

Application of the Value at Risk Model to Stock Prices

Aplikace modelu Value at Risk na kurzech akcií

Radim Gottwald¹

Abstract

The author focuses on the Value at Risk model, which is nowadays relatively frequently used model for risk analyses mostly in the banking and insurance industries. Following the characteristics of the model principle, the attention is paid to the sub-methods: the historical simulation method, Monte Carlo method and variance and covariance method. The author applies the Value at Risk model to selected shares from the segment SPAD of the Prague Stock Exchange within the 2011 period. The respective confidence interval, hold period, historical period and other important parameters related to the sub-methods are gradually defined and selected. Diversified and non-diversified Values at Risk, as calculated, are compared. Mentioned are also the essence of back testing and stress testing and the possibilities of reducing the Value at Risk.

Key words

Risk measurement, Value at Risk model, historical simulation method, Monte Carlo method, variance covariance method

JEL Classification: G32

1. Úvod

Řada subjektů na finančních trzích investuje do finančních aktiv. Tyto zcela běžné transakce realizují jak finanční instituce typu bank a pojišťoven, tak i nefinanční instituce typu podniků, které nejsou z principu primárně zaměřeny na obchodování s finančními aktivy. V rámci rozhodování o tom, zda má subjekt případnou investici do finančních aktiv realizovat či nerealizovat, je třeba zvážit jak výsledný efekt v podobě např. zisku, doby návratnosti nebo jiných ukazatelů, tak i míru rizikovosti, která je s jednotlivými investicemi do finančních aktiv spojena a která výrazně ovlivňuje investiční rozhodování. Každá investice je specifická určitou úrovní míry rizikovosti. **Gottwald (2008)** ji popisuje jako míru nejistoty, že zvolený finanční instrument nedosáhne takové úrovně výnosnosti, kterou od něj investor očekává. Jednou z možností, jak je možné vypočítat míru rizika posuzovaných investic do finančních aktiv je využít model Value At Risk.

Tento typ statistické analýzy začaly poprvé používat velké americké banky v 80. letech v souvislosti s velkým rozmachem derivátových obchodů, které znamenaly pro oblast řízení rizik nové možnosti. Bylo třeba vytvořit způsob, pomocí kterého by bylo možné určit, jak velkému riziku je celé obchodní portfolio banky v dané chvíli vystaveno. V roce 1996 umožnil Basilejský výbor pro bankovní dohled vybraným bankám možnost odchýlit se od standardizovaného postupu a měřit jejich expozici vůči tržnímu riziku s použitím vlastních

¹ Ing. Mgr. Radim Gottwald, Mendelova univerzita v Brně, radim.gottwald@mendelu.cz

modelů. Od tohoto roku v Evropské unii a od roku 1998 v USA mohou banky využívat vlastní postupy k výpočtu hodnoty Value at Risk a tímto ovlivňovat vlastní kapitálové požadavky. Model se postupně stal základním kamenem pro měření a řízení tržních rizik ve světovém měřítku. Využití vlastních interních modelů je podmíněno explicitním schválením národního dohledového orgánu. Pro schválení musí banky splnit řadu kvantitativních podmínek. Potom jsou banky povinny reportovat na začátku každého obchodního dne výsledky tohoto modelu a informace o povinném regulatorním kapitálu. Je tedy patrný důraz na přenesení odpovědnosti za odhadování potenciálního rizika, které se používá pro výpočet kapitálových požadavků, na banky.

