

PREDIKCE KURZŮ AKCIÍ S VYUŽITÍM MODELU VALUE AT RISK

STOCK PRICES PREDICTION USING THE VALUE AT RISK MODEL

Radim Gottwald

Abstract: *Value at Risk model is often used for risk analyses mostly in the banking and insurance industries. Following the characteristics of the model principle, the Value at Risk is interpreted in the economic sense. Attention is paid to three sub-methods, concretely historical simulation method, variance covariance method and Monte Carlo method. A number of empirical studies focused on the application of these sub-methods in practice is presented. Various risk factors are used by these studies. Value at Risk model is applied to selected stocks from SPAD segment of Prague Stock Exchange within the 2011, in the paper. This unique application is the aim of the paper. The reliability interval, hold period, historical period and other important parameters related to the sub-methods are selected within the application. Using covariance matrices, correlation matrices as well as other types of matrices and statistical indicators, the Value at Risk are calculated. The comparison of calculated diversified and non-diversified Value at Risk by sub-methods is realized. Mentioned are also back testing, stress testing, the essence of the relative and marginal Value at Risk and other options of practical application of this model.*

Keywords: *Risk measurement, Value at Risk model, Historical simulation method, Variance covariance method, Monte Carlo method.*

JEL Classification: *G32.*

Úvod

Mnoho subjektů investuje na finančních trzích do finančních aktiv. Tyto transakce realizují jak finanční instituce typu bank, pojišťoven a penzijních fondů, tak i nefinanční instituce typu podniků, které nejsou na obchodování s finančními aktivy primárně zaměřeny. Při rozhodování o tom, zda mají případnou investici do finančních aktiv realizovat či nerealizovat, musí zvážit jak výsledný efekt v podobě např. zisku, tak i míru rizikovosti, která je s jednotlivými investicemi do finančních aktiv spojena. Tato míra rizikovosti ovlivňuje investiční rozhodování. Pro každou investici je možné ohodnotit určitou úroveň míry rizikovosti. Gottwald [3] ji popisuje jako míru nejistoty, že zvolený finanční instrument nedosáhne takové úrovně výnosnosti, kterou od něj investor očekává. Rizika lze rozdělit podle různých kritérií na různé typy. Jednou z možností, jak je možné stanovit míru rizikovosti investice do určitého finančního aktiva je použít model Value At Risk. Tento článek obsahuje, na rozdíl od řady jiných článků zaměřených na problematiku modelu Value at Risk, současnou aplikaci více metod, v daném případě metody historické simulace, metody variance a kovariance a metody Monte Carlo. Přínos článku spočívá zejména v rozšíření problematiky měření a řízení tržních rizik o další poznatky.

Téma článku je velmi aktuální. V současnosti je vlivem doznívající finanční krize kladen v oblasti risk managementu v bankovníctví velký důraz na používání kvalitních mechanismů. V rámci soustavného posilování bankovní regulace a bankovního dohledu dochází ke stále častějšímu používání tohoto modelu bankovními analytiky. Model Value at Risk se obecně používá k měření a řízení celkového tržního rizika portfolia. Řízení je zde chápáno jako snaha vybrat nejlepší model z modelů měření rizika, které zvažují různé konzervativní a agresivní strategie. Model Value at Risk je dost rozšířen v oblasti bankovníctví i v souvislosti se stanovením kapitálové přiměřenosti určité banky a kromě Basilejského výboru pro bankovní dohled se jím zabývají i centrální banky a další finanční instituce. Dokumenty označované jako BASEL I, BASEL II a BASEL III obsahují doporučení pro bankovní právo a regulace Basilejského výboru pro bankovní dohled. Podle těchto dokumentů předávají finanční ústavy podléhající bankovní regulaci své odhady monetárním autoritám. Model Value at Risk je zmíněn v rámci prvního pilíře jako nástroj, pomocí kterého mohou banky stanovit kapitálové požadavky k tržnímu riziku obchodního portfolia.

