

## 7. Metódy a modely merania rizika

- pravdepodobnostné a rozhodovacie stromy
- metódy počítačovej simulácie
- možnosti počítačovej podpory merania rizika

Pre každú podnikateľskú aktivitu alebo stratégiu existuje široká škála možných riešení (niektoré dobré, niektoré zlé). Meranie rizika je potom spojené s požiadavkou, aby táto škála možných riešení bola vyjadrená matematicky.

Východiskom pre kvantifikáciu rizika je vypracovanie alternatívnych scenárov ako možných variantov (priaznivých, resp. nepriaznivých) pre každý investičný projekt a určenie pravdepodobnosti, s akou by mohli nastať. Každý variant je možné ohodnotiť vo vzťahu ku zvoleným kritériám hodnotenia.

Ponímanie rizika v zmysle pravdepodobnosti výskytu možných variantov vývoja vo vzťahu ku hodnotám zvolených kritérií hodnotenia zahŕňa tak určité faktory, ktoré vystupujú ako príčiny rizika (kombinácie hodnôt týchto faktorov vytvárajú jednotlivé varianty), ako aj faktory, ktoré majú charakter dopadov rizika v podobe odhadov výsledkov rizikového variantu.

Samozrejme, že akceptovanie príčin rizika a jeho dopadov má nielen teoretický význam, ale je dôležité najmä z hľadiska praxe podnikateľského rozhodovania, napr. pri určovaní stratégie firmy.

### **PRAVDEPODOBNOSTNÉ STROMY (PS)**

PS predstavujú metódu grafického zobrazenia rizikových variantov a ich dôsledkov. Využívajú pojmový aparát teórie grafov sú realizované ako postupnosť uzlov a hrán orientovaného grafu.

*Uzly* sa označujú spravidla krúžkami a zobrazujú obyčajne faktory rizika ovplyvňujúce výsledky určitých aktivít. *Hrany* PS vychádzajúce z týchto uzlov potom zobrazujú možné výsledky rizikových aktivít.

*Vetvy* PS tvorené postupnosťou uzlov a hrán zobrazujú jednotlivé kombinácie rizikových aktivít, im zodpovedajúce pravdepodobnosti a hodnoty zvoleného kritéria hodnotenia.

*Výhodou* používania PS na stanovenie rozdelenia pravdepodobnosti dôsledkov rizikových variantov je jednoduchosť jeho konštrukcie, prehľadnosť a zrozumiteľnosť.

Tieto PS môžu súčasne slúžiť ako významný nástroj komunikácie, pretože každá vetva stromu zobrazuje možný budúci vývoj – určitý scenár.

Z povahy PS však vyplýva, že sa môžu použiť len na zobrazenie diskretných faktorov rizika, resp. diskretných dôsledkov variantov.

PS sú vhodné na zobrazenie takých faktorov rizika či rizikových aktivít, ktoré sa realizujú nadväzne v určitom časovom slede.

Uplatnenie PS vyžaduje v niektorých prípadoch určité zjednodušenie riešených problémov.

### **ROZHODOVACIE STROMY (RS)**

RS predstavujú jednu z najvýznamnejších metód rozhodovacej analýzy. Umožňujú nielen zobrazit' dôsledky rizikových variantov vzhľadom na zvolené kritérium hodnotenia, ale slúžia aj na stanovenie optimálnej rozhodovacej stratégie vo viacetapových rozhodovacích procesoch.

RS predstavujú určitý grafický nástroj zobrazenia rozhodovacích procesov využívajúci pojmový aparát teórie grafov. Možno ich realizovať ako postupnosť uzlov a hrán orientovaného grafu.

*Uzly* RS majú povahu buď uzlov rozhodovacích alebo situačných.

Situačné uzly majú rovnaký charakter ako uzly PS, pričom hrany vychádzajúce z týchto uzlov zobrazujú tzv. situačné varianty.

Rozhodovacie uzly (kosoštvorce) sú zobrazením tej fázy rozhodovacieho procesu, keď má rozhodovateľ možnosť voľby istého variantu zo súboru navrhnutých variantov. Tieto varianty sú zobrazené hranami, ktoré vychádzajú z rozhodovacích uzlov.

