu chvostov rozdelenia premennej, teda charakterizuje výskyt extrémne vysokých a extrémne nízkych hodnôt. Špicatosť sa vypočíta podľa vzťahu:

$$b_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{s^4}$$

Špicatosť rozdelenia sa porovnáva so špicatosťou normálneho rozdelenia, ktorého špicatosť sa rovná 3. Unidominálne rozdelenia, ktorých špicatosť je väčšia, majú hustejšie chvosty (výskyt extrémnych hodnôt je častejší) ako normálne rozdelenie. Takéto rozdelenia majú vyšší vrchol. Unimodálne rozdelenia, ktorých špicatosť je menšia ako 3, majú nižšie chvosty, teda výskyt extrémnych hodnôt je menej častý ako u normálneho rozdelenia. Takéto rozdelenia sú plochejšie. Na obr.5 sú uvedené štyri symetrické rozdelenia s rovnakým priemerom (0) a rovnakým rozptylom (5/3), ktoré sa líšia iba špicatosťou.



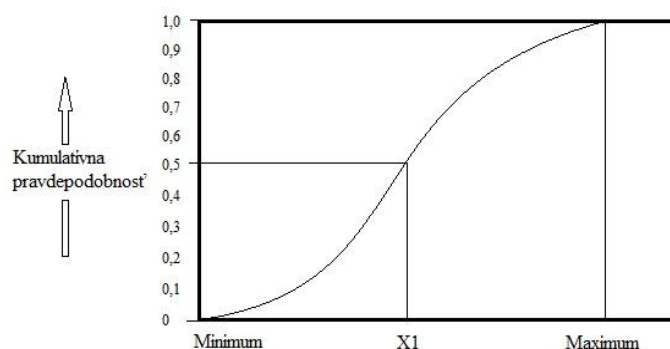
Obr. 5 Normálne Studentovo Trojuholníkové a Rovnomerné rozdelenie

Kumulatívne rozdelenie pravdepodobnosti

Každé rozdelenie pravdepodobnosti môže byť v kumulatívnej forme. Kumulatívna krivka má na osi y štandardné hodnoty od 0 do 1, pričom hodnoty na osi x reprezentujú kumulatívnu pravdepodobnosť zodpovedajúcu hodnote na osi x. na kumulatívnej krivke. Kumulatívna hodnota 0,5 je bod prislúchajúci 50% kumulatívnej pravdepodobnosti [2].

50% hodnôt v rozdelení patrí pod tento medián a 50% nad medián. Kumulatívna hodnota 0 je minimálna hodnota (0% hodnôt je pod týmto bodom) a kumulatívna hodnota 1 je maximálna hodnota (100% hodnôt je pod týmto bodom) [2].

Na pochopenie vzorkovania je veľmi dôležité zostrojiť kumulatívnu krivku, pretože škála od 0 do 1 na kumulatívnej krivke predstavuje rozsah možných náhodných čísel vygenerovaných počas vzorkovania. V typickej sekvencii Monte Carlo program vygeneruje náhodné číslo medzi 0 a 1. Toto náhodné číslo sa potom použije na výber hodnoty z kumulatívnej krivky. Napríklad v uvedenom prípade: ak náhodné číslo 0,5 bolo vygenerované počas vzorkovania, vzorka (hodnota) rozdelenia bude X_1 (obr.6)[2].



Obr. 6 Kumulatívne rozdelenie pravdepodobnosti [2]

Keďže kumulatívna krivka je založená na tvare vstupného rozdelenia pravdepodobnosti, pravdepodobnejšie výsledky budú vzorkované s vyššou pravdepodobnosťou. Pravdepodobnejšie výsledky sú v oblasti, kde je kumulatívna krivka najstrmšia [2].

Záver

Dôležitým analytickým pohľadom na úspešnosť podniku je vyhodnotiť jeho výsledky, ktoré predstavujú očakávané hodnoty premenných a rizika. Stratégiu manažmentu rizika nevolíme maximalizáciou jedného kritéria, ale dohodou medzi viacerými kritériami. Voľbu týchto kritérií ovplyvňujú informácie o riziku a subjekt (podnikateľ), ktorý sa rozhoduje medzi rôznymi variantmi riešiacimi rozhodovací problém a následne uvažuje nad prijatím riešenia.



Súhrn

Prvým krokom procesu znižovania rizík je prirodzene ich analýza. Analýza rizík je zväčša chápaná ako proces definovania hrozieb, pravdepodobnosti ich uskutočnenia a dopadu na aktíva, teda stanovenie rizík a ich závažnosti.

Príspevok bol pripravený v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0102/11 Metódy a techniky experimentálneho modelovania vnútropodnikových výrobných a nevýrobných procesov.

Kľúčové slová

Analýza rizika, metóda Monte Carlo, simulácia.

Použitá literatúra

- [1] Smejkal, V., Rais, K.: *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010, ISBN 978-80-247-3051-6,
- [2] Varcholová, T., Dubovická, L.: *Nový manažment rizika*. Bratislava: Iura Edition, spol. s.r.o., 2008, ISBN 978-80-8078-191-0,
- [3] *Model, Simulate, Understand*. Dostupné na internete: <http://www.palisade.com/risk/> [3.4.2011],
- [4] *Opisné charakteristiky*. Dostupné na internete: <http://rimarcik.com/navigator/och.html> [26.3.2011].

Kontaktná adresa

doc. Ing. Peter Trebuňa, PhD.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta
Katedra priemyselného inžinierstva a manažmentu
Němcovej 32, 040 01 Košice,
e-mail: peter.trebuna@tuke.sk,

Ing. Miriam Pekarčíková, PhD.
Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta
Katedra priemyselného inžinierstva a manažmentu,
Němcovej 32, 040 01 Košice,
e-mail: miriam.pekarcikova@tuke.sk.