

Význam stress testingu v oblasti risk managementu

Daniel Heinrich¹

Abstrakt

V příspěvku je popsána podstata a význam stressového testování v oblasti risk managementu finančních institucí, postup a techniky stressového testování a zejména popis jednotlivých metod zabývajících se generováním stressových scénářů. Pozornost je také věnována metodě Extreme Value Theory jako specifické formy stressového testování.

Klíčová slova

Stress testing, stressové scénáře, metoda historických simulací, předběžné scénáře, metoda Monte-Carlo simulací, Extreme Value Theory.

1 Úvod

Stress testing je definován jako proces identifikace a řízení situací, které mohou vyvolat nadměrně vysokou ztrátu. Stress testing je vhodným a také v mnoha případech ze strany regulačních orgánů povinným doplněním modelů kvantifikující tržní rizika. A to především u modelů předpokládající normální rozdělení finančních výnosů. Z historických analýz vývoje finančních výnosů vyplývá, že jejich pravděpodobnostní rozdělení je oproti normálnímu rozdělení charakteristické těžkými konci. To znamená, že v reálném ekonomickém prostředí existuje mnohem větší pravděpodobnost výskytu nadměrných ztrát, než je předpokládáno normálním pravděpodobnostním rozdělením. Stress testing v kombinaci s těmito modely tedy dává mnohem komplexnější a přesnější obrázek a vývoji tržního rizika, kdy modely založené na normálním pravděpodobnostním rozdělení finančních výnosů měří každodenní tržní pohyby a Stress testing abnormální tržní pohyby.

2 Postup Stress testingu

Základní klíčovou otázkou je jak vytvořit stress testy a jak využít jejich výsledky při řízení tržních rizik. Podmínkou k dosažení co nejvyšší věrohodnosti výsledků stress testů je, aby techniky stress testingu:

- byly vztaženy k současným rizikovým pozicím analyzovaného portfolia,
- zvažovaly případné změny všech tržních veličin (úrokové sazby, měnové kurzy, ceny)
- přezkoumávaly potenciální změny ostatních veličin (např.: korelace),
- zvažovaly změnu likvidity trhu,
- zvažovaly vztah mezi tržním a kreditním rizikem.

Další otázkou je časové vymezení horizontů aplikované na stressové scénáře. Jejich délka je závislá především na typu instituce provádějící stress testing, respektive charakteru

¹ Ing. Daniel Heinrich, VŠB-Technická univerzita v Ostravě, Ekonomická fakulta, katedra Financí, Sokolská třída 33, 701 21 Ostrava, email: daniel.heinrich@csa.cz

drženého portfolia finančních nástrojů dané instituce. Banky a pojišťovny používají především jednodenní až týdenní horizont stressových scénářů. Penzijní fondy a ostatní investoři investující do dlouhodobých fin. instrumentů volí pro stress testing převážně jeden až tříměsíční horizont. Korporace mohou volit až roční horizont pro strategické analýzy scénářů.

S otázkou časového vymezení horizontů souvisí frekvence provádění stress testů. Finanční instituce většinou provádějí stress testing s jednodenní nebo týdenní frekvencí. Jednodenní provádění stress testů je např. vyžadováno bankovními regulačními orgány v návaznosti na výpočet kapitálových požadavků k tržnímu riziku. Obecně platí, že frekvence provádění stress testů roste s výši a koncentrací rizikových pozic, či rostoucí nestabilitou tržního prostředí. Na druhé straně by však stress testing neměl být prováděn příliš často a extenzívně, aby nepozbyl svého významu.

Aplikace stress testingu lze rozdělit do základních tří kroků popsaných níže.

2.1 Generování scénářů

Nejvíce významnou částí celého stress testingu je generování dostatečně věrohodných stressových scénářů, odpovídající skladbě daného portfolia finančních instrumentů. Scénáře by měly brát ohled jak na významnost změny klíčových rizikových proměnných, tak i na vztah mezi těmito proměnnými.

