

Methods of calculating capital requirements in life insurance

Metódy výpočtu kapitálovej požiadavky v životnom poistení¹

Kristína Majerníková²

Abstract

The paper is concerned with the capital solvency requirements of life insurance companies and various methods for their calculation: using a standard formula and using chosen methods for creating internal models. The paper contains concise descriptions of the following methods: replication portfolio, curve fitting and least squares Monte Carlo, together with specifications of their advantages and disadvantages.

Key words

Standard formula, Covariance matrix, Replicating portfolios, Curve fitting, Least squares Monte Carlo

JEL Classification: G22 - Insurance; Insurance Companies

1. Úvod

Projekt Solventnosť II so sebou do poistného sektora prináša okrem iného aj nový pohľad na ohodnocovanie rizík a požiadavky na komplexnejší, ale zároveň komplikovanejší výpočet kapitálovej požiadavky solventnosti. Je dôležité, aby sa k rizikám nepristupovalo iba ako k ohraničeným oblastiam, ale aby sa ohodnocovali cez komplexný proces, ktorý bude poskytovať ucelený pohľad na jednotlivé riziká ovplyvňujúce činnosť poisťovne a možné dopady zlých odhadov na jej finančnú situáciu. Solventnosť II dáva poisťovniam možnosť pri výpočte kapitálovej požiadavky využiť štandardný vzorec alebo vytvoriť si vlastný interný model, pretože každá poisťovňa môže byť vystavená špecifickým rizikám vzhľadom na svoje portfólio.

V príspevku si priblížime niektoré metódy využiteľné na tvorbu interných modelov: metóda replikačného portfólia, vyrovnávajúcej krivky a Least squares Monte Carlo. Niektoré metódy sa už úspešne používajú vo finančnom sektore, avšak nie každá metóda aplikovateľná na ohodnocovanie finančných rizík je vhodná aj pre netrhové riziká vyskytujúce sa v poisťovníctve. Z toho dôvodu v príspevku uvedieme dôležité výhody a nevýhody jednotlivých metód.

¹ Tento príspevok vznikol v rámci výskumného projektu VEGA č. 1/0813/11 Aktuársky a ekonomický dopad zavedenia Solventnosti II v životnom poistení.

² Ing. Kristína Majerníková, Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, Slovensko, e-mail: majernikova.euba@gmail.com.

2. Solventnosť II a kapitálová požiadavka

Projekt Solventnosť II má za cieľ zaviesť harmonizovaný rizikovo-orientovaný režim regulácie a dohľadu vo všetkých členských krajinách Európskej únie. Hlavným cieľom Solventnosti II je teda zvýšená ochrana poisťníkov, vyššia transparentnosť, zrovnateľnosť a ucelenosť metodológie, ktorá zohľadňuje riziká poisťovne.

Tento projekt sa rovnako ako Basel II zakladá na troch pilieroch: kvantitatívnych požiadavkách; kvalitatívnych požiadavkách; metódach dohľadu, zverejňovaní a výkazníctve. V tomto článku sa budeme venovať prvému pilieru a to konkrétne výpočtu kapitálovej požiadavky solventnosti (v ďalšom texte bude používané označenie *SCR*³).

SCR je vlastne ekonomický kapitál potrebný na pokrytie najhoršieho scenára pri danej pravdepodobnosti. Ekonomický kapitál je minimálna kapitálová rezerva potrebná na pokrytie všetkých neočakávaných strát, ktoré môžu byť spôsobené rôznymi rizikami, ktorým sú poisťovne vystavené v určitom období a pri danom intervale spoľahlivosti.

Výška kapitálovej požiadavky v poisťovníctve je v Solventnosti II odvodená tak, aby kryla riziká aktív aj pasív. Odvádza sa teda od celkového rizikového profilu poisťovne.

3. Metódy výpočtu kapitálovej požiadavky

Výšku kapitálovej požiadavky môžeme počítat pomocou štandardného vzorca alebo interného modelu (čiastočne alebo úplne), ak lepšie odráža rizikový profil spoločnosti. V prípade, že si poisťovňa zvolí interný model, musí požiadať o jeho schválenie.

Podľa [3] článku 122 v direktíve Solventnosť II, poisťovne, ktoré použijú interné modely, majú povinnosť počítat ich kapitálové požiadavky solventnosti cez úplnú prognózu rozdelenia pravdepodobnosti: „Ak je to možné, poisťovne a zaistovne odvodí kapitálovú požiadavku solventnosti priamo z prognózy rozdelenia pravdepodobnosti vytváranej interným modelom týchto podnikov, pomocou Value-at-Risk miery stanovenej v článku 101 (3).“

Teda Solventnosť II navrhuje poisťovniam použiť pre odhad kapitálu jednoročnú 99,5 %-nú VaR⁴ hodnotu čistých aktív. V ideálnom prípade by hodnota čistých aktív mala vyplývať z celkového rozdelenia pravdepodobnosti.