Hodnota Value at Risk vyjadřuje nejvyšší potenciální ztrátu, která je vypočtena s určitou pravděpodobností během zvolené doby držení, stanovenou na základě zvoleného historického období, kterou může mít finanční subjekt u svého portfolia při nepříznivých tržních změnách. V rámci aplikace modelu Value at Risk se nejdříve zvolí interval spolehlivosti, doba držení a historické období. Hodnota Value at Risk je jednostranným kvantilem z rozdělení zisků a ztrát portfolia během zvolené doby držení. Jedná se o nejvyšší potenciální, nikoli nejvyšší možnou ztrátu. Hodnota Value at Risk je tedy odhadem. V rámci aplikace modelu Value at Risk je v případě držení portfolia během zvoleného historického období v minulosti vypočtena nejvyšší ztráta portfolia, která by během následující zvolené doby držení neměla být se zvolenou pravděpodobností překročena.

Model Value at Risk dokáže na rozdíl od podobných modelů typu gap a duration gap měřit nejen úrokové riziko, ale i další typy tržního rizika jako akciové, úvěrové, měnové a komoditní riziko. Dále zohledňuje možné korelace jak mezi jednotlivými druhy tržních rizik a rizikových faktorů, tak i mezi samotnými rizikovými faktory navzájem. Tento relativně jednoduchý a efektivní nástroj pro měření a řízení tržního rizika je založen na předpokladu, že z historických hodnot je možné odvodit budoucí riziko.

Model Value at Risk začaly poprvé používat velké americké banky v 80. letech, a to v souvislosti s velkým rozmachem derivátových obchodů, které znamenaly pro oblast řízení rizik nové možnosti. Byly vytvořeny způsoby, pomocí kterých bylo možné určit, jak velkému riziku bylo celé obchodní portfolio banky v dané chvíli vystaveno. Basilejský výbor pro bankovní dohled umožnil v roce 1996 vybraným bankám možnost odchýlit se od standardizovaného postupu a měřit jejich expozici vůči tržnímu riziku s použitím vlastních modelů. Od roku 1996 v Evropské unii a od roku 1998 v USA mohou banky využívat vlastní modely k výpočtu hodnoty Value at Risk a tímto ovlivňovat vlastní kapitálové požadavky. Využití vlastních interních modelů je podmíněno explicitním schválením národního dohledového orgánu. Je zřetelný důraz na přenesení odpovědnosti za odhadování potencionálního rizika, které se používá pro výpočet kapitálových požadavků, z centrálních bank na jiné banky.

1 Literární rešerše

Při aplikaci modelu Value at Risk je možné se setkat s různými dílčími metodami. Mezi relativně často používané patří metoda historické simulace, metoda variance a kovariance a metoda Monte Carlo. Zatímco metoda historické simulace je neparametrickou metodou, při jejíž aplikaci tedy není nutné dopředu odhadovat žádný typ pravděpodobnostního rozdělení rizikových faktorů, zbývající dvě metody jsou metody parametrické. Škapa a Meluzín [10] uvádějí, že při stejné hladině významnosti a stejném rozsahu výběru je u neparametrických metod vyšší pravděpodobnost chyby druhého druhu než u příslušných metod parametrických.

U metody historické simulace se využívají časové řady rizikových faktorů, ze kterých se dvěma různými způsoby, podle toho, zda se zohledňují nebo nezohledňují vzájemné korelace mezi rizikovými faktory, zjišťují percentily. Pro metodu variance a kovariance je typické použití jak časových řad, tak použití korelační, komponentní a individuální matice. Při zohlednění vzájemných korelací mezi rizikovými faktory je nejen u těchto dvou metod, ale i u metody Monte Carlo, počítána diverzifikovaná hodnota Value at Risk a při nezohlednění korelací analogicky hodnota nediverzifikovaná. Specifičnost metody Monte Carlo plyne z použití kovarianční matice a software pro generování velkého počtu simulací hodnot rizikových faktorů.

