

др Никола Радивојевић¹

Висока техничка школа струковних студија, Крагујевац

мр Драгана Милојковић

ЈКП Велика Плана

мсц Никола Ђурчић

Факултет за градитељски менаџмент, Универзитет Унион-Никола Тесла,
Београд

АПЛИКАТИВНОСТ НЕПАРАМЕТАРСКИХ МОДЕЛА ИСТОРИЈСКЕ СИМУЛАЦИЈЕ НА ТРЖИШТИМА У НАСТАЈЊУ

САЖЕТАК: Предмет истраживања у раду јесте анализа перформанси два најпопуларнија и с аспекта имплементације најатрактивнија непараметарска модела историјске симулације: стандардни модел историјске симулације и модел историјске симулације пондерисан временом. Тестирање је извршено на финансијским тржиштима пет балканских земаља (Србија, Хрватска, Црна Гора, Босна и Херцеговина и Македонија). Главни циљ рада јесте да се добије одговор на питање да ли непараметарски модели историјске симулације могу поуздано да се користе на тржиштима у настајању, каква су ова тржишта, у контексту задовољавања правила валидности интерних модела вредности при ризику, која су дефинисана правилама Базел II стандарда за утврђивање адекватности капитала. Методологија истраживања подразумева примену одговарајуће квантитативне анализе, те приступа експоненцијално опадајућих пондера, као и теста безусловног покрића. Резултати истраживања показују да се

¹ radivojevic034@gmail.com

HS500 и TWS500 са фактором опадања од 0,99 могу поуздано користити на тржиштима у настајању, упркос чињеници да су засновани на претпоставци ИИД која није компатибилна са карактеристикама ових тржишта.

Кључне речи: Вредност при ризику, историјска симулација, модел историјске симулације пондерисан временом, волатилност, тржишта у настајању

УВОД

Последњих двадесетак година у савременим финансијама развијени су бројни концепти за управљање и мерење финансијских ризика. Међу њима, свакако најпознатији и најчешће примењиван концепт јесте вредност при ризику (*Value at Risk* – VaR), који представља методолошки оквир за оцену степена изложености финансијском ризику учесника на финансијским тржиштима². У оквиру концепта развијени су бројни методи, али се међу њима својом популарношћу издвајају непараметарски модели VaR.

Непараметарски модели VaR спадају у моделе пуне валуације. За разлику од параметарских модела који оцену VaR врше на основу информација о иницијалној вредности портфолија и изложености тржишном ризику портфолија у одређеном тренутку, непараметарски модели процену VaR врше на основу временске серије емпиријских података. Ови модели почивају на уверењу да ће се уочени обрасци појављивања (понашања) волатилности и корелације у основним факторима тржишног ризика из недавне прошлости поновити у блиској будућности, те да се на основу тих података може предвидети тржишни ризик у блиској будућности. Отуда се дистрибуција приноса портфолија изводи на основу изабраног узорка временске серије историјских података о приносима основних фактора тржишног ризика. За разлику од параметарских модела VaR, код непараметарских модела нема претпоставке о аналитичкој форми дистрибуције приноса портфолија, нити о степену и смеру корелације између основних фактора тржишног ризика, који детерминишу текућу вредност портфолија. Уместо тога, претпоставља се само да је дистрибуција константна током периода узорковања, односно да изабрани узорак временске серије података може добро да опише карактеристике портфолија. Ово имплицира да се непараметарски модели VaR заснивају на

2 Stancic, P., et al., (2013), “Testing The Applicability Of The Brw Approach In The Emerging Stock Markets”, *Actual Problems Of Economics*, No. 6, June, pp. 480-486.

претпоставци стационарности дистрибуције приноса основних фактора тржишног ризика.

Прихватање ове претпоставке има низ значајних импликација, како у погледу једноставности имплементације, тако и у погледу поузданости процене. Уколико је ова претпоставка испуњена, процена ВаР се своди на једноставно утврђивање вредности n -тог члана уређеног низа података о приносима портфолија који кореспондира са изабраним нивоом поверења. Ако ова претпоставка није испуњена, онда приноси неће бити идентично и независно дистрибуирани (ИИД). Тако да ће се дистрибуција приноса разликовати у односу на дистрибуцију на основу које је изведена. У реалности валидност ове претпоставке је дискутабилна јер анализе временских серија података показују да волатилности са финансијских тржишта нису константе. Ово је нарочито карактеристично за тржишта у настајању. Бројна емпиријска истраживања показују да велике промене теже да следе велике, а мале да следе мале промене.³ У оваквим околностима претпоставка стационарности, односно претпоставка о идентично и независно дистрибуираним приносима је неадекватна и лимитира апликативност модела који се заснивају на њој. Прецизније, ова некомпатибилност доводи до тога да непараметарски модели ВаР подцењују/прецењују стварни ниво тржишног ризика на тржиштима у настајању. Отуда циљ овог рада јесте да се испита апликативност, у контексту задовољавања правила валидности модела Базел II стандарда, два најпознатија и с аспекта имплементације најпривлачнија непараметарска модела историјске симулације: стандардни модел историјске симулације (HS) и модел историјске симулације пондерисан временом (TWSH).