V souvislosti s dopady finanční krize je během posledních cca pěti let kladen velký důraz na používání kvalitních mechanismů v oblasti risk managementu v bankovním sektoru. Aktuálnost tématu příspěvku plyne i z množství empirických analýz, směrnic a dalších dokumentů z nedávného období, které se týkají modelu Value at Risk. V rámci posílení bankovní regulace a bankovního dohledu dochází též ke stále častějšímu používání tohoto modelu bankovními analytiky. Model Value at Risk, označovaný též jako vnitřní model hodnot v riziku se obecně používá k měření a řízení celkového tržního rizika portfolia. Řízení je chápáno jako snaha vybrat nejlepší model z modelů měření rizika, které zvažují různé agresivní a konzervativní strategie. V současnosti je model Value at Risk dosti rozšířen v oblasti bankovního dohledu v souvislosti se stanovením kapitálové přiměřenosti určité banky. Model Value at Risk umožňuje pružnější formu bankovního dohledu. Tímto modelem řízení bankovních rizik se kromě Basilejského výboru pro bankovní dohled zabývají i centrální banky a další finanční instituce. Dokumenty BASEL I, BASEL II a BASEL III obsahují doporučení pro bankovní právo a regulace Basilejského výboru pro bankovní dohled. Podle těchto pravidel předávají finanční ústavy podléhající bankovní regulaci své odhady monetárním autoritám. Model Value at Risk je zde spolu se standardizovanými metodami zmíněn v rámci prvního pilíře jako nástroj, pomocí kterého mohou banky stanovit kapitálové požadavky k tržnímu riziku obchodního portfolia. Dokument CAD II je formou směrnic Evropské unie o kapitálové přiměřenosti investičních a úvěrových institucí. Dokumentem Opatření ČNB č.3 o kapitálové přiměřenosti bank zahrnující úvěrové a tržní riziko byl do legislativy České republiky zapracován dodatek kapitálové dohody o zahrnutí tržních rizik, který vydal Basilejský výbor pro bankovní dohled.

Model Value at Risk je spojen s komplexním přístupem k tržnímu riziku. Na rozdíl od podobných modelů typu gap a duration gap totiž model Value at Risk dokáže měřit nejen úrokové riziko, ale i další typy tržního rizika, mezi jinými akciové, úrokové, úvěrové, měnové a komoditní riziko. Dále, na rozdíl od jiných metod měření tržního rizika zohledňuje možné korelace jak mezi jednotlivými druhy tržních rizik a rizikových faktorů, tak mezi rizikovými faktory navzájem. Jedná se o relativně jednoduchý a efektivní nástroj pro měření a řízení tržního rizika portfolia, který je založen na předpokladu, že je možné z historických hodnot odvodit budoucí riziko, z čehož je zřejmá inspirace moderní teorií portfolia.

Statistická analýza měření a řízení rizika poskytuje objektivní a nezávislé zhodnocení velikosti rizika. Hodnota Value at Risk vyjadřuje maximální potenciální ztrátu vypočtenou s určitou pravděpodobností během následující zvolené doby držení, stanovenou na základě zvoleného historického období, kterou může mít finanční subjekt u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách. Při aplikaci modelu Value at Risk se nejdříve zvolí interval spolehlivosti, doba držení a historické období. Hodnota Value at Risk je v podstatě jednostranný kvantil (např. 95 %) z rozdělení zisků a ztrát portfolia během zvolené doby držení (např. 1 den) stanovený na základě zvoleného historického období (např. 3 roky). Jedná se o maximální potenciální, nikoli maximální možnou ztrátu. Hodnota Value at Risk je tedy odhadem a doba držení vyjadřuje časový horizont tohoto odhadu. Při aplikaci modelu Value at

Risk je v případě držení portfolia během zvoleného historického období v minulosti vypočtena maximální ztráta portfolia, která by během následující zvolené doby držení neměla být se zvolenou pravděpodobností překročena. S pravděpodobností (100 % - zvolená pravděpodobnost) by tedy ztráta portfolia byla vyšší než hodnota Value at Risk. Hodnota Value at Risk je občas uváděna i v procentech jako podíl ztráty z celkové hodnoty portfolia.