Obdobie jedného roka

Najskôr si zadefinujeme obdobie jedného roka. Teoreticky je jednoročný VaR kapitál suma peňazí potrebná dnes na to, aby sa dodržala solventnosť počas doby jedného roka, ak berieme do úvahy udalosti, ktoré môžu počas tohto obdobia nastať: naše záväzky sa zredukujú, peňažné toky našich aktív a pasív budú mať vstupné a výstupné finančné toky, nastanú zmeny v zložení, ekonomické premenné na trhu budú ovplyvnené celoročným trhovým rizikom a predpokladanými neekonomickými rizikami, ako napr. úmrtnosťou, ktorá sa bude počas tohto obdobia vyvíjať. Tento prístup oceňovania pasív v čase 1 uvedený v [5], budeme označovať ako T1.

Avšak vzhľadom na zložitosť rolling forward⁵ (metódy projektujúcej ďalšie obdobia z predchádzajúceho obdobia) interných modelov pre jednoročný časový rámec, mnohé poisťovne preferujú použitie prístupu „pasíva v čase nula“, t. j. „pasíva v T0“.

³ Z angl.: Solvency Capital Requirement

⁴ Z angl.: Value-at-Risk – „miera rizika“ – je miera maximálnej novej straty hodnoty portfólia finančných nástrojov, s určitou pravdepodobnosťou za vopred stanovený čas.

⁵ Rolling forward - v účtovníctve, je systematické vytváranie novej bilancie účtovných období za použitia údajov z predchádzajúceho účtovného obdobia. Pre bližšie informácie pozri napr.:

<http://www.ventureline.com/accounting-glossary/R/roll-forward-definition/>

Stresové testovanie

Je dôležité, aby sa súčasťou kontrolného a riadiaceho systému stalo stresové testovanie, pretože upozorňuje manažment na nežiaduce dopady spôsobené vplyvom rôznych rizikových faktorov.

Cieľom stresového testovania je vyhodnotiť odolnosť poisťného sektora na málo pravdepodobné, no stále možné negatívne makroekonomické a živelné scenáre. Stresový test je podľa [1] technika riadenia rizík používaná pri vyhodnotení potenciálneho vplyvu konkrétnej udalosti na finančnú situáciu inštitúcií a / alebo pohybu v súbore finančných premenných.

Stresové testovanie je zaužívaný nástroj, pomocou ktorého sa dopĺňajú informácie o citlivosti na jednotlivé typy rizík, ako aj o rizikovom profile, resp. o možnom vývoji rizík. Stresové scenáre sú teda len teoretické, pričom v danom období nehovoria o predikcii vývoja na finančných trhoch, vývoja hospodárstva alebo správania obyvateľstva.

Stresové testovanie a vytváranie scenárov sa využíva na posúdenie:

- primeranosti kapitálových požiadaviek,
- vhodnosti pridelenia limitov pre aktíva,
- vplyvu na finančnú situáciu spoločnosti,
- finančnej sily poisťovne za nepriaznivých okolností, napr. pri významnom posune na akciových trhoch, stornovosti či dlhovekosti.

Záťažové testy môžu tiež podporovať rozvoj dlhodobých obchodných plánov modelovaním dopadu zmien na úroveň rizika, ktorým je poisťovateľ vystavený a jeho dôsledky pre riadenie rizík.

Stresové testy sú nariadené orgánom dohľadu v Solventnosti II (v QIS5) a sú súčasťou štandardného modelu, zatiaľ čo tie, ktoré si zadefinovala poisťovňa a navrhla tak, aby odrážali jej rizikový profil, sú súčasťou interného modelu. Ak interný model nezahŕňa všetky riziká zachytené v štandardnom vzorci, je poisťovňa povinná vykonávať osobitné záťažové testy pre tieto riziká a brať ich do úvahy pri výpočte kapitálových požiadaviek. Pre každý scenár musí poisťovňa tiež posúdiť jeho očakávaný vplyv na kapitál vrátane všetkých ďalších nápravných alebo zmierňujúcich opatrení.

3.1 Štandardný vzorec na výpočet kapitálovej požiadavky solventnosti

SCR vypočítame ako súčet základnej kapitálovej požiadavky *BSCR*, kapitálovej požiadavky pre operačné riziko SCR_{op} a úpravy zohľadňujúcej kapacitu technických rezerv absorbovať stratu *Adj* pozri obrázok 1 druhý riadok. V treťom riadku obrázka sú zobrazené moduly kapitálovej požiadavky solventnosti a následne pre každý modul sú zakreslené všetky podmoduly.

Pri výpočte *BSCR* je použitý princíp agregácie, kde sa agregujú kapitálové požiadavky v prvom rade pre podmoduly a následne pre šesť modulov. Pričom každý modul aj podmodul je počítaný pomocou korelácií medzi jednotlivými rizikami, ktoré sú uvedené v korelačnej matici v Solventnosti II (v QIS5 [4] a v [2]).