Uvedené tři metody jsou předmětem řady empirických výzkumů. Při aplikaci metody historické simulace mohou být za rizikové faktory voleny různé typy finančních aktiv. V rámci zvoleného historického období se využívají časové řady historických hodnot těchto rizikových faktorů. Volba finančního aktiva záleží na tom, jaký segment finančního trhu je předmětem výzkumu. Lin a Chien [5] volí za rizikové faktory burzovní indexy. Jedná se o index Standard&Poor's 500 amerického akciového trhu, index FTSE 100 londýnské burzy cenných papírů a index FSE frankfurtské burzy cenných papírů. Investoři spekulující na pohyby těchto významných světových indexů mohou predikovat možné ztráty plynoucí z investice. Rizikovými faktory mohou být i měnové kurzy. Ve snaze zpřesnit odhady hodnot Value at Risk při použití rizikových faktorů ve formě měnových kurzů amerického dolaru USD k brazilskému realu BRL analyzují Fajardo, Farias a Ornelas [2] možné použití hyperbolických distribučních funkcí. Použití podobných statistických metod může být při sestavování investiční strategie přínosné pro ty investory, kteří spekulují na devizovém trhu. Weng a Trueck [11] měří úroveň rizikových faktorů v podobě hedge fondů z asijských finančních trhů. Investoři investující na emerging markets mohou při výběru optimálního trhu využít srovnání míry tohoto specifického rizika v různých asijských státech. V rámci aplikace metody variance a kovariance mohou být rizikovými faktory také různé typy finančních aktiv. Nath a Reddy [7] volí za rizikové faktory měnové kurzy indické rupie INR k americkému dolaru. Rizikové faktory v podobě dluhopisů a portfolií různých cenných papírů z indického finančního trhu používají Nath a Samanta [8]. Výsledky dosažené aplikací metody variance a kovariance též srovnávají s výsledky dosaženými aplikací metody historické simulace. Podobně jsou voleny různé typy finančních aktiv i při aplikaci metody Monte Carlo. Wilde a Kind [12] používají riziková aktiva v podobě konvertibilních dluhopisů u kterých má jejich držitel možnost v době splatnosti namísto výplaty nominální hodnoty dluhopisu obdržet jinou formu plnění, např. akcie od téhož

emidenta. K ohodnocení některých finančních derivátů používá metodu Monte Carlo Marshall [6]. Konkrétně se jedná o kupní a prodejní opci typu plain vanilla.

2 Cíl a metodika

Cílem článku je aplikace modelu Value at Risk na skutečných datech. Konkrétně je aplikována metoda historické simulace, metoda variance a kovariance a metoda Monte Carlo. Vypočtené výsledky jsou následně srovnány. Na základě těchto výsledků je možné vypočítat nejvyšší 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 data společná pro všechny tři metody. Za rizikové faktory, na nichž jsou metody aplikovány, jsou zvoleny vybrané akcie z pražské Burzy cenných papírů, konkrétně z jejího segmentu SPAD, který je určen k obchodování s těmi nejprestižnějšími akciovými tituly, které burza nabízí. Konkrétně se jedná o akcie označované jako CETV, NWR, PEGAS a TELEFÓNICA. Za historické období 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. Jsou použity denní kurzy akcií. Je zvolen interval spolehlivosti 95 %. Hodnota Value at Risk je tedy vypočtena s pravděpodobností 95 %. Prostřednictvím Patria Online [9] jsou získána všechna vstupní data potřebná k realizaci empirické analýzy. Jedná se o závěrečné kurzy akcií uváděné vždy v CZK.

3 Výsledky

3.1 Data společná pro všechny tři metody

Historické kurzy akcií, tedy absolutní historické hodnoty rizikových faktorů jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Historické kurzy akcií

| Datum | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|------------|--------|--------|--------|------------|
| 30.12.2011 | 127,95 | 135,79 | 457,00 | 383,10 |
| 29.12.2011 | 126,79 | 134,74 | 456,00 | 382,00 |
| 28.12.2011 | 128,00 | 134,34 | 451,70 | 379,60 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 05.01.2011 | 396,50 | 269,90 | 470,00 | 384,00 |
| 04.01.2011 | 399,00 | 263,00 | 472,80 | 383,90 |
| 03.01.2011 | 400,50 | 255,10 | 473,00 | 386,50 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

V Tab. 2 jsou uvedeny změny historických kurzů akcií, tedy relativní historické hodnoty rizikových faktorů. Těmito kurzy je určena volatilita akcií v portfoliu.