2. Metody používané v rámci modelu Value at Risk

V rámci modelu Value at Risk jsou používány tři dílčí metody, a to metoda historické simulace, metoda Monte Carlo a metoda variance a kovariance. U metody historické simulace se využívají časové řady skutečných historických hodnot rizikových faktorů za zvolené historické období. Rizikovým faktorům jsou přiřazeny váhy. Za rizikové faktory mohou být volena různá finanční aktiva. **Kourouma, Dupre, Sanfilippo a Taramasco (2010)** za rizikové faktory volí burzovní indexy. Pomocí modelu Value at Risk měří předpokládaný pokles burzovních indexů Standard&Poor's 500 a CAC 40 během finanční krize, která začala v roce 2008. Za dobu držení je postupně volen 1 den, 5 dnů a 10 dnů. Výsledky vypočtené pomocí historické simulace jsou srovnány s výsledky vypočtenými s využitím teorie extrémních hodnot. Je realizováno i zpětné testování v rámci 250 dnů. Na základě výsledků je zjištěno, že riziko poklesu u historické simulace je více podhodnoceno než riziko poklesu u teorie extrémních hodnot. Pomocí historické simulace počítají **Angelidis a Benos (2005)** hodnotu Value at Risk pro burzovní indexy, akcie a portfolia cenných papírů. Za dobu držení volí 1 den. Zaměřují se na cenné papíry z řeckého burzovního trhu a na index athénské burzy ASE. Realizují i zpětné testování.

Při aplikaci metody Monte Carlo mohou být za rizikové faktory v rámci empirických výzkumů volena různá finanční aktiva. Rizikové faktory ve formě úrokových sazeb vyhlášených centrální bankou Spojených států amerických používají **Lombardi a Sgherri (2007)**, a to v rámci celkové analýzy americké měnoové politiky. Model Value at Risk používá **Rasmussen (2002)** k oceňování amerických opcí jakožto rizikových faktorů.

Podobně i u metody variance a kovariance jsou za rizikové faktory volena různá finanční aktiva. K ohodnocení dluhopisů a portfolií cenných papírů z indického trhu cenných papírů používají metodu variance a kovariance a metodu historické simulace **Nath a Samanta (2003)**. Docházejí k závěru, že metoda historické simulace poskytuje přesnější odhady než metoda variance a kovariance. Rizikové faktory ve formě portfolií cenných papírů volí **Steelyana (2011)**. Kromě srovnání metody variance a kovariance s metodou historické simulace vyzdvihuje přínos modelu Value at Risk, který může pomoci portfolio manažerům při jejich investičním rozhodování.

3. Cíl a metodika

Cílem příspěvku je aplikace modelu Value at Risk na kurzech akcií. Konkrétně se jedná o aplikaci metody historické simulace, metody Monte Carlo a metody variance a kovariance. Prostřednictvím empirické analýzy jsou teoretické postupy uvedených metod s použitím metod popisné statistiky aplikovány na konkrétním trhu a vypočtené výsledky jsou srovnány. Tyto metody umožňují konkrétní trh blíže identifikovat. Na základě dosažených výsledků je možné vypočítat maximální potenciální ztrátu vypočtenou s určitou pravděpodobností během následující zvolené doby držení, stanovenou na základě zvoleného historického období, kterou může mít finanční subjekt u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách.

Nejdříve se zvolí vstupní charakteristiky společné pro všechny tři metody. Zvolí se struktura a objem hodnoty portfolia. Za rizikové faktory, na nichž jsou metody aplikovány,

jsou zvoleny akcie. Je zvolen trh, na němž jsou metody aplikovány. Jedná se o pražskou Burzu cenných papírů, konkrétně o její segment SPAD, který je určen k obchodování s nejprestižnějšími akciovými tituly, které burza nabízí. Z tohoto segmentu jsou zvoleny akcie označované jako AAA, KOMERČNÍ BANKA, NWR a ORCO.

