

MĚŘENÍ RIZIKA VE FINANCÍCH

Luděk Ambrož



Vydání knihy schválila vědecká rada nakladatelství.

Měření rizika ve financích

Luděk Ambrož

I. vydání – 2011

Vydalo nakladatelství Ekopress, s. r. o.

K Mostu 124, Praha 4

Odpovědná redaktorka Iva Kapcová

Sazba Ekopress, s. r. o.

Obálka Karel Novák

Tisk Art D – Grafický ateliér Černý, s. r. o.



www.ekopress.cz

© RNDr. Luděk Ambrož, CSc., 2011

© Ekopress, s. r. o., 2011

ISBN 978-80-86929-76-7

Olze

Dík patří i Davidovi a Martině

Obsah

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | Úvod | 9 |
| 2 | Axiomatický přístup | 23 |
| 2.1 | Ekonomický smysl axiomů | 24 |
| 2.2 | Koherentní rizikové míry | 27 |
| 2.3 | Konvexní riziková míra | 29 |
| 2.4 | Rozptylové rizikové míry | 30 |
| 2.5 | Strictly expectation bounded (SEBRM rizikové míry) | 31 |
| 3 | Dominance rizik | 34 |
| 3.1 | První stochastická dominance | 37 |
| 3.2 | Druhá stochastická dominance | 39 |
| 3.3 | Stochastická dominance n -tého řádu | 41 |
| 4 | Durace | 44 |
| 4.1 | Dluhopis | 45 |
| 4.2 | Durace (<i>Macaulay duration</i>) | 47 |
| 4.3 | Durace a kuponová sazba | 52 |
| 4.4 | Durace – zjednodušené vyjádření | 53 |
| 4.5 | Durace – grafické vyjádření | 54 |
| 4.6 | Modifikovaná durace | 56 |
| 4.7 | Durace portfolia | 56 |
| 4.8 | Durace vyšších řádů | 57 |
| 4.9 | Durace – míra úrokového rizika | 58 |
| 4.10 | Durace a imunizace portfolia | 59 |
| 4.11 | M^2 – míra imunizačního rizika | 62 |
| 4.12 | M^2 – zjednodušené vyjádření | 66 |
| 4.13 | $M^A - M$ Absolut | 68 |
| 4.14 | Konvexita | 69 |
| 4.15 | Konvexita – zjednodušené vyjádření | 71 |
| 5 | Greeks | 72 |
| 5.1 | Co je opce | 72 |
| 5.2 | Základní pojmy | 74 |
| 5.3 | Black-Scholes model | 76 |
| 5.4 | Greeks – opční charakteristiky | 78 |
| 6 | Zátěžové testování – scénáře (<i>stress testing</i>) | 85 |
| 6.1 | Stress testy a metody <i>VaR</i> | 85 |
| 6.2 | Scénáře | 86 |
| 6.3 | Reverzní zátěžové testy | 88 |
| 6.4 | Back testing | 88 |
| 6.5 | Scénáře – umění nebo věda | 89 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6.6 | Zátěžové testy po krizi 2007–2009 | 91 |
| 6.7 | Solvency II | 92 |
| 7 | Hodnota v riziku (<i>Value at Risk</i>) | 95 |
| 7.1 | <i>VaR</i> – hodnota v riziku | 96 |
| 7.2 | <i>VaR</i> a finanční krize | 102 |
| 7.3 | Přednosti <i>VaR</i> | 104 |
| 7.4 | Nedostatky <i>VaR</i> | 107 |
| 7.5 | Výpočet <i>VaR</i> | 127 |
| 7.5 | <i>VaR</i> – změny a nové využití | 144 |
| 8 | Rizikové míry odvozené od <i>VaR</i> | 150 |
| 8.1 | Krajní podmíněné očekávání (<i>Tail conditional expectation</i>) | 152 |
| 8.2 | <i>ES</i> – očekávaná ztráta/deficit/manko (<i>ES – expected shortfall</i>) | 156 |
| 8.3 | Další rizikové míry založené na kvantilech | 166 |
| 9 | Pokřivené rizikové míry | 173 |
| 9.1 | Pokřivující funkce | 175 |
| 9.2 | Pokřivená riziková míra | 176 |
| 9.3 | Duální pokřivující funkce | 177 |
| 9.4 | Základní vlastnosti pokřivených měř | 178 |
| 9.5 | <i>VaR</i> je pokřivená riziková míra | 178 |
| 9.6 | <i>ES</i> je pokřivená riziková míra | 180 |
| 9.7 | Wangova pokřivující funkce | 182 |
| 9.8 | Asymetrické pokřivené rizikové míry | 186 |
| 9.9 | <i>TCE</i> není pokřivená riziková míra | 187 |
| 9.10 | Vlastnosti pokřivených rizikových měř | 189 |
| 9.11 | Pokřivené rizikové míry a stochastická dominance | 191 |
| 10 | Spektrální rizikové míry | 192 |
| 10.1 | Koherentní spektrální rizikové míry | 194 |
| 10.2 | Pokřivené (<i>distorted</i>) a spektrální rizikové míry | 195 |
| 10.3 | Příklady spektrálních rizikových měř | 196 |
| 11 | Kreditní modely | 200 |
| 11.1 | CreditMetrics | 201 |
| 11.2 | <i>KMV</i> (Mertonův) model | 209 |
| 12 | Další rizikové míry | 216 |
| 12.1 | Sharpův poměr (<i>Sharp ratio</i>) | 216 |
| 12.2 | Maximum drawdown | 218 |
| 12.3 | Ekonomický kapitál (<i>Economic capital</i>) | 220 |
| | Literatura | 222 |