*Ohodnotený RS* môžeme využiť na stanovenie optimálneho variantu riešenia daného rozhodovacieho problému.

*Určenie optimálnej stratégie rozhodovania zahŕňa:*

- stanovenie očakávaných utilít (očakávaných hodnôt) kritéria hodnotenia pre situačné uzly
- výber variantov s najvyššou utilitou.

## METÓDY POČÍTAČOVEJ SIMULÁCIE

Vo všeobecnosti využitie simulačných metód je spojené s riešením zložitých problémov, kde komplexnosť súčasného pôsobenia množstva faktorov sťažuje použitie optimalizačných metód.

Hlavné fázy simulačných štúdií sú:

- definícia problému
- vytvorenie simulačného modelu
- špecifikácia hodnôt premenných a parametrov
- simulácia (výpočet výsledkov)
- návrh nových experimentov.

Jadrom modelu je simulácia.

**Simulácia** zabezpečuje kombináciu možných hodnôt vstupných premenných pre generovanie možných výsledkov. Ak hodnoty premenných pre výpočet výsledkov sú známe, potom aj výsledok je známa alebo determinovaná hodnota.

Hodnotenie podnikateľských projektov je spojené s posudzovaním budúcich situácií, pričom je dôležité stanoviť nebezpečenstvo, resp. nádej výskytu týchto situácií, ktoré sa môžu vyjadriť pomocou ich pravdepodobnostného ohodnotenia.

### Metóda Monte Carlo

**Simulácia** – možná kombinácia vstupov pre dosiahnutie možných výsledkov Monte Carlo.

Pre každý faktor  $R$  by sa mala zadať funkcia rozdelenia pravdepodobnosti – distribučná funkcia. Metóda Monte Carlo vychádza z predpokladu, že funkcie rozdelenia pravdepodobnosti sú spojité náhodné veličiny, resp. že majú diskretný charakter, avšak môžu nadobúdať veľký počet hodnôt. Na začiatok treba vychádzať z predpokladu, že špecifické faktory  $R$  majú tvar niektorého z teoretických rozdelení.

Pre označenie náhodných premenných sa používajú veľké písmená ( $X, Y, Z$ ). Príslušné malé písmená ( $x, y, z$ ) označujú možné hodnoty týchto náhodných premenných.

Označenie  $P(X < x)$  znamená pravdepodobnosť, že náhodná premenná  $X$  bude mať pri realizácii náhodného pokusu hodnotu menšiu ako reálne číslo  $x$ . Označenie  $P(x_1 < X \leq x_2)$  značí pravdepodobnosť, že náhodná premenná  $X$  má hodnotu z intervalu  $(x_1, x_2)$ .

Jednou z možností popisu rozdelenia pravdepodobnosti náhodnej premennej je distribučná funkcia  $F(x)$ . Je to reálna funkcia definovaná pre každé  $x$  z číselnej osi vzťahom:  $F(x) = P(X < x)$ .

Vyjadruje pravdepodobnosť, že náhodná premenná  $X$  bude mať hodnoty menšie ako reálne číslo  $x$ .

Distribučná funkcia rozdelenia pravdepodobnosti každého faktora  $R$  vychádza z analýzy dát.

Najčastejšie sa vychádza zo známeho teoretického rozdelenia. Pre ekonomické úlohy sa používa normálne rozdelenie, keďže na každý faktor pôsobí veľký počet rôznych faktorov.

Pri metóde Monte Carlo ide o to, že sa náhodne vyberajú hodnoty faktorov  $R$  zo vstupných hodnôt. Proces, pri ktorom sa náhodne vyberajú hodnoty faktorov rizika zo vstupných premenných sa nazýva „**vzorkovanie**“.

Dve najvýznamnejšie vzorkovacie metódy sú:

- Monte Carlo,
- Latin Hyper Cube.