Tab. 2: Změny historických kurzů akcií

| Datum | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|------------|-------|-------|-------|------------|
| 30.12.2011 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 29.12.2011 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 28.12.2011 | 0,01 | 0,00 | -0,01 | -0,01 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 05.01.2011 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 04.01.2011 | 0,01 | -0,03 | 0,01 | 0,00 |
| 03.01.2011 | 0,00 | -0,03 | 0,00 | 0,01 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

Tab. 3 obsahuje kurzy akcií k 30.12.2011, na základě kterých jsou dále vypočteny procentuální váhy akcií v portfoliu. Tímto je určena hodnota a struktura portfolia. U každé akcie je zvolen vždy 1 kus.

Tab. 3: Kurzy akcií k 30.12.2011 a váhy akcií v portfoliu

| Ukazatel | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|--------------------------|--------|--------|--------|------------|
| Kurz k 30.12.2011 | 127,95 | 135,79 | 457,00 | 383,10 |
| Váha | 11,59% | 12,30% | 41,40% | 34,71% |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

3.2 Aplikace metody historické simulace

Přepočtené hodnoty akcií, tedy současné hodnoty rizikových faktorů jsou uvedeny v Tab. 4. Tyto hodnoty jsou vypočteny jako součiny kurzů akcií k 30.12.2011 a změn historických kurzů akcií.

Tab. 4: Přepočtené hodnoty akcií

| Datum | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA | Součet |
|------------|-------|-------|-------|------------|--------|
| 30.12.2011 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 29.12.2011 | -1,17 | -1,06 | -1,00 | -1,10 | -4,33 |
| 28.12.2011 | 1,21 | -0,40 | -4,35 | -2,42 | -5,97 |
| ... | ... | ... | ... | ... | |
| 05.01.2011 | -0,13 | 1,21 | 3,89 | -0,50 | 4,47 |
| 04.01.2011 | 0,80 | -3,56 | 2,71 | -0,10 | -0,15 |
| 03.01.2011 | 0,48 | -4,21 | 0,19 | 2,58 | -0,96 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

S použitím hodnot v posledním sloupci Tab. 4 je, s ohledem na zvolený interval spolehlivosti 95 %, vypočten 5 % percentil, jehož výše je -17,73. Tato hodnota je

diverzifikovanou hodnotou Value at Risk. 5 % percentil, který je vypočten zvlášť pro každou akcii z přepočtených hodnot akcií je uveden v Tab. 5.

Tab. 5: 5 % percentil

| Ukazatel | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|---------------|-------|-------|-------|------------|
| Percentil 5 % | -6,78 | -4,82 | -9,65 | -6,64 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

S použitím hodnot v Tab. 5 je vypočten součet, jehož výše je -27,90. Tato hodnota je nediverzifikovanou hodnotou Value at Risk. Z Tab. 5 je zřetelné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

3.3 Aplikace metody variance a kovariance

S použitím změn historických kurzů akcií jsou vypočteny směrodatné odchylky. Z historických kurzů akcií je vypočtena matice C, což je korelační matice uvedená v Tab. 6.

Tab. 6: Matice C

| Ukazatel | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|------------|------|------|-------|------------|
| CETV | 1,00 | 0,97 | 0,44 | 0,58 |
| NWR | 0,97 | 1,00 | 0,43 | 0,50 |
| PEGAS | 0,44 | 0,43 | 1,00 | 0,38 |
| TELEFÓNICA | 0,58 | 0,50 | 0,38 | 1,00 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

Pro aplikaci metody je za typ pravděpodobnostního rozdělení zvoleno normální rozdělení. S použitím součinů směrodatných odchylek a hodnoty 1,64, což je hodnota normalizovaného normálního rozdělení pro interval spolehlivosti 95 %, je vypočtena matice V, což je diagonální matice volatilit. Dále je vypočtena matice VC a matice VCV, což je matice variancí a kovariancí. S použitím matice W, což je sloupcový vektor, jehož hodnoty tvoří kurzy akcií k 30.12.2011, je vypočtena matice VCVW. Matice $W^T VCVW$ je tvořena pouze číslem 599,46. Tato hodnota je druhou mocninou diverzifikované hodnoty Value at Risk. Diverzifikovaná hodnota Value at Risk je -24,48. Záporná hodnota je vybrána s ohledem na to, že hodnota Value at Risk vyjadřuje ztrátu, nikoli zisk. Na prvním řádku Tab. 7 je uvedena komponentní matice Value at Risk, která je vypočtena jako součin matic VCVW a W dělený diverzifikovanou hodnotou Value at Risk ve výši -24,48.

