

# Rizikový kapitál – a jak ho spočítat?

ROMAN KALOUS, PWC

**V předchozím článku (Rizikový kapitál, Bankovníctví č. 10/2007) jsme představili tematiku rizikového kapitálu (Risk Based Capital, RBC) bank a finančních institucí. Tentokrát se zaměříme na další přírozený krok, se kterým se při zavádění přístupu RBC nutně setkáme. Tímto krokem je přiřazení konkrétní numerické hodnoty pojmu RBC.**

**M**inule jsme uvedli, že se tento koncept věnuje vymezení celkového rizika společnosti, jeho měření a řízení. Mluvili jsme o motivu, proč RBC uvažovat při sledování *ekonomického profitu podniku*, o „časovosti“ RBC (vazba na historický a budoucí vývoj společnosti), o souvislosti mezi RBC a strategiemi a dlouhodobými cíli firmy a o jeho regulatorním přesahu.

V tomto článku se budeme věnovat nalezení způsobu, jak již tak komplikovanými technikami spravované ukazatele jednotlivých druhů rizik, případně jednotlivých oblastí a linií ve společnosti ještě dále sjednotit do ukazatele jednotného celkového rizika. Projdeme různé druhy agregací používané pro výpočty RBC a pro fiktivní společnost provedeme výpočet Monte Carlo simulace pro agregaci rozdělení tří základních druhů rizik – tržního, kreditního a operačního.

## DRUHY AGREGACÍ

Výpočet rizikového kapitálu představuje problém zhodnocení větší skupiny rizik. Problém nalezení sjednoceného pohledu na celou skupinu rizik. Technik, které banky zavedly a zavádějí, je mnoho – vždy podle požadavků, potřeb a možností každé společnosti. V zásadě můžeme tyto techniky rozdělit do tří skupin, které se odlišují svou složitostí, rozsahem informací a způsobem jejich využití.

**1. Agregace měř rizika:** První a nejjednodušší technika je *agregace měř rizika*. Tento způsob předpokládá, že každé individuální riziko je ohodnoceno jedinou hodnotou (například kapitálový požadavek A, nebo hodnocení operačního rizika pomocí BIA přístupu). Agregace měř rizi-

## Rizikový kapitál

Rizikový kapitál je konzistentní a přehledný souhrn všech rizik, jimž je společnost vystavena. Bere v úvahu nejen aktuální podmínky a rizikové faktory, ale i historické hodnoty a dynamiku jejich změn. Pomocí statistických metod a odhadů udává hodnotu míry rizika — míru podstupované ztráty v pevně stanoveném časovém horizontu s požadovanou mírou pravděpodobnosti.

ka pak spočívá ve více či méně modifikovaném sčítání ohodnocení jednotlivých rizik. Konzervativní přístup předpokládá plné korelace a jednoduše čísla sečte, realistický přístup sníží tento celkový součet o tzv. diverzifikační efekt (stanovený buď expertně, anebo na základě korelací).

**2. Agregace rozdělení rizika:** Druhý způsob je *agregace statistických rozdělení*. Tento přístup pracuje se statistickými rozděleními jednotlivých rizik, která nesou mnohem větší množství informace než jednotlivá čísla. Agregace rozdělení je přesnější v tom, že zohledňuje vlivy jednotlivých faktorů a jejich závislostí. Rozdělení se dají dále spojovat do tzv. sdružených rozdělení, jež nesou informaci o více druzích rizik najednou.

Přístup agregace rozdělení je velmi populární, protože poskytuje rozumnou kombinaci srozumitelnosti a přesnosti.

**3. Agregace rizikových faktorů:** Třetí, nejsložitější způsob, je *agregace faktorů*, u níž dochází k největšímu vyznění informace přímo z chování jednotlivých faktorů. Tento přístup pracuje s velkou množinou rozdělení všech podkladových faktorů, které ovlivňují rizika. Z této základní množiny faktorů jsou pak pro jednotlivé druhy rizik vybrány relevantní faktory a na jejich základě jsou odvozena rozdělení rizik. To umožní na základě jednotné informační platformy měřit individuální kreditní riziko jednotlivých produktů, stejně jako libovolné jiné riziko včetně celkového rizikového kapitálu banky.

Fakt, že se jedná o nejpřesnější a nejobtustnější přístup, je samozřejmě svázán s vysokými nároky na datovou podporu, správu a údržbu modelu.

## VÝPOČET RBC A VSTUPNÍ ÚDAJE

Podívejme se nyní, jak lze postupovat v případě agregace tří základních druhů rizik, s nimiž se běžně setkáváme – tj. tržního (v obchodním portfoliu), kreditního a operačního rizika. Budeme pracovat

s fiktivní bankou s retailovým portfoliem v hodnotě 30 mld. Kč a obchodním portfoliem 10 mld. Kč. Předpokládejme, že banka je ohodnocena ratingem A– (Standard & Poor's). Hodnota A– indikuje, že budeme pracovat s úrovní konfidence 99,9 %.