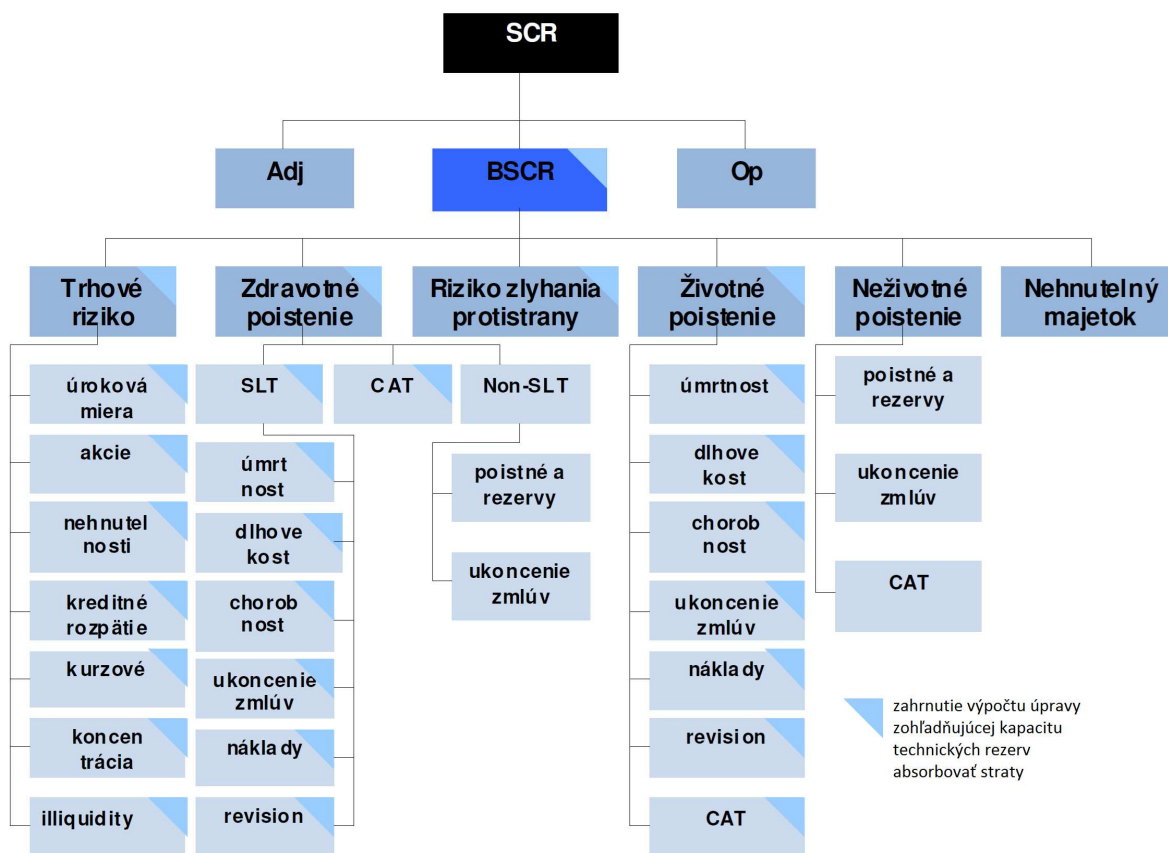
Tento spôsob výpočtu je založený na základnej proxy metóde, t. j. metóde kovariančnej matice (covariance matrix). Tá je z dôvodu jednoduchosti výpočtov založená na dvoch predpokladoch:

- ❖ viacrozmerné normálne rozdelenie rizikových faktorov,
- ❖ straty sú lineárne závislé na rizikových faktoroch.

Táto metóda však práve z dôvodu stanovených predpokladov nie je veľmi spoľahlivá, pri výpočtoch dochádza k veľkým chybám v aproximácii a zároveň má veľké nedostatky pri

výpočte netrhových rizík, a teda nedáva príliš presné výsledky kapitálovej požiadavky pre životné poisťovne.