Tab. 7: Komponentní a individuální matice Value at Risk

| Ukazatel | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|----------------------|------|------|-------|------------|
| Komponentní hodnota | 6,16 | 5,06 | 7,26 | 6,01 |
| Individuální hodnota | 6,98 | 5,96 | 9,69 | 7,90 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

S použitím hodnot v prvním řádku Tab. 7 je vypočten součet, jehož výše je 24,48. Diverzifikovanou hodnotou Value at Risk je číslo opačné k tomuto číslu, tedy už dříve vypočtených -24,48. Z Tab. 7 je zřetelné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na diverzifikované hodnotě Value at Risk. Na druhém řádku Tab. 7 je uvedena individuální matice Value at Risk, která je vypočtena jako součin matic W^T a V . S použitím těchto hodnot je vypočten součet, jehož výše je 30,53. Nediverzifikovanou hodnotou Value at Risk je číslo opačné k tomuto číslu, tedy -30,53. Z Tab. 7 je zřetelné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

3.4 Aplikace metody Monte Carlo

S použitím změn historických kurzů akcií je vypočtena kovarianční matice. Pro aplikaci metody je za typ pravděpodobnostního rozdělení zvoleno normální rozdělení. Je zvoleno 2000 simulací, které jsou vytvořeny pomocí software NtRand 3.2 společnosti Numerical Technologies. Simulace hodnot akcií, vypočtené z kovarianční matice jsou uvedeny v Tab. 8.

Tab. 8: Simulace hodnot akcií

| Číslo simulace | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|----------------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | -0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 2 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | -0,01 |
| 3 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 1998 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1999 | 0,02 | -0,01 | -0,02 | 0,00 |
| 2000 | -0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

V Tab. 9 jsou uvedeny přepočtené simulace hodnot akcií, které jsou vypočteny jako součiny kurzů akcií k 30.12.2011 a simulací hodnot akcií.

Tab. 9: Přepočtené simulace hodnot akcií

| Číslo simulace | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA | Součet |
|----------------|-------|-------|--------|------------|--------|
| 1 | -1,94 | 0,10 | -0,78 | 3,95 | 1,34 |
| 2 | 2,95 | 0,48 | 0,83 | -3,99 | 0,27 |
| 3 | 5,39 | 4,82 | 2,55 | 2,85 | 15,60 |
| ... | ... | ... | ... | ... | |
| 1998 | 0,24 | 0,30 | -1,08 | 0,50 | -0,04 |
| 1999 | 2,93 | -1,76 | -10,53 | 1,04 | -8,32 |
| 2000 | -1,92 | 2,34 | 10,57 | -1,07 | 9,92 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

S použitím hodnot v posledním sloupci Tab. 9 je vypočten 5 % percentil, jehož výše je -19,64. Tato hodnota je diverzifikovanou hodnotou Value at Risk. 5 % percentil, který je vypočten zvlášť pro každou akcii z přepočtených simulací hodnot akcií je uveden v Tab. 10.

Tab. 10: 5 % percentil

| Ukazatel | CETV | NWR | PEGAS | TELEFÓNICA |
|---------------|-------|-------|-------|------------|
| Percentil 5 % | -6,62 | -5,81 | -9,80 | -7,71 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

S použitím hodnot v Tab. 10 je vypočten součet, jehož výše je -29,93. Tato hodnota je nediverzifikovanou hodnotou Value at Risk. Z Tab. 10 je zřetelné, jaké jsou podíly jednotlivých akcií na nediverzifikované hodnotě Value at Risk.

4 Diskuze

Dále je realizována komparace hodnot Value at Risk vypočtených pomocí metody historické simulace, metody variance a kovariance a metody Monte Carlo. Tato komparace je uvedena v Tab. 11.