Za historické období, v rámci kterého jsou získána potřebná data, je zvoleno období od 3.1.2011 do 30.12.2011, přičemž hodnota Value at Risk se stanovuje k 30.12.2011. Za dobu držení je zvolen jeden den. Vstupní data jsou tvořena časovou řadou s periodicitou jednoho dne a jedná se tedy o denní kurzy akcií. Je zvolen interval spolehlivosti 95 %. Hodnota Value at Risk je vypočtena s pravděpodobností v této výši. Zdrojem dat je databáze společnosti Patria Finance, a.s. Prostřednictvím **Patria Online, a.s. (2012)** jsou získána vstupní data potřebná k realizaci empirické analýzy, a to historické kurzy akcií. Jedná se o závěrečné kurzy akcií uváděné vždy v CZK. Na základě kurzů akcií k 30.12.2011 jsou vypočteny váhy jednotlivých akcií v portfoliu.

4. Výsledky

4.1 Vstupní data společná pro aplikaci všech tří metod

V tabulce 1 jsou uvedeny historické kurzy akcií, což jsou v podstatě absolutní historické hodnoty rizikových faktorů.

Tabulka 1: Historické kurzy akcií

Datum	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
30.12.2011	17,88	3330,00	135,79	85,42
29.12.2011	17,30	3308,00	134,74	84,00
28.12.2011	17,54	3283,00	134,34	82,56
...
05.01.2011	22,64	4392,00	269,90	177,45
04.01.2011	22,85	4420,00	263,00	178,96
03.01.2011	22,26	4439,00	255,10	182,98

Zdroj: vlastní výpočet s využitím **Patria Online, a.s. (2012)**

Tabulka 2 obsahuje změny historických kurzů akcií, což jsou v podstatě relativní historické hodnoty rizikových faktorů. Tím je určena volatilita akcií v portfoliu.

Tabulka 2: Změny historických kurzů akcií

Datum	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
30.12.2011	0,00	0,00	0,00	0,00
29.12.2011	-0,03	-0,01	-0,01	-0,02
28.12.2011	0,01	-0,01	0,00	-0,02
...
05.01.2011	-0,01	0,00	0,01	-0,03
04.01.2011	0,01	0,01	-0,03	0,01
03.01.2011	-0,03	0,00	-0,03	0,02

Zdroj: vlastní výpočet s využitím **Patria Online, a.s. (2012)**

V tabulce 3 jsou uvedeny kurzy akcií k 30.12.2011, na základě kterých jsou vypočteny váhy akcií v portfoliu. Tím je určena struktura a hodnota portfolia. U každé akcie je zvolen vždy 1 kus.

Tabulka 3: Kurzy akcií k 30.12.2011 a váhy akcií v portfoliu

Ukazatel	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
Kurz k 30.12.2011	17,88	3330,00	135,79	85,42
Váha	0,50%	93,30%	3,80%	2,39%

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

4.2 Aplikace metody historické simulace

V tabulce 4 jsou uvedeny přepočtené hodnoty akcií, což jsou v podstatě současné hodnoty rizikových faktorů. Tyto hodnoty jsou vypočteny jako součiny kurzů akcií k 30.12.2011 a změn historických kurzů akcií.

Tabulka 4: Přepočtené hodnoty akcií

Datum	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO	Součet
30.12.2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29.12.2011	-0,60	-22,15	-1,06	-1,44	-25,25
28.12.2011	0,24	-25,36	-0,40	-1,49	-27,01
...
05.01.2011	-0,17	-13,65	1,21	-2,43	-15,04
04.01.2011	0,16	21,10	-3,56	0,72	18,42
03.01.2011	-0,47	14,25	-4,21	1,88	11,45

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Z hodnot v posledním sloupci tabulky 4 je, vzhledem ke zvolenému intervalu spolehlivosti 95 %, vypočten 5 % percentil (jednostranný kvantil), jehož výše je -111,89. Jedná se o diverzifikovanou hodnotu Value at Risk. V tabulce 5 je uveden 5 % percentil, který je vypočten zvlášť pro každou akcii z přepočtených hodnot akcií.