Obrázok 1: Rozloženie modulov a podmodulov kapitálovej požiadavky solventnosti



3.2 Metódy tvorby interných modelov

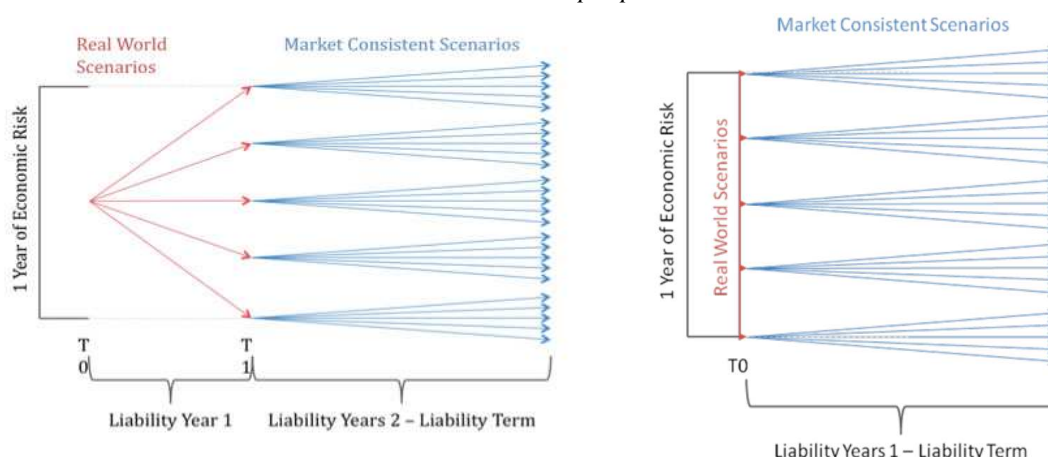
V teórii i praxi je viacero metód pre výpočet hodnoty VaR a následne kapitálu, napr. historická simulácia, parametrické metódy, Monte Carlo simulácie. V interných modeloch založených na vnorenom stochastickom procese využijeme na výpočet kapitálu Monte Carlo⁶ simulácie.

3.2.1 Vnorený stochastický proces

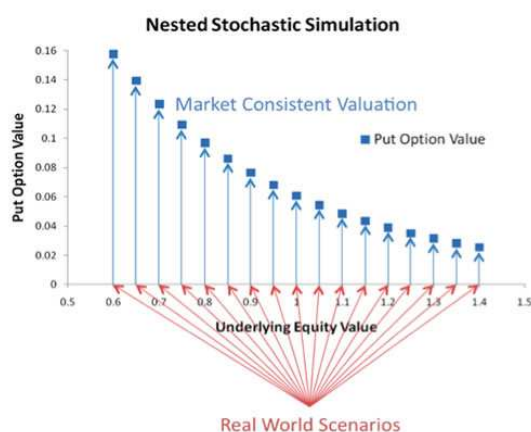
Jednou z najpresnejších metód výpočtu kapitálu je vnorený stochastický proces (Nested stochastic) [7], teda úplná simulácia skutočných scenárov (z reálnych údajov z anglického real – world scenarios) a trhovo konzistentných scenárov (market – consistent scenarios), ktorých sú v tejto metóde tisíce. Reálne svetové scenáre alebo inak nazývané aj vonkajšie scenáre popisujú naše spúšťače rizika (risk drivers) v jednom roku. Trhovo konzistentné, inak nazývané aj vnútorné scenáre, počítajú hodnotu našich záväzkov v týchto stavoch.

⁶ Metóda Monte Carlo používa k výpočtu VaR veľké množstvo simulácií vývoja portfólia. Na základe matematicko-štatistických modelov simulujeme náhodné procesy, ktorými sa riadi vývoj jednotlivých nástrojov vytvárajúcich portfólio.

Obrázok 2: Vnorená stochastická simulácia pre pasíva v čase T_1 a T_0



Obrázok 3: Vnorená stochastická simulácia predajnej opcie



Ako sme už vyššie spomenuli predpokladom tejto metódy je použitie Monte Carlo simulácií, na odhad začiatočných hodnôt vnútorných scenárov v každom z možných vonkajších scenárov a ALM modelu na generovanie vonkajších vhodných scenárov, inštalácia funkcie pasív, výpočet prognózy rozdelenia pravdepodobnosti a validácia výsledku.

Z obrázku 2 na ľavej strane vidíme, že vo vnorenom stochastickom prístupe používame veľké množstvo vonkajších scenárov, v praxi sú to aj tisíce simulácií vývoja ekonomiky počas jedného roka a následne pre každý z nich na konci roka spustenie tisícov trhovo konzistentných simulácií na ohodnotenie našich záväzkov a čistých aktív. Na pravej strane obrázok taktiež reprezentuje vnorený stochastický prístup avšak v čase T_0 . Na obrázku 3 vidíme výsledné hodnoty Monte Carlo simulácií vnútorných scenárov predajnej opcie (put option) pre jediné riziko hodnoty vlastného majetku.

Spustenie jedného trhovo konzistentného scenára, a teda nájdenie hodnoty našich záväzkov dnes, môže trvať hodiny, čo znamená, že spustenie modelu pre každý skutočný scenár by bolo veľmi časovo náročné. Tento problém je možné riešiť niekoľkými aproximáciami.

V ďalšej časti si stručne popíšme tieto proxy metódy:

- replikačné portfóliá,
 - vyrovnávanie krivkou,
 - Monte Carlo technika s použitím metódy najmenších štvorcov,
- vysvetlíme výhody a nevýhody jednotlivých metód a následne ich porovnáme.