Tab. 11: Srovnání vypočtených hodnot Value at Risk

| Metoda | Hodnota Value at Risk |
|--|-----------------------|
| Metoda historické simulace – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk | -27,90 |
| Metoda historické simulace – diverzifikovaná hodnota Value at Risk | -17,73 |
| Metoda variance a kovariance – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk | -30,53 |
| Metoda variance a kovariance – diverzifikovaná hodnota Value at Risk | -24,48 |
| Metoda Monte Carlo – nediverzifikovaná hodnota Value at Risk | -29,93 |
| Metoda Monte Carlo – diverzifikovaná hodnota Value at Risk | -19,64 |

Zdroj: vlastní zpracování podle [9]

Na základě srovnání hodnot Value at Risk vypočtených podle uvedených tří metod je zřejmé, že se tyto hodnoty liší jak při srovnání různých metod, tak při srovnání nediverzifikované a diverzifikované hodnoty Value at Risk. Zatímco při výpočtu nediverzifikované hodnoty Value at Risk se vzájemné korelace mezi akciami nezohledňují, v případě diverzifikované hodnoty Value at Risk se zohledňují. Hodnota Value at Risk vyjadřuje nejvyšší potenciální ztrátu, která je vypočtena 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. Z hodnot v Tab. 11 je patrné, že ztráta vztahující se k nediverzifikované hodnotě Value at Risk je v rámci každé ze tří uvedených metod vždy vyšší než ztráta vztahující se k diverzifikované hodnotě Value at Risk. Z toho vyplývá, že zohlednění vzájemných korelací mezi akciami vede nižší k ztrátě charakterizované nižší hodnotou Value at Risk a naopak. Dále, ztráta vztahující se k metodě Monte Carlo je v rámci ať už jen nediverzifikovaných hodnot, či v rámci jen diverzifikovaných hodnot vždy vyšší než ztráta vztahující se k metodě historické simulace a zároveň vždy nižší než ztráta vztahující se k metodě variance a kovariance. To znamená, že pokud by pro zjištění nejvyšší potenciální ztráty daného portfolia měla být použita pouze jedna metoda namísto tří metod odlišující se od sebe svými principy, je patrné, že je vhodné nejspíše použít metodu Monte Carlo. Hodnoty Value at Risk, které jsou 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 tak může pokračovat v rámci několika směrů. Obecně patří mezi charakteristiky použité v metodách struktura a objem hodnoty portfolia, interval spolehlivosti, doba držení a historické období. Je tedy možné změnit hodnoty těchto charakteristik.

Prostřednictvím srovnání vypočtených výsledků modelu Value at Risk s budoucími skutečnými výsledky je možné realizovat zpětné testování modelu. Výzkum tedy může pokračovat i zpětným testováním modelu s použitím konkrétních vypočtených hodnot Value at Risk z tohoto článku. Při testování se předpokládané ztráty portfolia srovnají se skutečnými ztrátami portfolia za účelem zjištění přesnosti modelu. U stresového testování se na daném portfoliu testuje model Value at Risk pro určitý stresový scénář vývoje rizikových faktorů. Stresový scénář může být historický nebo hypotetický, tedy definovaný uživatelem. U historického scénáře se využívá průběh skutečné události, k níž došlo v minulosti. Pokud aktuálním požadavkům neodpovídá svým charakterem žádná v minulosti proběhlá událost, je třeba sestavit scénář hypotetický. U toho se využívají odhady analytiků na budoucí vývoj a postupně se identifikují bazické rizikové faktory a vedlejší rizikové faktory, jejichž hodnota je bazickými rizikovými faktory determinována. Tyto stresové testy mohou odhalit možné stresové situace v budoucnu, jimž mohou být banky vystaveny, např. ekonomické krize, burzovní krachy, války. Je také možné vypočítat, s jakými výsledky by banky přečkaly stresové situace v budoucnu při aktuálním složení portfolia. Stresová analýza nebere v úvahu pravděpodobnost realizace potenciální možné ztráty hodnoty portfolia.