Tabulka 5: 5 % percentil

Ukazatel	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
Percentil 5 %	-0,56	-109,52	-4,82	-3,49

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Z hodnot v tabulce 5 je vypočten součet, jehož výše je -118,39. Jedná se o nediverzifikovanou hodnotu Value at Risk. Z tabulky je patrné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

4.3 Aplikace metody Monte Carlo

Nejdříve je ze změn historických kurzů akcií vypočtena kovariační matice. Za typ pravděpodobnostního rozdělení je zvoleno normální rozdělení. Dále je zvolen počet simulací a forma simulace hodnot. 1000 simulací je realizováno prostřednictvím software NtRand 3.2 společnosti Numerical Technologies. V tabulce 6 jsou uvedeny simulace hodnot akcií, vypočtené z kovarianční matice.

Tabulka 6: Simulace hodnot akcií

Číslo simulace	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
1	0,02	-0,03	0,00	0,00
2	-0,02	0,03	0,00	0,00
3	0,02	0,02	0,00	0,03
...
998	-0,06	-0,04	-0,02	0,00
999	-0,02	0,00	-0,01	-0,06
1 000	0,02	0,00	0,01	0,07

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Analogicky jsou v tabulce 7 uvedeny přepočtené simulace hodnot akcií. Tyto přepočtené simulace jsou vypočteny jako součiny kurzů akcií k 30.12.2011 a simulací hodnot akcií.

Tabulka 7: Přepočtené simulace hodnot akcií

Číslo simulace	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO	Součet
1	0,22	30,03	-1,25	1,01	30,00
2	-0,20	-23,98	1,83	-0,56	-22,91
3	0,40	23,75	4,78	2,50	31,43
...
998	0,31	42,85	0,70	1,61	45,47
999	-0,82	-129,36	-6,92	-3,45	-140,56
1 000	0,84	135,41	7,50	3,90	147,65

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Z hodnot v posledním sloupci tabulky 7 je vypočten 5 % percentil, jehož výše je -114,61. Jedná se o diverzifikovanou hodnotu Value at Risk. V tabulce 8 je uveden 5 % percentil, který je vypočten zvlášť pro každou akcii z přepočtených simulací hodnot akcií.

Tabulka 8: 5 % percentil

Ukazatel	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
Percentil 5 %	-0,65	-109,25	-5,74	-3,94

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Z hodnot v tabulce 8 je analogicky vypočten součet, jehož výše je -119,58. Jedná se o nediverzifikovanou hodnotu Value at Risk. Z tabulky je též patrné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

4.4 Aplikace metody variance a kovariance

Nejdříve jsou ze změn historických kurzů akcií vypočteny směrodatné odchylky. V tabulce 9 je uvedena matice C, což je korelační matice vypočtená z historických kurzů akcií.

Tabulka 9: Matice C

Akcie	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
AAA	1,00	0,92	0,96	0,96
KOMERČNÍ BANKA	0,92	1,00	0,95	0,87
NWR	0,96	0,95	1,00	0,93
ORCO	0,96	0,87	0,93	1,00

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Za typ pravděpodobnostního rozdělení je zvoleno normální rozdělení. V rámci dalšího postupu se vypočte matice V , což je diagonální matice volatilit vypočtená pomocí součinů směrodatných odchylek a hodnoty 1,64. Hodnota 1,64 je hodnotou normalizovaného normálního rozdělení pro interval spolehlivosti 95 %. Dále se vypočte matice VC , a to jako součin matic V a C (podobné značení je i u dalších součinů matic). Dále se vypočte matice VCV , což je matice variancí a kovariancí. Dále se vypočte matice $VCVW$. Jedná se o sloupcový vektor. Matice W je sloupcový vektor, jehož hodnoty tvoří kurzy akcií k 30.12.2011. Tento vektor W obsahuje hodnoty cash flow. Dále se vypočte matice W^TVCVW . Matice W^T je řádkový vektor, jehož hodnoty tvoří kurzy akcií k 30.12.2011. Matice W^TVCVW je tvořena pouze číslem 16206,61, což je druhá mocnina diverzifikované hodnoty Value at Risk. Po odmocnění je vypočtena diverzifikovaná hodnota Value at Risk, jejíž výše je 127,31. Záporná hodnota je vybrána s ohledem na to, že hodnota Value at Risk vyjadřuje ztrátu, nikoli zisk.