Pro agregaci zvolíme způsob agregace rozdělení jednotlivých rizik. Nyní se podívejme, jak jednotlivá rizika vypadají, jakými technikami byla odvozena, a jak jsou dána jejich rozdělení. Rovněž zavedeme korelační matici, která zachytí základní míru vzájemných závislostí rizik.

## Tržní riziko

Tržní riziko je ohodnoceno standardní technikou založenou na metodologii RiskMetrics. To znamená, že máme k dispozici tržní VaR zisků/ztrát v jednodenním horizontu a na úrovni konfidence 95 %. Označme tuto hodnotu  $Var^M$ . Protože je RiskMetrics postaven na předpokladu centrovánoho normálního rozdělení zisků/ztrát, odvodíme z hodnoty  $Var^M$  rozptyl rozdělení ( $Var^M$  je rovno 2,326 násobku rozptylu) a můžeme zapsat distribuční funkci rozdělení zisků/ztrát následovně

$$F^{MR} = N(0, Var^M/2,326).$$

V našem případě bude hodnota tržního rizika rovna  $Var^M = 22$  mil. Kč.

## Kreditní riziko

Kreditní riziko je získáno jako míra ztrát retailového portfolia v horizontu jednoho roku. Rozdělení ztrát je modelováno pomocí Vašíčkova rozdělení  $V(PD, \rho)$ , které je charakterizováno dvěma parametry: úrovní průměrné pravděpodobnosti selhání  $PD$  a vzájemné korelace úvěrů v celém portfoliu  $\rho$ . Vašíčkovo rozdělení udává hodnotu pravděpodobnosti defaultu, z něho pak odečítáme příslušné kvantily. Dále pracujeme s faktory průměrné expozice při defaultu (Exposure at Default, EAD) a průměrné ztrátě při defaultu (Loss Given Default, LGD). Distribuční funkce rozdělení ztráty je pak dána vztahem

$$F^{CR} = V(PD, \rho) \times EAD \times LGD.$$

Parametry PD,  $\rho$ , EAD a LGD mají postupně hodnoty PD = 10 %,  $\rho$  = 3 %, EAD = 24 mld. Kč, LGD = 65 %.

### Operační riziko

Operační riziko je modelováno pomocí AMA přístupu, tj. máme k dispozici výsledky Monte Carlo simulace ztrát v rámci ročního horizontu (výpočet zpracovává informace o frekvencích a závažnostech historických škodních událostí). Distribuční funkce rozdělení ztráty není známa analyticky, je dána jako empirická distribuční funkce  $F^{OR}$  vypočtená na základě pozorování z Monte Carlo simulace.

### Korelace

Dalším vstupem do agregace rizik je požadovaná struktura závislosti. Samotné modelování statistické závislosti je složitá disciplína a poskytuje velmi flexibilní techniky – samozřejmě pak i odpovídajícím způsobem komplikované. **Základní mírou závislosti dvou rizik je korelace.** Ta pro nás bude dostatečným přiblížením pro agregaci rozdělení rizik. Vzájemná korelace dvou rizik může nabývat hodnot z intervalu  $[-1; 1]$ , tedy škálu od zcela negativní korelace až po úplnou korelaci.

Korelace je zadána symetrickou maticí, většinou označovanou  $\Sigma$ , která má rozměr odpovídající počtu rizik. Korelační matice na své  $i, j$ -té pozici obsahuje hodnotu vzájemné korelace  $i$ -tého a  $j$ -tého rizika. Matice je zachycena v tabulce 1.

Každé riziko je samozřejmě 100 % korelováno samo se sebou. Kreditní a tržní riziko má vyšší míru korelace 30 %, kreditní a operační má 15 % a tržní a operační má nejnižší, 5%, úroveň korelace.

### VÝPOČET RBC A SIMULACE

Než přikročíme k samotnému výpočtu, nesmíme zapomenout na kontrolu vstupů a **kalibraci podkladových údajů na jednotnou bázi.** V našem případě budeme počítat rozdělení ztrát v horizontu jednoho roku s konfidencí 99,9 %.

Tržní riziko převedeme na roční horizont vynásobením  $\sqrt{250}$ , což je faktor potřebný pro rozšíření jednoho dne na rok (250 dnů), a získáme rozdělení  $N(0, \sqrt{250} \times \text{VaR}^M/2,326)$ . Kreditní riziko je již nastaveno na roční horizont, stejně jako operační riziko, takže není potřeba provádět žádné změny. Pro každý druh rizika máme tímto připravené rozdělení ztrát pro horizont jednoho roku, pro tržní a kreditní riziko jsou rozdělení dána analytickou podobou funkcí  $F^{MR}$  a  $F^{CR}$ , pro operační riziko v podobě empirické distribuční funkce  $F^{OR}$ .