Při rozhodování o tom, kterou z uvedených tří metod je vhodné použít, je nutné zohlednit několik faktorů. Každá z metod je svým způsobem specifická. Metody se od sebe liší formou zpracování vstupních dat. Konkrétně zejména v tom, zda je či není nutné dopředu odhadovat parametry pravděpodobnostního rozdělení rizikových

faktorů jako korelace, volatilita apod., zda je či není možné aplikovat metodu na nelineární vztahy mezi hodnotou portfolia a úrovní rizikových faktorů, tedy na nástroje s nelineárním průběhem hodnot, např. na nelineární opční portfolia a zda je či není metoda výpočetně náročná. Za předpokladu správně zvoleného stochastického modelu je metoda Monte Carlo považována za relativně nejpřesnější z metod. Tato přesnost se odráží v širokém využití metody v komerční sféře. Obecně je přesnost výpočtu hodnoty Value at Risk pomocí metody Monte Carlo dána kvalitou generátoru náhodných čísel, výběrem racionálního algoritmu výpočtu a kontrolou přesnosti vypočtené hodnoty Value at Risk. Na základě popsaného zhodnocení vhodnosti použití metod je tedy vždy nutné posoudit danou situaci individuálně a zohlednit předchozí zkušenosti osoby realizující měření tržního rizika, tzv. risk manažera.

Kromě prezentovaného absolutního Value at Risk se v praxi používá i relativní Value at Risk a marginální Value at Risk. Jílek [4] uvádí, že relativní Value at Risk je rizikem nižší výkonnosti vzhledem k určitému standardu, jako je například tržní index. Marginální Value at Risk měří míru, o kterou vzroste relativní nebo absolutní Value at Risk při dodání nebo vyjmutí aktiva z portfolia. Alternativní metodou k uvedeným modelům je výpočet tzv. faktorové citlivosti, při níž se vypočte změna portfolia při určité změně jednoho rizikového faktoru při souběžné konstantní hodnotě ostatních rizikových faktorů.

Model Value at Risk se používá k analýze rizika, ke zjištění optimální hodnoty portfolia, k oceňování finančních derivátů včetně opcí, k oceňování investic a při zajišťovacích technikách. Durčáková a Mandel [1] používají v rámci transakční devizové expozice model Value at Risk ke zjištění velikosti rezervy v domácí měně, kterou je třeba si vytvořit pro případ potenciální ztráty z otevřené devizové pozice. Model Value at Risk mohou používat jak banky, tak pojišťovny, penzijní fondy, investiční fondy a nefinanční instituce, např. podnik. V pojišťovnictví měří Value at Risk podkladové riziko pro zajišťované aktivum. Ve fondech mohou být obchodována portfolia s dlouhodobým zacílením na konkrétní hodnotu Value at Risk. U často se měnících složení portfolií bank se používá doba držení jeden den, investiční manažeři používají obvykle jeden měsíc a podniky až jeden rok. V bankovníctví se tento model používá i při stanovování kapitálové přiměřenosti bank.

Závěr

Mezi modely používané pro měření a řízení tržních rizik patří model Value at Risk, na který je článek zaměřen. Tento model se používá zejména v bankovníctví a pojišťovnictví. Model je používán jak centrálními bankami, tak obchodními bankami. V rámci Evropské unie se při stanovení kapitálové přiměřenosti bank pomocí tohoto modelu vychází z dokumentů označovaných jako BASEL I, BASEL II a BASEL III, které obsahují doporučení pro bankovní právo a regulace Basilejského výboru pro bankovní dohled. Po teoretickém vymezení tohoto modelu včetně ekonomické interpretace hodnoty Value at Risk je model v článku aplikován na skutečných datech. Na vybraných akcích z pražské Burzy cenných papírů je postupně aplikována metoda historické simulace, metoda variance a kovariance a metoda Monte Carlo. Jako vstupní data jsou využity historické kurzy akcií za období od 3.1.2011 do 30.12.2011. Z nich jsou následně vypočteny kovarianční matice, korelační matice