V tabulce 10 je v prvním řádku uvedena komponentní matice Value at Risk, která je vypočtena jako součin matic $VCVW$ a W , který je následně dělený diverzifikovanou hodnotou Value at Risk ve výši 127,31. Jedná se o sloupcový vektor (zde jsou hodnoty uvedeny v řádku).

Tabulka 10: Komponentní a individuální matice Value at Risk

Akcie	AAA	KOMERČNÍ BANKA	NWR	ORCO
Komponentní hodnota	0,62	117,40	5,72	3,56
Individuální hodnota	0,67	117,45	5,96	4,04

Zdroj: vlastní výpočet s využitím *Patria Online, a.s. (2012)*

Z hodnot v prvním řádku tabulky 10 je vypočten součet, jehož výše je 127,31. Diverzifikovaná hodnota Value at Risk je číslo opačné k tomuto číslu, tedy opravdu už dříve vypočtených -127,31. Z tabulky je patrné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na diverzifikované hodnotě Value at Risk. V druhém řádku tabulky 10 je uvedena individuální matice Value at Risk, která je vypočtena jako součin matic W^T a V . Jedná se o řádkový vektor. Z hodnot v druhém řádku tabulky 10 je vypočten součet, jehož výše je 128,11. Nediverzifikovaná hodnota Value at Risk je číslo opačné k tomuto číslu, tedy -128,11. Z tabulky je patrné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

5. Diskuze

Vypočtené hodnoty Value at Risk pomocí metody historické simulace, metody Monte Carlo a metody variance a kovariance je možné navzájem srovnat. Toto srovnání je uvedeno v tabulce 11.

Tabulka 11: Srovnání vypočtených hodnot Value at Risk pomocí různých metod

Metoda	Hodnota Value at Risk
Metoda historické simulace – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk	-118,39
Metoda historické simulace – diverzifikovaná hodnota Value at Risk	-111,89
Metoda Monte Carlo – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk	-119,58
Metoda Monte Carlo – diverzifikovaná hodnota Value at Risk	-114,61
Metoda variance a kovariance – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk	-128,11
Metoda variance a kovariance – diverzifikovaná hodnota Value at Risk	-127,31

Zdroj: vlastní výpočet s využitím Patria Online, a.s. (2012)

Hodnota Value at Risk vyjadřuje v tomto případě maximální potenciální ztrátu vypočtenou s pravděpodobností 95 % během následujícího dne, stanovenou na základě období od 3.1.2011 do 30.12.2011, kterou může mít finanční subjekt u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách. Metody se navzájem od sebe obecně liší způsobem zpracování vstupních dat, tedy principem výpočtu hodnoty Value at Risk. Při výpočtu nediverzifikované hodnoty Value at Risk nejsou zohledněny korelace mezi akciemi. Při výpočtu diverzifikované hodnoty Value at Risk jsou zohledněny korelace mezi akciemi. Ztráta vztahující se k nediverzifikované hodnotě Value at Risk jsou v rámci každé ze tří uvedených metod vždy vyšší než ztráta vztahující se k diverzifikované hodnotě Value at Risk.