Будући да су ови модели развијени на претпоставци стационарности, добијени резултати могу бити корисни, како академској, тако и стучној јавности у контексту ефикасне примене непараметарских ВаР модела. Посебно имајући у виду чињеницу да до сада нема радова који су били посвећени тестирању TWSH модела на овим тржиштима.

Рад је организован на следећи начин: Први део рада је уводног карактера. У другом делу рада представљене су и анализиране теоријске основе стандардног модела историјске симулације и модела историјске симулације пондерисаног временом. У трећем делу рада представљени су подаци и методологија која је коришћена у раду. У четвртном делу су представљени,

3 Stancic, P., et al., (2013), "Testing The Applicability Of The Brw Approach In The Emerging Stock Markets", Actual Problems Of Economics, No. 6, June, pp. 480-486.

анализирани и дискутовани резултати истраживања. У петом делу рада сумирани су налази овог истраживања.

ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ; ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ HS И TWHNS МОДЕЛА

Стандардни модел историјске симулације (HS)

Стандардни модел историјске симулације представља најпознатији и с аспекта једноставности примене, најатрактивнији непараметарски модел ВаР за процену изложености тржишном ризику портфолија банака и других финансијских институција. Основна идеја на којој почива јесте да кретање основних фактора тржишног ризика у претходним периодима садржи све потребне информације за процену ВаР.⁴ У грађењу дистрибуције приноса портфолија се не полази од теоријске дистрибуције. Тиме је у потпуности избегнут проблем параметаризације. Уместо тога, уочава се историјско понашање основних фактора тржишног ризика током неколико протеклих дана/месеци/година, како би се на основу тих података утврдиле «хипотетичке» промене тржишне вредности портфолија.

Процена ВаР се своди на једноставно утврђивање вредности $(N+1)cl$ члана уређеног низа података о приносима портфолија. Уколико $(N+1)cl$ није целобројна вредност, примењује се правило интерполације између две суседне опсервације.

ВаР добијена применом стандардног модела историјске симулације може се исказати на следећи начин:⁵

$$VaR_{N=1|N}^{cl} \equiv r_w((N+1)cl) \quad (1)$$

4 Радивојевић, Н., ет ал., (2010), “Апликативност историјске симулације вредности при ризику на тржишту капитала Србије”, Индустрија, Економски институт, вол. 38, бр. 3, стр. 19-29.

5 Zikovic, S., (2007), “Testing Popular VaR Models in EU New Member and Candidate States”, Journal of Economics and Business, No. 25, p. 331.

при чему је $r_w((N+1)cl)$ преузет из уређеног низа приноса $\{r_w(1), r_w(2).. r_w(N)\}$.

Једина претпоставка коју треба начинити приликом употребе модела јесте да ће дистрибуција будућих приноса бити идентична дистрибуцији прошлих приноса. Отуда, употреба стандардног модела историјске симулације има смисла ако се очекује да ће блиска будућност бити слична недавној прошлости. Да би се ова претпоставка задовољила потребно је обезбедити довољан број релевантних података, што не представља ни мало лак задатак. Са једне стране, потребно је изабрати такав период узорковања који ће адекватно да репрезентује дистрибуцију будућих приноса портфолија, што је еквивалентно претпоставци да је дистрибуција приноса константна или бар приближна томе. Са друге стране, потребно је обезбедити довољан број података да би се добила статистички значајна процена квантила дистрибуције (VaP), што представља опасност од кршења претпоставке о константној дистрибуцији.

Поједини аутори истичу да је потребно обезбедити око 34 године месечних података. Употреба изузетно дугог периода опсервација података не само да повећава ризик од укључивања тржишних догађаја који нису релевантни за текуће волатилности кластера, чиме се ремети претпоставка модела, већ смањује вредност скоријих информација. На тај начин се појачава проблем адекватног кооптирања текуће волатилности. Отуда, у условима временски променљиве волатилности употреба стандардног модела историјске симулације јесте дискутабилна. Фингер (2006) истиче да када волатилности испољавају особину временске променљивости постоји лимит за колико историјски подаци могу бити релевантни за предвиђање волатилности.⁶ У таквој ситуацији укључивањем већег броја опсервација неће допринети унапређењу предвиђања. Зато, ефикасна употреба стандардног модела историјске симулације значи да је направљен ефикасан однос између дугог периода постарања, који потенцијално ремети претпоставку модела и кратког, који доводи до минимизирања статистичке значајности предвиђања модела.