a další typy matic a statistických ukazatelů. Zohledněny jsou i váhy akcií v portfoliu. Využívají se i přepočtené hodnoty akcií a 2000 simulací hodnot akcií. Různými způsoby jsou u metody historické simulace a metody Monte Carlo vypočteny 5 % percentily, zatímco u metody variance a kovariance je prostřednictvím součinů různých matic vypočtena komponentní a individuální matice Value at Risk. Vypočtené hodnoty Value at Risk udávají nejvyšší 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. Dosažené výsledky jsou srovnány, a to v závislosti na tom, kterou dílčí metodou jsou vypočteny a na tom, zda se jedná o diverzifikovanou hodnotu Value at Risk nebo nediverzifikovanou hodnotu Value at Risk. Je také naznačeno, jakými směry může pokračovat další výzkum v dané oblasti. Jsou vymezeny rozdíly mezi jednotlivými metodami, na základě kterých je možné rozhodnout, kterou z uvedených metod je nejvhodnější v dané situaci použít. Jsou popsány rozdíly mezi absolutní, relativní a marginální Value at Risk a dále rozdíly mezi zpětným a stresovým testováním modelu Value at Risk. Pozornost je věnována významu stresového testování. Jsou uvedeny i další možnosti využití tohoto modelu v praxi. Prostřednictvím těchto metod je možné blíže identifikovat vybraný tržní segment. Investoři mohou krátkodobě odhadnout budoucí vývoj vybraného tržního segmentu, a to s využitím dat z minulosti. Mohou dopředu odhadnout potenciální ztrátu při investici do akcií, což jim usnadní orientaci na trhu. V článku jsou citovány empirické výzkumy zaměřené na další aplikace modelu Value at Risk v praxi.

Poděkování

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

Reference

- [1] DURČÁKOVÁ, J., MANDEL, M. *Mezinárodní finance*. 3. vydání. Praha: Management Press, 2007. 487 s. ISBN 978-80-7261-170-6.
- [2] FAJARDO, J., FARIAS, A., ORNELAS, J. R. H. Analyzing the Use of Generalized Hyperbolic Distributions to Value at Risk Calculations. *In Brazilian Journal of Applied Economics*, 2005, roč. 9, č. 1, s. 25-38. ISSN 1413-8050.
- [3] GOTTWALD, R. *Pozor na investiční rizika*. 2008. [cit. 2012-06-06]. Dostupné na WWW: <<http://finexpert.e15.cz/pozor-na-investicni-rizika>>.
- [4] JÍLEK, J. *Finanční rizika*. 1. vydání. Praha: Grada, 2000. 635 s. ISBN 80-7169-579-3.
- [5] LIN, C., CHIEN, C. C. *Incorporating a GED Model into the Historical Simulation Method for Value-at-Risk*. 2002. [Working paper No. 357560]. Rochester: Social Science Research Network. Dostupné na WWW: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=357560>.
- [6] MARSHALL, C. *Monte Carlo Simulation in the Pricing of Derivatives*. 2008. [Working paper No. 1127957]. Rochester: Social Science Research Network.

Dostupné na WWW:

<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1127957>.

- [7] NATH, G. C., REDDY, Y. V. *Value at Risk: Issues and Implementation in Forex Market in India*. 2003. [Working paper No. 474141]. Rochester: Social Science Research Network. Dostupné na WWW: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=474141>.
- [8] NATH, G. C., SAMANTA, G. P. *Value at Risk: Concept and It's Implementation for Indian Banking System*. 2003. [Working paper No. 473522]. Rochester: Social Science Research Network. Dostupné na WWW: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=473522>.
- [9] PATRIA ONLINE. *Patria Online a.s.* 2012. [cit. 2012-06-06]. Dostupné na WWW: <<http://www.patria.cz>>.
- [10] ŠKAPA, S., MELUZÍN, T. Zhodnocení rizikovosti IPO indexů. *In Scientific Papers of the University of Pardubice. Series D*. 2011, roč. 17 (4/2011), s. 189-199. ISSN 1211-555X.
- [11] WENG, H., TRUECK, S. *Style Analysis and Value at Risk of Asia-Focused Hedge Funds*. 2009. [Working paper No. 1460189]. Rochester: Social Science Research Network. Dostupné na WWW: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1460189>.
- [12] WILDE, C., KIND, A. H. *Pricing Convertible Bonds with Monte Carlo Simulation*. 2005. [Working paper No. 676507]. Rochester: Social Science Research Network. Dostupné na WWW: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=676507>.

Kontaktní adresa

Ing. Mgr. Radim Gottwald

MENDELU v Brně, Provozně ekonomická fakulta, Ústav financí

Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

E-mail: radim.gottwald@mendelu.cz

Tel. číslo: 545132436

Received: 19.06.2012

Reviewed: 29.11.2012

Approved for publication: 23.01.2013