Hodnoty Value at Risk vypočtené pomocí tří uvedených metod lze srovnat nejen mezi sebou, ale i s výsledky, ke kterým je možné dospět při jiné hodnotě některé z použitých charakteristik. Další výzkum v dané oblasti tak může pokračovat v rámci několika směrů. Mezi charakteristiky použité v metodách patří interval spolehlivosti, doba držení, historické období a struktura a objem hodnoty portfolia. Je tedy možné ke srovnání použít hodnoty Value at Risk vypočtené při zvoleném intervalu spolehlivosti nikoli 99 %, ale 95 %. Podobně je možné změnit i hodnoty dalších použitých charakteristik. Obecně je třeba při volbě použitých charakteristik zvážit dostupnost potřebných dat. Při opakované aplikaci modelu Value at Risk je třeba předpoklady modelu týkající se volatility a korelace aktualizovat, aby zachycovaly měnící se tržní podmínky.

Při výběru, kterou z uvedených tří metod je vhodné použít, je třeba zohlednit řadu faktorů. Každá z metod je svým způsobem specifická a je založena na jiných předpokladech. Metody se od sebe liší formou zpracování vstupních dat, konkrétně zejména v tom, zda je nutné dopředu odhadovat parametry pravděpodobnostního rozdělení rizikových faktorů typu korelace, volatility apod., zda je možné metodu aplikovat na nelineární vztahy mezi hodnotou portfolia a úrovní rizikových faktorů, tedy na nástroje s nelineárním průběhem hodnot, např. na nelineární opční portfolia, zda je metoda výpočetně náročná, zda je nutný k aplikaci metody specializovaný software a zda je nutné využít náhodná čísla. Metoda Monte Carlo je za předpokladu správně zvoleného stochastického modelu považována za relativně nejpresnější a je velmi vhodná spíše pro instituce s rozsáhlými obchodními portfolii, které vyžadují vysokou přesnost modelu. Tato přesnost se v současnosti odráží v širokém využití metody v komerční sféře a zřejmě díky přesnosti se metoda Monte Carlo stane globálně nejpožívanější z uvedených tří metod. Přesnost výpočtu hodnoty Value at Risk u metody Monte Carlo je dána kvalitou generátoru náhodných čísel, výběrem racionálního algoritmu výpočtu a kontrolou přesnosti vypočtené hodnoty Value at Risk. Pro generování náhodných čísel je možné využít i jiný generátor než NtRand 3.2, např. Mersenne twister. Na základě popsání zhodnocení vhodnosti použití metod je tedy třeba vždy individuálně posoudit danou situaci a zohlednit předchozí zkušenosti osoby realizující měření tržního rizika, tzv. risk manažera.

U modelu Value at Risk je možné realizovat zpětné testování modelu (back testing), při kterém se výsledky modelu Value at Risk srovnávají s budoucími skutečnými výsledky. Při testování se tedy předpokládané ztráty portfolia srovnávají se skutečnými ztrátami portfolia, aby se zjistilo, jak je model přesný, tedy do jaké míry odpovídají výsledky vypočtené pomocí modelu Value at Risk realitě. Je také možné realizovat stresové testování (stress testing), při kterém se na daném portfoliu testuje model Value at Risk pro určitý stresový scénář vývoje akciového trhu, cen komodit, měnových kurzů a úrokových sazeb. Stresový scénář může být historický nebo hypotetický, tedy definovaný uživatelem.

Změnou struktury původního portfolia je možné snížit hodnotu Value at Risk. Na základě vypočtených volatilit rizikových faktorů je možné rizikový faktor s nejnižší hodnotou volatility posílit a rizikový faktor s nejvyšší hodnotou volatility oslabit, a to změnou váhy v portfoliu při zachování stejné celkové hodnoty portfolia. Srovnáním původních hodnot Value at Risk s nově vypočtenými hodnotami Value at Risk je možné zjistit, o jakou částku se sníží hodnota Value at Risk, tedy riziko realizace ztráty hodnoty portfolia. V případě, že jsou rizikové faktory uvedeny v různých měnách, je vhodné je pomocí měnového kurzu převést na jednu společnou měnu.