3.2.2 Replikačné portfólio

Metóda replikačných portfólií⁷ (z anglického Replicating portfolios v ďalšom texte už iba RP) je v poisťovniach často preferovaná, avšak medzi niektorými poisťovateľmi, regulátormi, konzultantmi a analytikmi je podozrenie ohľadom poisťovní – matematických techník potrebných na vytvorenie a použitie RP.

RP je proxy portfólio skladajúce sa zo štandardných kapitálovo-trhových produktov, ktoré napodobňujú scenárovo-závislé peňažné toky záväzkov poisťovní. Je určený cez široký výber kalibračných scenárov podľa optimalizačných techník. Pretože RP sa skladá z kapitálovo-trhových produktov, ohodnotenie pasív je v súlade s ohodnotením strany aktív súvahy. Teda RP vo výpočte kapitálu môžeme použiť ako náhradu za hodnotu záväzkov vtedy, ak vieme nájsť portfólio aktív, ktoré kopíruje naše peňažné toky záväzkov veľmi tesne v súlade s možným budúcim vývojom vo svete. Tieto aktíva môžu obsahovať reálne aktíva na trhu, imaginárne aktíva, jednoduché pasíva alebo nejakú matematickú funkciu.

RP sa stáva dôležitou metódou pre mnohé poisťovne, a to z toho dôvodu, že umožňuje poisťovniam vytvoriť integrovaný pohľad aktív a pasív, ktoré môžu byť použité na podrobnú analýzu rizík riadenia aktív a pasív (ALM).

Veľká výhoda RP spočíva v rýchlosti prepočtu efektu na finančných trhoch. Avšak RP ako reprezentácia poisťovních záväzkov výrazne zvyšuje čas výpočtu pre odhad vplyvu ekonomických zmien na hodnotu portfólia záväzkov.

Charakteristickou vlastnosťou našich súborov záväzkov (liability books) je súčasná závislosť na trhovách aj netrhových rizikách. Tento problém si vysvetlíme na jednoduchom príklade dôchodkov. Zmluvy daného produktu sú ovplyvňované úrokovou mierou a rizikom dlhovekosti. Ak úrokové miery poklesnú, môžeme dosiahnuť stratu, ak vlastnime aktíva kratšej doby trvania ako naše záväzky. Taktiež budeme mať stratu aj ak sa poisťenci dožijú vyššieho veku ako sme predpokladali, pretože budeme nútení vyplatiť viac poisťovních plnení počas dlhšej doby. Ale keď obe zmeny nastanú v rovnakom čase, stratíme viac ako iba súčet jednotlivých strát, pretože pri predlžujúcej sa dĺžke života očakávame, že sa zvýši dĺžka trvania našich záväzkov a taktiež senzitivita na zmeny úrokovej miery.

Mohli by sme replikovať senzitivitu úrokovej miery relatívne ľahko s replikačným portfóliom urobeným z pevne úročených aktív, ale nie je možné zachytiť citlivosť dlhovekosti alebo spoločnú závislosť pri použití trhového kapitálu alebo dokonca exotických finančných nástrojov.

Tieto typy rizík: miera úmrtnosti, dlhovekosť, miera lapsovosti, rozhodnutia poisťovne, sú dôvodom takmer všetkých problémov v poisťovních výpočtoch. Sú aj uznané v Solventnosti II ako nevyhnutné rizikové faktory na stresovanie a môžu mať veľký vplyv po spojení s finančnými rizikami.

Z vyššie uvedeného zásadného problému vyplýva, že agregáciu netrhových rizík, by bolo lepšie dosiahnuť použitím tradičnejšej metódy korelačnej matice alebo iných pokročilejších metód.