### POČÍTAČOVEJ PODPORA

**Vzorkovanie** je proces, v ktorom sa náhodne vyberajú hodnoty zo vstupných rozdelení pravdepodobnosti. Vzorkovanie v simulácii sa vykonáva opakovane. Pri každom opakovaní (iterácii) sa zo všetkých distribučných funkcií vyberá 1 vzorka. Ak je počet opakovaní dostatočný, vzorkované hodnoty rozdelenia pravdepodobnosti sa približujú hodnotám zadaného rozdelenia pravdepodobnosti.

Moderné počítačové programy zahrňujú vlastnosť spojenú s tzv. monitoringom konvergencie, čo umožňuje sledovať stabilitu výstupných rozdelení v procese simulácie. Čím viac iterácií sa vykonáva počas simulácie, tým sa generované výstupné rozdelenia stávajú stabilnejšími.

Štatistickí a praktici vyvinuli niekoľko techník na výber náhodných vzoriek.

### **Vzorkovanie Monte Carlo**

Vzorkovanie Monte Carlo predstavuje tradičnú techniku na použitie náhodných alebo pseudo náhodných čísel na vzorkovanie z rozdelenia pravdepodobností.

Na generovanie náhodných vzoriek z rôznych rozdelení pravdepodobností je k dispozícii široký výber algoritmov.

Vzorkovacia technika Monte Carlo je úplne náhodná, to znamená, že hociktorá daná vzorka môže padnúť do rozsahu vstupnej distribučnej funkcie. V uvedenom kumulatívnom rozdelení každá vzorka Monte Carlo použije náhodné číslo medzi 0 a 1. Pri dostatočnom počte opakovaní vzorkovanie Monte Carlo pretvorí prostredníctvom vzorkovania vstupné rozdelenie. Pri vykonaní malého počtu opakovaní však vzniká problém zhlukovania.

### **Vzorkovanie Latin Hyper Cube**

Vzorkovanie Latin Hyper Cube je výsledkom vývoja vzorkovacích techník.

Je navrhnuté tak, aby presne odzrkadlilo vstupné rozdelenie pri menšom počte opakovaní v porovnaní s metódou Monte Carlo.

Kľúčom vzorkovania Latin Hyper Cube je rozvrstvenie vstupného rozdelenia pravdepodobnosti. Rozvrstvením sa rozdelí kumulatívna krivka pravdepodobnosti na rovnaké intervaly na škále kumulatívnej pravdepodobnosti /interval (0,1)/. Vzorka je náhodne vybraná z každého intervalu vstupného rozdelenia, a vzorkovanie nutne reprezentuje hodnoty v každom intervale. Počet intervalov, na ktorých sa kumulatívne rozdelenie delí, sa rovná počtu opakovaní.

- účinnejšia vzorkovacia metóda
- ponúka veľký úžitok v zmysle zvýšenej výkonnosti vzorkovania a vyššej rýchlosti výpočtu

## **PROGRAMOVÉ SYSTÉMY NA ANALÝZU RIZIKA**

V súčasnosti na trhu existuje niekoľko programových prostriedkov, ktoré ponúkajú modelovú spôsobilosť analýzy rizika.

### **1. DECISION TOOLS**

Integrovaný softvérový balík americkej firmy Palisade Corporation určený na modelovanie a analýzu rizika, ktorý v sebe zahŕňa 5 produktov:

- @ RISK – slúži na analýzu rizika, simulácie
- PrecisionTree – nadstavba pre Excel, na tvorbu rozhodovacích stromov
- TopRank – realizuje analýzu citlivosti
- BestFit
- RISKview

Tento balík pokrýva celý proces analýzy rizika

### **2. @ RISK FOR MICROSOFT PROJECT**

Umožňuje používateľom definovať všetky kľúčové parametre plánu, rozdelenia pravdepodobnosti premenných a potom vykonať simuláciu plánu, pracuje v prostredí MS –Excel

**3. CRYSTAL BALL** Alternatívny modelový prostriedok na analýzu rizika, tiež pracuje v prostredí MS Excel. Z funkčnej stránky má veľa spoločného so systémom @ RISK je však menej flexibilný, Rozdiely medzi Crystal Ball a @ RISK sú najmä v definovaní funkcií rozdelenia pravdepodobnosti.