2.2 Přecenění portfolia

Přecenění portfolia spočívá v přecenění všech finančních instrumentů nově vygenerovanými rizikovými proměnnými ze stressových scénářů. Jinak řečeno, je získána celá řada nových hodnot portfolia finančních instrumentů, které by mohly vzniknout v případě realizace některého z vygenerovaných scénářů.

2.3 Shrnutí výsledků

Posledním krokem je sumarizace výsledků jejichž výsledkem je určení nové úrovně tržního rizika daného portfolia, např. vypočtení nové úrovně VaR atd. Z těchto výsledků by měla být přijatá nová rozhodnutí týkající se skladby portfolia tak, aby úroveň rizika realizace výrazných ztrát byla minimalizována.

3 Stressové scénáře

Nejdůležitější a nejnáročnější částí celého stress testingu je vytvoření stressových scénářů. Existuje mnoho různých teoretických přístupů vysvětlující generování stressových scénářů, založených na nejrůznějších předpokladech a omezeních. Mezi základní techniky tvorby stressových scénářů, z nichž je odvozena celá řada dalších patří:

- metoda historických simulací,
- aplikace šoků na rizikové faktory,
- tvorba předběžných scénářů,
- metoda Monte–Carlo simulací,
- Extreme Value Theory atd.

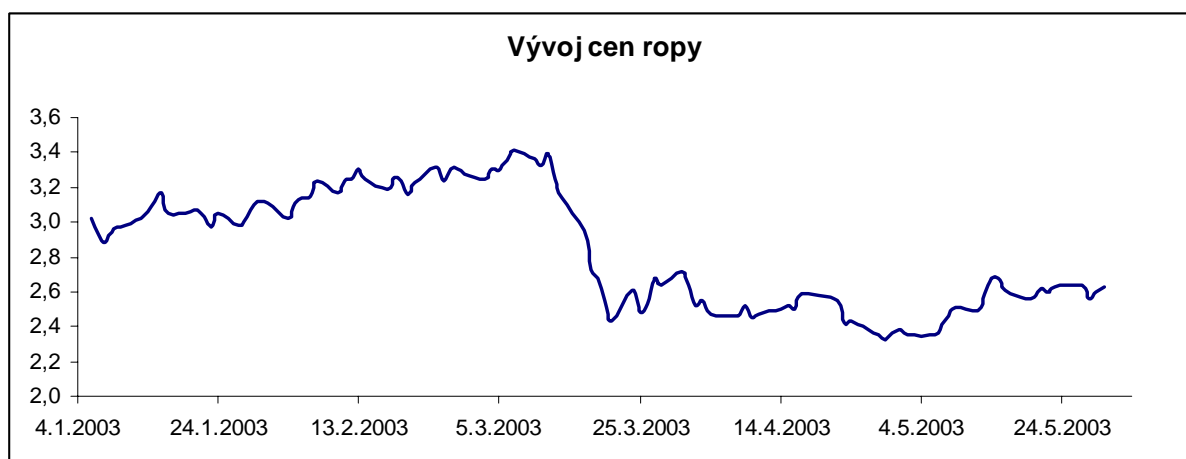
3.1 Metoda historických simulací

Tento přístup vytvoření stressových scénářů je založen na základě skutečných pohybů rizikových proměnných v minulosti. Hodnoty stressových scénářů, kterými je následně přeceněno dané portfolio finančních nástrojů, jsou získány z historických dat, kdy na trzích vznikaly extrémní pohyby rizikových proměnných. Zdrojem těchto pohybů mohou být období