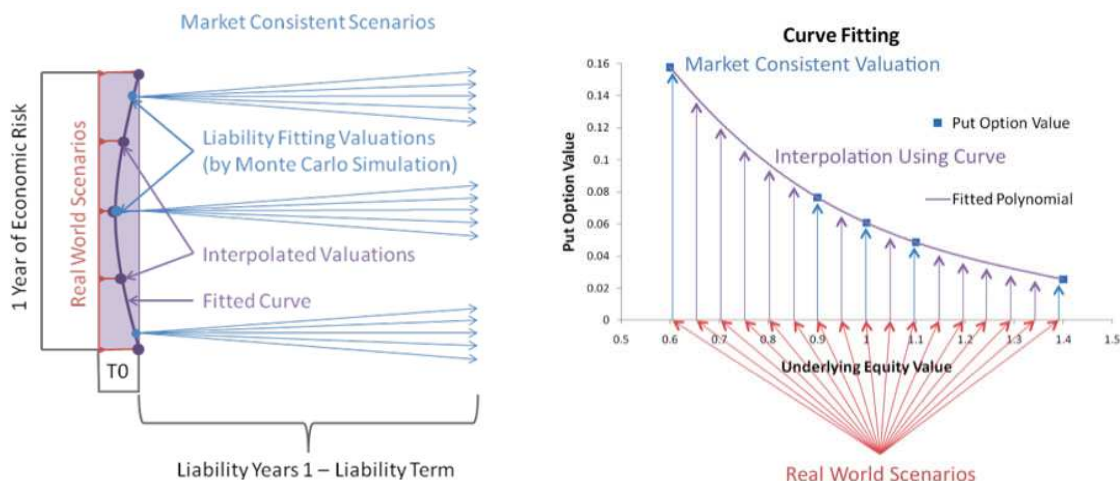
3.2.3 Metóda vyrovnávania krivkou

Medzi zložitejšie proxy metódy patrí vyrovnávanie krivkou (Curve fitting). Táto metóda sa podobá úplnému vnorenému stochastickému procesu, pričom jej hlavnou úlohou je urýchliť výpočet za použitia interpolácie. Zjednodušenie, ktoré nám môže ušetriť čas, je podľa [8] aproximácia hodnoty záväzkov len v niektorých dôležitých bodoch a medzi nimi potom interpolácia za použitia vzorca. Aby sme to mohli uskutočniť, podrobíme naše ekonomické spúšťače rizika niekoľkým okamžitým stresom a vyhodnotíme naše záväzky pre každý tento

⁷ Spracované podľa [6], [10], [11]

stres. Stresy vyberáme tak, že pokrývajú rozsah rizík, ktoré nás zaujímajú. Potom prispôbíme viacrozmerný vzorec tak, aby išiel cez body, ktoré sme vypočítali. Tento vzorec môže byť lineárna interpolácia po častiach, štandardný polynóm alebo zložitejší vzorec. Potom vynecháme všetky naše stresové body a predpokladáme, že naša vyrovnávajúca krivka reprezentuje pravú funkciu záväzkov, ako je to ukázané na obrázku 4: na ľavej strane všeobecne v čase T_0 , na pravej strane pre predajnú opciu v čase T_1 .

Obrázok 4: Simulácie pre metódu vyrovnávania krivkou



Výhodou tejto metódy oproti kovariančnej matici je, že môžeme použiť veľkú skupinu skutočných Monte Carlo scenárov k popisu ekonomických a iných rizík, ktorým čelíme počas roka, radšej než použiť obmedzený súbor rozdelení. Zároveň bude robiť presnejšie aproximácie záväzkov ako pri predpoklade linearity.

Ak však zvolíme príliš veľký počet spúšťačov rizika, čo je väčšinou aj potrebné pre získanie spoľahlivého dobrého vyrovnania, táto metóda môže byť takisto veľmi pomalá, takmer ako úplný vnorený stochastický proces.

Ďalšie nevýhody podľa [8]:

Výber bodov: je ťažké vytvoriť empirické pravidlo, ktoré by aj v priebehu času vybralo správne body pre našu aproximačnú krivku (a to z dôvodu výberu počtu a sily záťaže v každom spúšťači rizika). Použitie rôznych stresov, ktorých výber je ovplyvnený charakterom našich záväzkov, ktoré sa menia v priebehu času s úrokovou mierou, likviditou našich záruk, vývojom našich uzavretých zmlúv a predajom nových kontraktov, môže viesť k odlišným odhadom kapitálu.

Modelovanie prvého roku: pretože modelovanie záväzkov pre rok je zložité z dôvodu rolling forward, predpokladáme, že zmeny rizík sú na pasíva aplikované okamžite v T_0 . To je však veľkým nedostatkom tejto metódy. Pre niektoré riziká, ako napr. rozhodnutia manažmentu či dynamické zaistenie na kontrolu našich rizík a iné, je dôležitý ich vývoj počas celého roka pri stanovení nášho kapitálu.

Vyrovnávajúca funkcia (fitting function): voľba funkcie urobí taktiež rozdiel v našich výsledkoch. Najjednoduchšou voľbou, avšak nie vždy najlepšou, je štandardný polynóm. Použitie splajnovej funkcie, iných funkčných vzťahov alebo regresnej techniky je často lepšou voľbou.

Odhad chyby: kombinácia výberovej chyby, určenia funkčných vzťahov a neistoty pri výbere vhodných bodov nám sťažuje odhad veľkosti potenciálnej chyby pri výpočte kapitálu.