1 ÚVOD

Co je to riziko?

Rizikem se obecně označuje eventualita, že se něco nepříznivého může přihodit. Pokud si vsadíme ve sportce, tak možnost výhry 100 mil. Kč bychom určitě nenazvali rizikem. Ale to, že za tiket zaplatíme 100 Kč a nevyhrajeme ani korunu, to již riziko je. Pro lidskou bytost je rizikem nejčastěji nemoc, zranění a obecně ztráta něčeho důležitého. Nejčastěji peněz, majetku, jistoty, partnera atd. Pro ekonomický subjekt je nejčastějším rizikem možnost ekonomické ztráty, eventuálně kolapsu celé instituce. Musí to být opravdu jen možnost, tedy něco, co je více či méně pravděpodobné, ale nikoliv jisté. A tuto nepříznivou možnost musíme umět identifikovat. Pokud bychom měli jistotu, že se něco nepříznivého stane, tak už to není riziko, byl by to pouhý fakt.

Riziko a nejistota si jsou pojmově velmi blízké. Existuje ale mezi nimi podstatný rozdíl. Riziko je něco nepříznivého, něco co může nastat, ale nemusí. Podstatné je to, že o hrozící nepříznivé události již něco víme předem, známe v nějaké formě její pravděpodobnost, a tudíž jsme schopni toto riziko měřit, nebo si o něm udělat nějakou představu. Riziko je proto vždy nějakým způsobem svázáno s pravděpodobností. Nejistota je, pokud nic nevíme. V riziku jsme, když házíme standardní kostkou a potřebujeme, aby nám padla šestka. V nejistotě jsme, pokud házíme kostkou, potřebujeme aby nám padla šestka, ale vůbec netušíme, jaká čísla vlastně na kostce jsou.

Barings Bank, Sociétés Générale, Orange County, Procter & Gamble, Daiwa Bank, Orange County, Leaman Brothers, Metallgesellschaft, Nomura Corp., LTCM, Amaranth Advisors, Bernard L. Madoff Investment Securities, Fannie Mae, Freddie Mac, AIG. To je jen namátkově vybraný seznam význačných finančních společností, které utrpěly obrovské ztráty v řádu miliard nebo výjimečně stovek milionů dolarů. Většinou v důsledku obchodů s deriváty za vydatné pomoci selhání kontrolního systému finanční instituce. Již nyní žijeme v období, kdy ztráta musí přesáhnout jednu miliardu dolarů, aby se instituce do tohoto úctyhodného seznamu dostala, ztráty na úrovni několika málo stovek milionů dolarů již nebudou pro tento účel dostatečné a pravděpodobně by ani nikoho moc nezajímaly. Literatura popisující krach význačných finančních institucí je již nyní rozsáhlá.