Přínos příspěvku spočívá zejména v rozšíření problematiky měření a řízení tržních rizik o další poznatky. Model Value at Risk je poměrně dost rozšířený v praxi a téma příspěvku je aktuální. V rámci vymezení místa, které příspěvku přísluší v rámci systematického výzkumu měření a řízení tržních rizik, směřuje tento příspěvek mezi příspěvky, které obsahují současnou aplikaci více metod, v daném případě metody historické simulace, metody Monte Carlo a metody variance a kovariance. Podobně jako u některých citovaných empirických výzkumů jsou za rizikové faktory zvoleny akcie. Vypočtené výsledky je možné použít ke srovnání s výsledky dalších empirických výzkumů.

6. Závěr

Model Value at Risk patří mezi modely používané pro měření a řízení tržních rizik. Autor se v příspěvku na tento model zaměřuje. Po teoretickém vymezení modelu je model aplikován na skutečných datech. Konkrétně, tři dílčí metody jsou aplikovány na akciích z pražské Burzy cenných papírů. Vypočtené hodnoty udávají maximální potenciální ztráty během následujícího dne po 30.12.2011, vypočtenou s pravděpodobností 95 %, kterou může mít finanční subjekt u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách. Využity jsou historické kurzy akcií za období od 3.1.2011 do 30.12.2011. Vypočtené hodnoty Value at Risk se liší podle toho, o jakou se jedná metodu a dále podle toho, zda se jedná o diverzifikovanou nebo nediverzifikovanou hodnotu Value at Risk. Na základě těchto metod je možné blíže identifikovat daný trh. Potenciální investor tak může krátkodobě odhadnout budoucí vývoj trhu, a to s využitím dat z minulosti. Může dopředu predikovat potenciální ztrátu při investici do akcií, což mu usnadní orientaci na trhu. Model Value at Risk je častým tématem řady empirických výzkumů, což souvisí s širokými možnostmi uplatnění tohoto modelu nejen v bankovníctví.

Tento článek byl vytvořen v rámci výzkumného projektu IGA 31/2012 Mendelovy univerzity v Brně „Metody fundamentální analýzy v průběhu nestability na kapitálových trzích“.

Zdroje

- [1] Angelidis, T., Benos, A., 2005. Value-at-Risk for Greek Stocks, *SSRN Working Paper*, [online] Dostupný na: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=661242> [cit. 26.8.2012].
- [2] Gottwald, R., 2008. Pozor na investiční rizika, *Finexpert.cz*, [online] Dostupný na: <<http://finexpert.e15.cz/pozor-na-investicni-rizika>> [cit. 26.8.2012].
- [3] Kourouma, L., Dupre, D., Sanfilippo, G., Taramasco, O., 2010. Extreme Value at Risk and Expected Shortfall During Financial Crisis, *SSRN Working Paper*, [online] Dostupný na: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1744091> [cit. 26.8.2012].

- [4] Lombardi, M. J., Sgherri, S., 2007. (Un)Naturally Low? Sequential Monte Carlo Tracking of the US Natural Interest Rate, *ECB Working Paper*, [online] Dostupný na:<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1003969> [cit. 26.8.2012].
- [5] Nath, G. C., Samanta, G. P., 2003. Value at Risk: Concept and It's Implementation for Indian Banking System, *SSRN Working Paper*, [online] Dostupný na:<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=473522> [cit. 26.8.2012].
- [6] Patria Online, a.s., 2012. *Patria Online a.s.* [online] Dostupný na:<<http://www.patria.cz>> [cit. 26.8.2012].
- [7] Rasmussen, N. S., 2002. Efficient Control Variates for Monte-Carlo Valuation of American Options, *SSRN Working Paper*, [online] Dostupný na:<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=325260> [cit. 26.8.2012].
- [8] Steelyana, E., 2011. Value at Risk - Which One is Better: Historical Simulation or Variance Covariance Approach? (Comparative Analysis between Historical Simulation and Variance Covariance Method with Portfolio Simulation at IDX), *SSRN Working Paper*, [online] Dostupný na:<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1966793> [cit. 26.8.2012].