Samotné nalezení sjednoceného rozdělení je možné vést analytickou cestou – nalézt vzorec pro celkové rozdělení. K tomu bychom potřebovali nejprve převést rozdělení operačního rizika  $F^{OR}$  z empirických dat na nějaké z parametrických rozdělení (nejpravděpodobněji log-normální) a posléze ještě hledat analytické vyjádření sdruženého rozdělení se třemi složkami – normálním (trž-

Tab. 1 Korelační matice rizik  $\Sigma$

Korelační matice rizik $\Sigma$	Tržní	Kreditní	Operační
Tržní	100 %	30 %	5 %
Kreditní	30 %	100 %	15 %
Operační	5 %	15 %	100 %

ZDROJ:

Tab. 2 Pozorování z kroků simulace (v mil. Kč)

Tržní riziko	Kreditní riziko	Operační riziko	Agregované riziko
-56,96	763,74	34,75	741,52
176,18	1166,58	11,80	1354,56
97,39	1704,17	49,66	1851,22
-111,54	2099,56	12,19	2000,20
-76,73	1501,55	11,42	1436,24
.	.	.	.
.	.	.	.

ZDROJ:

ní), Vašíčkovým (kreditní) a log-normálním (operační) rozdělením.

Výhodnější je však provést **Monte Carlo simulaci** – mnohokrát nasimulovat pozorování ze známých rozdělení rizik, provést součet a analyzovat vzniklé empirické rozdělení. V našem případě je použita technika tzv. Gaussovské (nebo též normální) copula funkce. Copula funkce jsou funkce, které umožňují zachytit závislosti rozdělení. Gaussovská copula funkce je plně definována právě korelační maticí  $\Sigma$ .

### Monte Carlo simulace

V Monte Carlo simulaci budeme pro uvažovaná tři rizika generovat tři proměnné podle rozdělení jednotlivých rizik tak, aby byly korelovány podle požadavků korelační matice  $\Sigma$ . K tomu nejprve připravíme tři proměnné z trojrozměrného normálního rozdělení korelovaného podle  $\Sigma$ . Tyto proměnné individuálně zobrazíme distribuční funkcí normálního rozdělení (tím získáme korelovaná uniformní rozdělení) a dále inverzí distribučních funkcí jednotlivých rizik. Takto se dostaneme k výsledku, který potřebujeme – totiž proměnné z rozdělení jednotlivých rizik, navíc s požadovanou korelací. Trojici si vygenerujeme velké množství (v praxi desítky i stovky tisíc) a získáme soubor pozorování třech složek rizik, které jsou vzájemně korelovány podle korelační matice  $\Sigma$ .

Výstupem simulace je **trojice pozorování hodnot ztrát** (první tři sloupce v tabulce 2), která pochází ze sdruženého rozdělení rizik. Součet ztrát vygenerovaných v každém kroku simulace pak reprezentuje společnou ztrátu za daných korelačních podmínek (poslední sloupec v tabulce 2). Tímto krokem završíme agregaci více pod-

kladových rozdělení do jediného rozdělení celku.

Výběrový průměr tohoto vzorku odpovídá očekávané úrovni ztráty EL (Expected Loss), 99,9% výběrový kvantil pak úrovni neočekávaného rizika UL (Unexpected Loss). Rozdíl UL – EL potom označuje VaR agregovaného rizika, nebo též rizikový kapitál. V našem případě vyšly hodnoty

EL = 1,592 mld. Kč,

UL = 3,746 mld. Kč a

RBC = UL – EL = 2,154 mld. Kč.

Monte Carlo simulace nám poskytuje další výhody. Můžeme například vyhodnotit i ukazatel Expected Shortfall (ES), nazývaný též TailVaR (TVaR) nebo Conditional VaR (CVaR), aniž bychom potřebovali spouštět další časově náročné výpočty. Spočteme výběrový průměr všech pozorování vyšších než 99,9% kvantil a získáme

ES = 4,023 mld. Kč.

RBC spočítaný na základě ES je roven  $RBC^{ES} = ES - EL = 2,431$  mld. Kč.

Tím jsme završili výpočet RBC. Přestože jsme prošli zjednodušený případ a v praxi se často setkáme s komplikacemi (přesnost jednotlivých rozdělení, rozsáhlejší nekompatibilita modelů než jen jiný časový horizont) a dalšími druhy rizik, měl by být tento přístup rozšiřitelný i na takové situace.

Platí samozřejmě, tak jako v ostatních oblastech, že volba konkrétní metody a způsob její implementace budou vždy závislé na konkrétních potřebách, podmínkách a možnostech příslušné společnosti. ■

**Roman Kalous** působí jako senior konzultant ve společnosti PricewaterhouseCoopers, divize Zvyšování výkonnosti podniku.