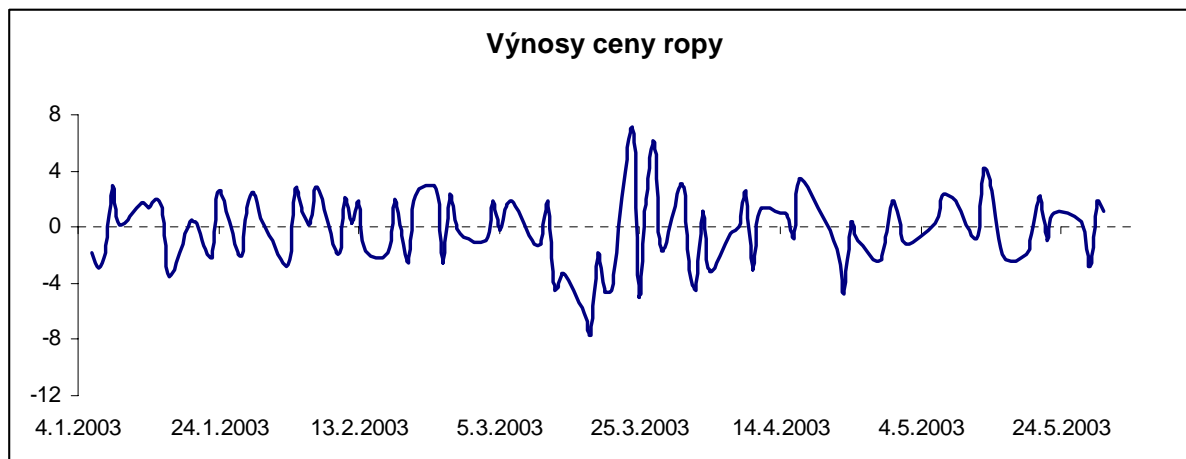
např.: hospodářské krize v 30. letech, ropné krize v sedmdesátých letech, asijské krize v devadesátých letech a jiné.

Na obrázku č. 1 je zobrazena časová řada cen ropy v období od 6.1.2003 do 30.5.2003., kde v období 12.3.2003 do 21.3.2003 došlo k prudkému poklesu cen ropy. Extrémní pohyby dokazuje i vývoj výnosu cen ropy v uvedeném období znázorněné na obrázku č.2. Hodnoty z tohoto období mohou být základem případného stressového scénáře založeného na historické události, kterými bude následně přeceněno portfolio držených finančních nástrojů.

Obrázek č. 1 Vývoj cen ropy



Obrázek č. 2 Výnosy ceny ropy



V případě aplikace stressového scénáře na portfolio obsahující větší počet finančních instrumentů různého charakteru (měny, úrokové kontrakty, akcie, atd.) se přehodnotí všechny ostatní finanční instrumenty shodně na základě získaného stressové scénáře, nevýhodou tohoto přístupu je však nerespektování případné změny korelace mezi ostatní finanční instrumenty. Tento problém však může být technika předběžných scénářů viz kap. 3.3. Krom zanedbávání změny korelací mezi rizikovými faktory je další nevýhodou poměrně malý výskyt historických šoků, z jejichž základě jsou stressové scénáře získávány.

3.2 Aplikace šoků na rizikové faktory

Tento přístup tvorby stressových scénářů je založena na aplikaci šoků na tržní faktory nebo volatility a korelace. Její výhodou je možnost poskytování dobré míry citlivosti rizikových faktorů, které je užitečné při identifikaci současných hrozeb daného portfolia.

Celý postup je založena na přímé změně jednoho nebo několika tržních faktorů (např.: pokles cen akcií, změna úrokových sazeb, atd.). Důležité je však stanovit, které tržní faktory se budou měnit a jak veliké změny na tyto faktory budou aplikovány. Tyto rozhodnutí jsou obecně odvozeny z historických pohybů daných tržních faktorů či jsou stanoveny intuitivně kvalifikovaných odhadem risk manažerů.

Další možností je aplikovat šoky na volatility nebo korelace jednotlivých finančních instrumentů. Zatímco volatility mohou být přizpůsobeny podobným způsobem jako tržní faktory (zvýšeny nebo sníženy o určitou změnu) v případě korelací se této změně musí věnovat větší pozornost.

3.3 Předběžné (předpokládající) scénáře

V tomto přístupu vytváření stressových scénářů musí být určena:

- případná událost,
- závažnost (velikost) této události,
- následky této události na ostatní tržní faktory.

Tento přístup vytváření stressových scénářů je částečně založen na historickém přístupu generování scénářů. Jakmile je stanovena případná stressová událost, její velikost a následky, využije se k zjištění vlivu na ostatní rizikové proměnné historická korelace mezi těmito proměnnými pocházející z období nějaké finanční krize.