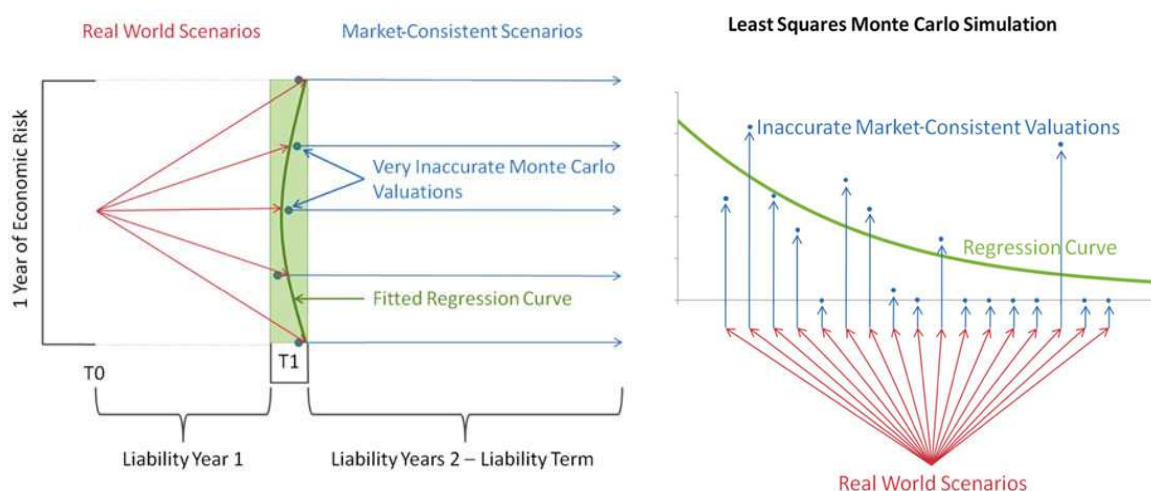
3.2.4 Least squares Monte Carlo

Least squares Monte Carlo by sme mohli preložiť ako Monte Carlo technika s použitím metódy najmenších štvorcov, ale pre jednoduchosť budeme túto metódu v ďalšom texte označovať LSMC.

LSMC je založené na podobnej myšlienke ako metóda vyrovnávania krivkou ale využíva inú aproximačnú metódu. Informácie o tejto metóde boli čerpané z [9].

LSMC nám podobne ako vnorený stochastický proces dovoľuje použiť tisíce skutočných simulácií pre jeden rok. Avšak namiesto spustenia tisícov trhovo konzistentných scenárov pre odhad našich záväzkov, použijeme len veľmi malé množstvo (často iba jeden, či dva) vnútorných scenárov, ako je vidieť na obrázku 5 na ľavej strane. Hodnota takto vypočítaných záväzkov v čase 1 pre každý vonkajší scenár, zrejme nie je presná. Tento problém je však vyriešený použitím regresie tisícov týchto nepresných hodnôt (odtiaľ názov least squares). Regresná krivka je potom použitá namiesto nepresných hodnôt na aproximáciu záväzkov, čo je zobrazené na oboch častiach obrázku 5, pričom na pravej časti pre predajnú opciu.

Obrázok 5: Simulácie pre metódu vyrovnávania krivkou



Hlavné výhody LSMC metódy podľa [9]:

Modelovanie prvého roku: môžeme dobre modelovať pre T1 aj T0.

Výpočet štandardnej chyby: Použitie LSMC nám umožňuje odhadnúť štandardnú chybu nášho SCR – môžeme odhadnúť, aký veľký potenciál náhodnej chyby môžeme mať v našich výpočtoch a koľko scenárov je potrebných na dosiahnutie požadovanej úrovne presnosti.

V prípade aproximačnej krivky výpočet štandardnej chyby je omnoho zložitejší - aj keď je možné vypočítať štandardné chyby umiestnenia hodnôt, nikdy si nemôžeme byť istí, koľko chýb je spôsobených interpoláciou funkcie medzi vhodnými bodmi vo viacerých dimenziách.

Netrhové riziká: Môžeme ich zahrnúť do našej LSMC kalkulácie. Je to jednoduchý prípad pridania možných scenárov pre netrhové spúšťače rizika a ich spustenie prostredníctvom ALM modelu ako zvyčajne. Regresná funkcia bude následne vytvorená ako funkcia trhových a netrhových rizík.

Robustnosť: LSMC technika je robustná, pretože flexibilná regresná krivka zodpovedá väčšiemu množstvu scenárov. Ak by sme používali aproximačnú krivku mali by sme prehodnotiť počet a umiestnenie vhodných bodov, aby sme sa presvedčili, že bola zachovaná forma funkcie pasív a boli sme schopní interpolovať presne. Toto je náročný postup vyžadujúci väčšie množstvo procesov a vytvára riziko spomalenia a nepresností vo vykázovaní.