V posledních dvaceti letech jsme se ale dostali již o kategorii výše. Nová kategorie se nazývá *systémové bankovní krize*, eventuálně *systémové finanční krize*. Krize celých systémů či regionů samozřejmě existovaly již před rokem 1970, ale až po r. 1990 se z tohoto problému stal v podstatě samostatný vědní obor. Na oficiálních webových stránkách Světové banky (www.worldbank.org) a mnoha dalších mezinárodních finančních institucí

(www.ecb.int, www.gloriamundi.org atd.) můžeme nalézt nepřehledné množství materiálů zabývajících se tímto fenoménem.

Například v práci *C. Caprio, D. Klingebiel: Episodes of Systemic and Borderline Financial Crises* z roku 2003 (na stránkách Světové banky) najdeme informaci, že od roku 1970 do roku 1999 bylo 117 systémových bankovních krizí v 93 zemích. Systémová bankovní krize je v této práci definována jako krize, při níž byl kapitál všech nebo většiny bank vyčerpán (*exhausted*). Argentina v rozmezí let 1980–1982 zaznamenala ztráty ve výši 55 % GDP. Indonésie v rozmezí 1997–2003 z celkového počtu 237 bank jich 70 uzavřela a 13 znárodnila. Záchrana japonského bankovního systému v r. 1991 a letech následujících stála téměř 1000 miliard USD. Na konci r. 1990 čtyři velké státem vlastněné čínské banky zaznamenaly ztrátu 428 miliard USD, což činilo 47 % GDP v r. 1999. V období 1984 až 1991 zkrachovalo po celém světě 1300 bank. V tomto dvacetistránkovém přehledu je i Česká republika. Od r. 1991 do r. 1993 bylo dle údajů v tomto přehledu vynaloženo 12 % GDP na sanaci bank.

Na počátku roku 2007 se dostaly některé finanční instituce ve Spojených státech amerických do značných problémů. Počet finančních institucí v problémech se rychle zvětšoval, nákaza se začala nekontrolovatelně šířit mimo USA a hrozilo riziko, že přeroste v krizi globální. A nemusela by to být již jen krize ekonomická, mohla by přerůst v něco ještě horšího. Kolaps ekonomické struktury by mohl vyústit v kolaps politický, kdy by krachovali nejen jednotlivé finanční instituce, ale i celé ekonomické oblasti, státy, různá politická uskupení a ideové svazky (Evropská unie, muslimský svět, nejchudší regiony atd.).

Cílem této publikace je popis některých základních metod pro měření rizika ve financích. V úvodu si ve stručnosti připomeneme významné milníky moderních financí svázaných s konceptem rizika a některé další ideje a přístupy, s rizikem úzce či vzdáleněji související.

Optimalizační metody

Mnohé technické, fyzikální a ekonomické problémy vedou k řešení extrémálních úloh. Jedná se o problémy, kdy je třeba z nějaké množiny přípustných řešení vybrat řešení v nějakém smyslu nejlepší. Na počátku druhé poloviny dvacátého století, spolu s prudkým rozvojem počítačů, došlo k mohutnému využití optimalizačních metod v ekonomii. Optimalizace výrobních programů (tak zvané *strukturní modely*) byly jedny z prvních praktických aplikací optimalizačních metod v ekonomii.

Předpokládejme, že podnik je schopen (je na to technicky uzpůsoben) vyrábět n různých výrobků a označme x_1, x_2, \dots, x_n počty těchto výrobků. Například x_1, x_2, x_3 označují tři různé typy horských kol, x_4, x_5, \dots, x_{10} sedm různých modelů trekingových kol, $x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}$ jsou čtyři různé typy malých motocyklů, $x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}$ je pět různých typů dětských kočárků atd. Každý z těchto výrobků spotřebovává různé množství surovin: železa, hliníku, mědi atd. Je třeba vzít do úvahy i všechny ostatní náklady, jako mzdy, elektrickou energii, čas potřebný k výrobě atd. Suroviny a ostatní náklady jsou limitované.