**Mail from:** martin.gal@efmbank.sk

**Subject:** Implementácia modelu Value at Risk

**Date:** 13-Apr-2017

Milé kolegyne a kolegovia,

dúfam, že Vaša aklimatizácia do nového zamestnania prebieha bez problémov a postupne sa Vám darí zoznámiť sa s tým, ako funguje EFM Bank „zvnútra“.

Ako som Vám už naznačil na úvodnom pohovore, Vaša prvá veľká úloha bude využiť Vaše poznatky z matfyzu a zapojiť sa do procesu hodnotenia prínosov a negatív implementácie vlastného modelu merania trhových rizík pomocou Value at Risk, ktorý bude koordinovať naša divízia. EFM Bank zvažuje, že by v prípade, ak sa podarí navrhnúť kvalitný model, ktorý by ideálne viedol k zníženiu, resp. k čo najlepšiemu zreálneniu požiadavky na vlastné zdroje na krytie trhových rizík, požiadala NBS o súhlas s využívaním tohto modelu pre výpočet primeranosti vlastných zdrojov na regulatórne účely. EFM Bank by tak prešla na výpočet uvedenej požiadavky na vlastné zdroje pomocou vlastného modelu v zmysle čl. 362 až čl. 369 Nariadenia EP a Rady č. 575/2013[[1]](#footnote-1) (ďalej len nariadenie).

V nadväznosti na tento zámer predstavenstvo banky na svojom zasadnutí dňa 28. marca 2017 rozhodlo o úlohe pripraviť podklady pre toto rozhodnutie.

Vaša úloha pozostáva z nasledujúcich okruhov:

1. Výpočet VaR s využitím parametrickej metódy (viacrozmerného GARCH modelu)
2. Spätné testovanie modelu VaR
3. Hodnotenie dopadu na požadovanú výšku vlastných zdrojov – porovnanie vlastného modelu a štandardizovaného prístupu.
4. Stresové testovanie

**Všeobecné zadanie a poznámky**

Rozhodnutie predstavenstva sa týka všetkých trhových rizík, ale Vašou konkrétnou úlohou je pripraviť podklad pre oblasť devízového rizika. Pre tento účel aplikujte vyššie uvedené úlohy na portfólio investícií do dvoch cudzích mien, ktoré je financované treťou cudzou menou. Rozpis konkrétnych mien nájdete [tu](http://www.iam.fmph.uniba.sk/institute/jurca/qrm/zoznam2017.xlsx). Výmenné kurzy pre jednotlivé meny stiahnite zo [stránky ECB](http://www.ecb.europa.eu/stats/exchange/eurofxref/html/index.en.html).

Predpokladajte, že do Meny 1 je investovaných 3 mil. EUR (dlhá pozícia), do Meny 2 je investovaných 7 mil. EUR (dlhá pozícia) a tieto investície v celkovom objeme 10 mil. EUR sú financované pasívami denominovanými v Mene 3 (krátka pozícia).

Úlohy 1 až 3 sú založené na výpočte VaR. VaR počítajte s pravdepodobnosťou 99% a časovým horizontom 1 pracovný deň. VaR vypočítajte pre každý pracovný deň dostatočne dlhého obdobia (ideálne aspoň 3-5 rokov). Výsledky spolu s dennými výnosmi portfólia vykreslite do jedného grafu interpretujte ich.

V každej z jednotlivých úloh detailne popíšte postup výpočtu tak, aby bola z popisu jasná postupnosť jednotlivých krokov. K výsledkom priložte funkčné podkladové súbory[[2]](#footnote-2), ktoré umožnia úplnú replikáciu všetkých výpočtov. Tieto súbory okomentujte, aby sa v nich dalo lepšie orientovať.