3.4 Metoda Monte-Carlo simulací

Mezi další techniky vytváření stressových scénářů analyzující zranitelnost či slabost portfolia způsobených nejrůznějšími náhlými pohyby tržních veličin patří simulační techniky především metoda Monte-Carlo simulací. Tato metoda je velice účinná a flexibilní jak pro lineární tak pro nelineární finanční nástroje. Obecně tato metoda probíhá ve dvou základních krocích:

1. specifikování stochastického procesu a jeho parametrů,
2. vygenerování budoucích možných scénářů všech finančních proměnných,

Její nevýhodou je však větší časová náročnost, při její aplikaci na rozsáhlejší portfolia finančních nástrojů.

3.5 Extreme value theory

Mezi techniky stress testingu je někdy také uváděna metoda znaná jako Extreme Value Theory (EVT). Tato metoda se zásadně liší od výše pospaných metod. Podstatou této metody není nalezení stressových scénářů a následně přecenění portfolia, ale nalezení např. hodnoty VaR, respektující existenci těžkých konců, které v případě např. normálního rozdělení nejsou zohledněny.

Základem EVT je specifikování tvaru distribuční funkce pravděpodobnostního rozdělení (cumulative distribution function-cdf). Obecný tvar distribuční funkce pro hodnoty x nacházející se za zvoleným percentilem rozdělení u , může mít tvar všeobecného Paretova rozdělení:

$$F(y) = 1 - \left(1 + \frac{\hat{\xi}y}{\xi}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \quad (1)$$

kde $y = (x - u)/\beta$. β je parametrem míry a musí být vždy větší než 0. Velmi důležitým parametrem určující výsledný tvar cdf a zejména rychlost se kterou se cdf blíží 0 a tedy určuje

sílu těžkých konců, je parametr šikmosti ξ . Jestliže se parametr šikmosti je roven hodnotě 0 pak rovnice (1) lze přepsat do tvaru rovnice (2).

$$F(y) = 1 - \exp(-y) \quad (2)$$

V případě normální rozdělení je koeficient šikmosti roven nule, což má za následek, že funkce distribučního rozdělení se blíží 0 exponenciální rychlostí. Finanční data jsou však charakteristické koeficientem šikmosti větším než nula, což implikuje těžké konce. Velikost koeficientu šikmosti je pro akciové nástroje odhadována ve výši od 0,2 do 0,6. Nebo může být odvozena ze stupňů volnosti Studentova rozdělení, $n = 1/\xi$, kde počet stupňů volnosti n nabývá hodnot od 3 do 6.

Praktický postup určení stressového hodnoty pomocí EVT je následující.

- 1) Musí být určen percentil pravděpodobnostního rozdělení u (např. 95tý percentil). EVT se poté zabývá pouze částí parametrického rozdělení nacházející se nad touto zvolenou úrovní, která charakterizuje konec rozdělení finančních výnosů.
- 2) Je stanovena míra počtu pozorování nacházející se za zvoleným percentilem u , jako N_u/N .
- 3) Je nutné odhadnout parametry β a ξ .
- 4) Hodnota distribuční funkce těžkého konce je poté vypočtena jako:

$$F(y) = 1 - \left(\frac{N_u}{N} \right) \cdot \left[1 + \xi \frac{(x-u)}{\beta} \right]^{-\frac{1}{\xi}} \quad (3)$$