### **4. DECISION PRO**

**5. MONTE CARLO** - považovaný za najschopnejší a najpodrobnejší prostriedok modelujúci riziko projektov

**6. PREDICT** - Samostatný prostriedok, ktorý ponúka typ rozhrania tabuľkových procesorov s podobnými možnosťami ako Monte Carlo.

**7. RISK FOLLIO** - Ide o IS pre riadenie rizika vo svete známy ako Risk Management Information System

**8. RISK SAFE** - Špecifický produkt pre analýzu rizika. Tento produkt je špeciálne určený pre oblasť zdravotníctva a poistenia, ale využitie a uplatnenie nájde aj v iných oblastiach podnikania.

**9. REVAL** - Systém REVAL bol vyvinutý na prácu v prostredí tabuľkového procesora Lotus 1-2-3

### **@ RISK**

Tento systém umožňuje analýzu rizika, výsledkom ktorej je stanovenie hraníc kritérií hodnotenia (napr. zisku, cash flow atď.), ktoré možno očakávať a ich relatívnu pravdepodobnosť výskytu.

Daným systémom je možné spracovať viac variantov podnikateľských projektov a posúdiť ich relatívnu rizikovosť na základe porovnávania rizikových kriviek, ako aj ďalších číselných charakteristík rozdelenia

pravdepodobnosti (napr. smerodajná odchýlka, najpravdepodobnejšia hodnota, stredná očakávaná hodnota, pravdepodobnosť straty, stredná hodnota straty).

Keď zvolíme napr. smerodajnú odchýlku rizikovej krivky ako mieru rizika podnikateľského projektu, potom riziko podnikateľského projektu je tým väčšie, čím väčšie je jeho smerodajná odchýlka. Uvedeným spôsobom možno pomerne exaktne dospieť k optimálnemu podnikateľskému rozhodnutiu. Tým sú potom dané aj možnosti predvídania a eliminácie, resp. minimalizácie jeho nežiadúcich účinkov, ale aj možnosti dosiahnutia zvlášť dobrých hospodárskych výsledkov.

### **Charakteristika systému @ RISK**

- @ RISK je nový moderný softwarový produkt americkej firmy Palisade Corporation určený pre analýzu a modelovanie rizika.
- používa viac ako 30 funkcií špecifikujúcich rôzne typy rozdelení pravdepodobností
- simuláciu možno uskutočniť použitím 1 z 2 metód
- výsledky simulácie sú vyjadrené rozdelením pravdepodobnosti definovaných výstupom vo forme tabuliek číselnými charakteristikami
- poskytuje grafické výstupy
- zahrňuje analýzu citlivosti
- umožňuje tvorbu a analýzu scénarov

@ RISK sa uskutočňuje v štyroch krokoch:

- 1) **Vývojový model** – definícia problému or situácie s využitím prac. hárku systému LOTUS 1–2–3 or EXCEL.
- 2) **Identifikácia neistoty** – špecifikácia možných hodnôt premenných s využitím funkcií rozdelenia P.
- 3) **Analýza modelu** – na základe využitia metódy počítačovej simulácie.
- 4) **Tvorba rozhodnutia** – podložená výsledkami analýzy pomocou @ RISK a osobnými preferenciami.

### **System @RISK určuje nasledovné štatistické charakteristiky rozdelenia:**

- *minimum* – hodnota udáva najmenšiu hodnotu veličiny vygenerovanej (vstupná) resp. vypočítanej (výstupná) počas simulácie
- *maximum* – hodnota udáva najväčšiu veličinu vygenerovanú resp. vypočítanú počas simulácie
- *mean* – stredná hodnota, vyjadruje hodnoty celého súboru jedným číslom
- *mode* – *modus* – udáva hodnotu náhodnej veličiny, ktorá má najväčšiu pravdepodobnosť, najčastejšie sa vyskytujúca hodnota, u spojitých rozdelení je to maximum hustoty rozdelenia najdôležitejšie, nepoužívame ich izolovane