**Úloha 1: Výpočet VaR pomocou CCC-GARCH modelu**

V tejto úlohe predpokladajte, že relatívne zmeny jednotlivých výmenných kurzov (vektor týchto zmien označme ako *rt*) možno modelovať pomocou tzv. CCC-GARCH modelu (*constant conditional correlation, generalised autoregressive heteroskedasticity*),ktorého špecifikácia je nasledovná:



Tento model predpokladá, že volatility zmien všetkých troch výmenných kurzov sú modelované pomocou nezávislých jednorozmerných GARCH modelov, pričom korelačná matica je vypočítaná klasickou metódou z predchádzajúcich pozorovaní pomocou štandardizovaných rezíduí.

Value at Risk vypočítajte pomocou Monte Carlo simulácií, t.j. nasimulujte dostatočný počet scenárov z uvedeného podmieneného normálneho rozdelenia a vypočítajte príslušný kvantil z rozdelenia zmien celkového portfólia v jednotlivých scenárov.

Poznámka: Na základe skúseností z mojej doterajšej praxe Vám navrhujem, aby ste CCC-GARCH model postupne rekalibrovali: Ak napr. počítate VaR k 31.12.2015, použite model s parametrami odhadnutými za obdobie od začiatku časových radov až po 31.12.2015. Pri výpočte VaR k 31.12.2016 použite parametre odhadnuté za obdobie od začiatku až po 31.12.2016. Rekalibráciu nie je potrebné vykonávať na dennej báze, ale ukazuje sa, že istá rekalibrácia s nejakou rozumnou frekvenciou môže výrazne zlepšiť kvalitu modelu.

**Úloha 2: Spätné testovanie**

V rámci tejto úlohy otestujte metódu výpočtu VaR, ktorú ste implementovali, pomocou Kupiecovho a Christoffersenovho testu. Rozhodnite, či tieto testy model zamietajú alebo nie.

**Úloha 3: Výpočet požiadavky na vlastné zdroje**

V tretej úlohe vypočítajte pre implementovaný model VaR výšku požiadavky na vlastné zdroje krytia devízového rizika celého portfólia (jeho aktívnej aj pasívnej časti) podľa čl. 364 nariadenia. Dávam do pozornosti, že je potrebné urobiť prepočet 1-dňového VaR na 10-dňové (použite multiplikačný faktor vo výške druhej odmocniny z 10). Okrem toho je k výpočtu potrebné aj tzv. stresové VaR (čl. 365 (2)). Hoci uvedený text nariadenia neposkytuje jednoznačný algoritmus ako vypočítať stresové VaR v jednotlivých metódach, navrhujem pre tento výpočet využiť nejaké jednoročné obdobie, ktoré sa vyznačovalo vysokou mierou volatility príslušných výmenných kurzov. Ďalej navrhujem počítať obe hodnoty VaR (klasickú aj stresovú) pomocou rovnakej hodnoty multiplikatívneho faktora a využiť odmocninové pravidlo pre transformáciu 1-denného VaR na 10-denné.

Výpočet vykonajte pre každý deň v období aspoň dvoch rokov (vždy pre to isté portfólio). Túto výšku požiadavky na vlastné zdroje porovnajte s požiadavkou na vlastné zdroje vypočítanou podľa zjednodušeného prístupu, ktorý banka v súčasnosti používa. Požiadavka na vlastné zdroje podľa zjednodušeného prístupu sa nasledovne:

Čistá devízová pozícia v cudzích menách (čl. 352 ods. 1 nariadenia) sa vynásobení príslušným koeficientom (čl. 351 nariadenia) (pre účely výpočtu predpokladajte, že čistá devízová pozícia prevyšuje 2 % vlastných zdrojov banky).