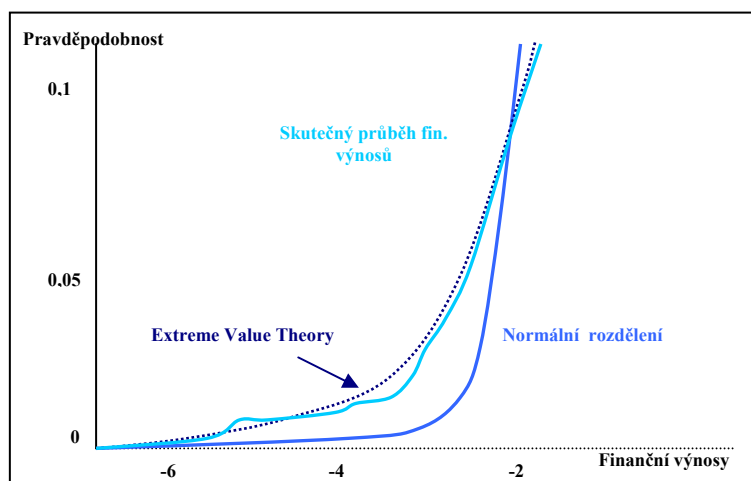
- 5) Hodnota VaR pro c -tý stupeň spolehlivosti je poté získána dosazením $F(y) = c$

$$VaR = u + \frac{\hat{\beta}}{\hat{\xi}} \left\{ \left[\left(\frac{N}{N_u} \right) \cdot (1-c) \right]^{-\hat{\xi}} - 1 \right\} \quad (4)$$

Rovnice(4) poskytuje odhad hodnoty VaR založený nejen na historických datech, ale také na znalosti těžkých konců parametrického rozdělení.

Na obrázku č. 3 je zobrazeno srovnání průběhu cdf normálního rozdělení, rozdělení podle EVT a skutečný průběh rozdělení finančních výnosů. Je na něm vidět, že cdf normálního rozdělení padá mnohem rychleji než cdf skutečných finančních výnosů a přiděluje nízkou pravděpodobnost extrémním hodnotám. Nevýhodou cdf skutečných finančních výnosů je však velice nepřesné odhadnutí jednotlivých kvantilů. Výsledky EVT naopak poskytují hladký průběh cdf s poměrně jednoduchým odhadem kvantilů, kde průběh cdf EVT je mnohem věrohodnější než a odpovídá mnohem více realitě než průběh cdf normálního rozdělení.

Obrázek č. 3 Průběh distribučních funkcí rozdělení finančních výnosů



EVT může být dále rozšiřována o další zpřesňující úpravy jako například zahrnutí efektů časové agregace či použití GARCH modelů, zpřesňující výsledky výše popsané statické metody EVT.

4 Závěr

Mnoho modelů určených ke kvantifikaci finančních rizik, zejména tržních, je založeno na předpokladech nerespektující existenci abnormálních situací, jako jsou např. finanční, politické a hospodářské krize, extrémní pohyby finančních veličin na peněžních a kapitálových trzích atd. Tyto modely tedy neposkytují komplexní obraz o podstupovaných rizicích, které daným finančním institucím mohou vzniknout v důsledku držení finančních aktiv. Stress testing se zabývá právě těmito situacemi a doplňuje ostatní modely o výši rizika, či případných ztrát, které mohou těmito institucím vzniknout v případě, nepředpokládané extrémní situace. V příspěvku byl popsán základní postup při aplikaci stress testingu a popis základních metod, pomocí nichž jsou vytvářeny případné stressové scénáře s uvedením případných výhod či nevýhod jednotlivých metod.

Literatura

- [1] HULL, J.C.: *Options, Futures and other Derivates*, Prentice Hall, 2000, ISBN 0-13-15822-4.
- [2] JORION, P.: *Value at Risk*. McGraw-Hill, 2001, ISBN 0-07-135502-2.
- [3] LONGERSTAEY, J., SPENCER, M., *Risk-Metrics – Technical Document*, RiskMetrics Group J.P. Morgan, 1996.
- [4] ZMEŠKAL, Z. a kol. *Finanční modely*. VŠB-TU Ostrava, 2002, ISBN 80-248-0182-5.
- [5] DOWN, K.: *Beyond Value at Risk*, John Wiley & Sons, 1998, ISBN 0-471-97621-0

Summary

The importance of stress testing for risk management

The paper is focused on description and importance of stress testing for the financial institutions. There is included the general steps of stress testing methodology and special attentions is dedicated to some selected methods of generating stress scenarios in the paper. Particularly, the Extreme Value Theory approach is described more detail as a special method of stress testing.