Rolling forward kalkulácie kapitálu: po vykazovaní môže vzniknúť potreba prepočtu kapitálových požiadaviek, vzhľadom na okamžitú a neočakávanú zmenu vo vývoji niektorého rizika. Po takejto zmene chceme obratom poznať vplyv na naše záväzky a výšku kapitálu. Namiesto opätovného vykonania kalkulácie by bolo jednoduchšie aplikovať pôvodné výpočty na nové podmienky (roll forward). S LSMC je to možné vykonať jednoducho, pretože vyberáme vhodné scenáre na pokrytie širokého spektra každého rizika a kvôli presnosti funkcie pre celý rozsah môžeme jednoducho aktualizovať našu pôvodnú pozíciu pre skutočné scenáre a opätovne použiť tú istú funkciu. Zároveň sa to dá vykonať aj veľmi rýchlo, pretože sa nevyžadujú nové ALM procesy.

Výpočet budúcich kapitálových požiadaviek: uskutočnenie regresie, aby sme dostali hodnotu funkcie pasív v čase jedna, môžeme vykonať v ktorýkoľvek nasledujúci rok. Výsledkom každoročnej regresie je funkcia pasív v každom z nasledujúcich rokov, a teda môžeme vykonať regresiu cez identické súbory vyrovnávajúcich bodov v rôznych obdobiach v budúcnosti.

Širšie uplatnenie: Pri viac ročných odhadoch je LSMC metódu možné uplatniť aj pri ďalších aktuárskych výpočtoch a rozhodnutiach ako napr.: zaistenie, oceňovanie, určenie manažérskych procesov a optimalizácia umiestnenia aktív.

3.2.5 Porovnanie proxy metód

V nasledujúcej tabuľke č. 1 uvádzame stručné porovnanie metódy replikačných portfólií, vyrovnávania krivkou a Least squares Monte Carlo na základe ich základnej charakteristiky, výhod a nevýhod.

Tabuľka 1: Porovnanie metódy replikačného portfólia, vyrovnávania krivkou a Least squares Monte Carlo

	RP	Vyrovňavanie krivkou	LSMC
Charakteristika	Je určené portfólio aktív, ktoré reaguje na rizikové faktory v podobnom tvare ako záväzky. (10 000 – 20 000 scenárov)	Presné ohodnotenie sa vykonáva pre najmenší počet vonkajších scenárov s väčším počtom vnútorných scenárov (možno 100 * 2 000). Funkcia je napasovaná na relatívne presné body týchto scenárov.	Môžeme použiť najväčší počet vonkajších scenárov (20 000 – 50 000) pre niekoľko vnútorných scenárov. Síce získame menej presné hodnoty, problém nepresnosti je však vyriešený regresiou.
Výhody	- výsledky pre trhové riziká je možné vysvetliť z hľadiska aktív - môže byť použitá na podrobnú analýzu rizík riadenia aktív a pasív.	- relatívne jednoduchá - môže obsahovať netrhové riziká	- modelovanie v T1 - rýchlosť - presnosť - flexibilita - najlepšie modeluje netrhové riziká
Nevýhody	- komplexná implementácia si vyžaduje veľkú mieru znalostí modelovania aktív - nie je použiteľná na meranie netrhových rizík	- modelovanie v T0 - je ťažké vybrať malý súbor vhodných scenárov, pri použití veľkého počtu je však metóda pomalá	

References

- [1] CEIOPS. *CEIOPS Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: SCR Standard Formula*. Január 2010.
- [2] CEIOPS. *CEIOPS Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Tests and Standards for Internal Model Approval*. Október 2009.
- [3] CEIOPS. *Stock-taking report on the use of Internal Models in Insurance*. Január 2009.
- [4] COMMISSION a EUROPEAN. *QIS5 Technical Specifications*. Júl 2010.
- [5] Koursaris, Adam. A Least Squares Monte Carlo approach to liability proxy modelling and capital calculation. *barrie+hibbert*. [Online] [Dátum: 16. Júl 2012.] <http://www.barrhibb.com>.
- [6] Koursaris, Adam. A primer in replicating portfolios. *barrie+hibbert*. [Online] [Dátum: 16. Júl 2012.] <http://www.barrhibb.com>.
- [7] Koursaris, Adam. Calculating the Solvency Capital Requirement. *barrie+hibbert*. [Online] [Dátum: 16. Júl 2012.] <http://www.barrhibb.com>.
- [8] Koursaris, Adam. Improving capital approximation using the curve-fitting approach. *barrie+hibbert*. [Online] [Dátum: 16. Júl 2012.] <http://www.barrhibb.com>.
- [9] Koursaris, Adam. The advantages of Least Squares Monte Carlo. *barrie+hibbert*. [Online] [Dátum: 16. Júl 2012.] <http://www.barrhibb.com>.
- [10] Koursaris, Adam. Using replicating portfolios to calculate capital. *barrie+hibbert*. [Online] [Dátum: 16. Júl 2012.] <http://www.barrhibb.com>.
- [11] Milliman. Replicating Portfolios, An Introduction: Analysis and Illustrations. *Milliman*. [Online] [Dátum: 15. Júl 2012.] <http://publications.milliman.com/research/life-rr/pdfs/replicating-portfolios-rr.pdf>.