**Úloha 4: Stresové testovanie**

V rámci tejto úlohy je potrebné implementovať stresové testovanie. Úloha pozostáva z vygenerovania stresového scenára pre všetky tri výmenné kurzy a jeho následnej aplikácii na uvedené portfólio. Pri generovaní stresového scenára využite metódu hlavných komponentov, pričom postupujte nasledovne:

* Vypočítajte komponentné váhy pre prvý hlavný komponent odhadnutý z časových radov troch výmenných kurzov a pomocou nich vypočítajte hodnoty samotného prvého hlavného komponentu.
* Z empirického distribučného rozdelenia prvého hlavného komponentu vypočítajte jeho 1%-ný a 99 %-ný kvantil.
* Spätnou transformáciou transformujte zmenu zodpovedajúcu týmto kvantilom do zmien samotných kurzov; pri tejto transformácii predpokladajte, že zmena zvyšných dvoch hlavných komponentov je nulová. Tým vygenerujete dva stresové scenáre.
* Pre oba stresové scenáre vypočítajte celkovú stratu portfólia a porovnajte ju s VaR (stačí pre jeden deň).

**Úloha 5: Netechnické zhrnutie pre manažment**

Na základe získaných výsledkov z uvedených troch úloh napíšte samostatné krátke, výstižné a  netechnické zhrnutie (max. 1 strana), ktoré bude obsahovať najdôležitejšie informácie určené priamo pre predstavenstvo banky. Toto zhrnutie by malo obsahovať základnú charakteristiku modelu VaR spolu s výsledkami spätného testovania a so stručným prehľadom jeho najvýznamnejších silných a slabých stránok. Popíšte dopad implementácie tohto modelu na výšku požiadavky na vlastné zdroje v porovnaní s aktuálne využívaným zjednodušeným prístupom. Navrhnite rozhodnutie, či je vhodné interný model v banke implementovať a toto rozhodnutie podporte argumentami.

Pri vypracovaní tohto zhrnutia si dajte záležať, pretože ide o jediný výstup z vašej práce, ktorý sa dostane až vrchným manažérom banky. Malo by preto ísť o samostatne funkčný dokument s veľmi jasným popisom problému navrhovaného riešenia, s čo najlepšou formuláciou a interpretáciou dôležitých výsledkov. V žiadnom prípade by to nemalo byť jednoduché a narýchlo spísané zopakovanie výsledkov.

**Záverečné poznámky**

Výstup z Vašej práce pošlite mailom na adresu palo.jurca@gmail.com. Tento výstup by mal obsahovať:

1. Podrobný dokument popisujúci jednotlivé metódy, výpočty a výsledky
2. Funkčný okomentovaný zdrojový kód programu, umožňujúci úplnú replikáciu všetkých výpočtov
3. Netechnické zhrnutie pre manažment

Na uvedenú e-mailovú adresu môžete zasielať aj akékoľvek dodatočné otázky v súvislosti s uvedenými úlohami. Keďže manažment banky plánujte prijať rozhodnutie o procese implementácie Value at Risk modelu v EFM Bank v krátkom časovom horizonte, je potrebné, aby ste požadované výstupy odoslali najneskôr do 28. mája 2017.

Prosím pristupujte k týmto úlohám zodpovedne, keďže ich výsledky budú použité ako jeden z podkladov na kľúčové rozhodnutie predstavenstva banky o implementácii prístupu vlastného modelu, ako aj o Vašom ďalšom pôsobení v banke po uplynutí skúšobnej lehoty.

S pozdravom,

Dr. Martin Gál

Výkonný riaditeľ divízie riadenia trhového rizika

EFM Bank, a.s.

Itôová 1

811 01 Bratislava

1. Nariadenie (EU) 575/2013 Európskeho parlamentu a Rady 26. júna 2013 o prudenciálnych požiadavkách na úverové inštitúcie a investičné spoločnosti a o zmene nariadenia (EÚ) č. 648/2012. [LINK](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:176:0001:0337:SK:PDF) [↑](#footnote-ref-1)
2. Výpočty môžete implementovať v niektorom z nasledujúcich programov: R, Matlab, Mathematica, EViews (implementácia pomocou programu) alebo Octave. Výpočty (alebo ich časť) je možné implementovať aj v Exceli, ale implementácia v niektorom z vyššie uvedených softvérov je preferovaná. Ak chcete použiť iný program, prediskutujte to prosím vopred. [↑](#footnote-ref-2)