Из претходно реченог се лако може закључити да валидност стандардног модела историјске симулације зависи од изабраног узорка података. Иако је избор података битан и код других модела, овде представља пресудну детерминанту валидности процене VaP. Разлог томе није само због претпоставке на којој модел почива, већ још више због

6 Finger, C., (2006), "Testing RiskMetrics volatility forecasts on emerging markets data", RiskMetrics Monitor, p. 6.

одсуства претпоставке о еволуцији фактора ризика. Импликације овога су очигледне: процена ВаР ће бити потцењена ако се кооптира сувише миран период волатилности, односно прецењена ако се кооптира период изузетне волатилности. Једини извор динамичности код стандардног модела историјске симулације потиче из примене приступа покретних прозора, што представља недовољан извор кондиционалности у пракси.⁷

Модел историјске симулације пондерисан временом (ТWHS)

Модел историјске симулације пондерисан временом комбинује методологију два приступа за процену ВаР, стандардни модел историјске симулације и приступ експоненцијалног усклађивања (*Exponential Smoothing Approach - EXP*), да би добио методологију лаку за имплементацију, која наслеђује многе предности сваког од ова два приступа.

EXP приступ примењује експоненцијално опадајуће пондере на прошле приносе, да би се израчунале кондиционалне волатилности. Употреба опадајућих пондера дозвољава да се кооптира циклично понашање волатилности приноса. Међутим, да би се израчунала ВаР портфолија из његове кондиционалне волатилности, мора се прихватити претпоставка кондиционалне (условне) нормалности. Оваква претпоставка је у супротности са финансијским подацима. Дебели репови и асиметричност су особине које су врло тешке за објашњавање у оквиру EXP приступа. Насупрот EXP приступу, стандардни модел историјске симулације не поставља претпоставку о теоријској дистрибуцији приноса, већ се она утврђује емпиријски, на основу прикупљених података. Дебели репови, асиметричност и друге карактеристике дистрибуције директно се објашњавају. Међутим, озбиљан недостатак стандардног модела историјске симулације јесте немогућност кооптирања временски променљиве волатилности. Проблем кооптирања текуће волатилности јесте скривен у самој процедури стандардног модела историјске симулације. У грађењу кондиционалне емпиријске дистрибуције стандардни модел историјске симулације сваком историјском симулираном приносу додељује исти поднер $1/N$. Тиме се прихвата да сваки принос без обзира на старост, током целог периода посматрања има исти утицај на процену ВаР. Приписивањем фиксних пондера губи се из вида да информативност историјских података,

7 Zikovic, S., Prohaska, Z., (2010), "Optimization of Decay Factor in Time Weighted (BRW) Simulation, Implications for VaR performance in Mediterranean Countries, *Ekonomiska istraživanja*, Vol. 23, No. 1, p. 76.

која се односи на кондиционалну дистрибуцију текућих приноса, опада кроз време и прихвата се да свака опсервација без обзира на старост, све док се налази у изабраном периоду, са истим интензитетом утиче на процене ВаР. Принос, који је само један дан старији од процене ВаР, имаће исти утицај на будућу процену ВаР као и принос са почетка изабраног периода посматрања, док само један дан старији принос неће имати никакав утицај на процену ВаР. Не постоји теоријско објашњење зашто би одређени принос током целог периода посматрања имао константан пондер $1/N$, који само један дан касније пада на нулу. Такође, не постоји објашњење зашто приноси са почетка периода посматрања имају исти утицај на процену ВаР као и најновији. Додатан проблем који се јавља код оваквог пондерисања је ефекат духа, о чему је већ било речи.

Према Притскеру (2001) овакав начин пондерисања јесте еквивалентан претпоставци да су историјски симулирани приноси идентично и независно дистрибуирани.⁸ Будући да приноси показују временски променљиву и цикличну волатилност, претпоставка која ће боље описати финансијску реалност јесте да ће приноси из ближе прошлости обезбедити бољу основу за предвиђање будућег ризика него они из даље прошлости. Уважавајући ово Боудук, Ричардсон и Вајтлов су развили модел историјске симулације пондерисан временом, који приносима различите старости додељује различите пондере. Скоријим приносима додељују се већи пондери, који експоненцијално опадају са протоком времена.

Имплементација модела је веома једноставна. Слична је имплементацији стандардног модела историјске симулације. Одвија се у два корака. Први корак подразумева да се сваком од најскоријих (k) приноса портфолија $r(N)$, $r(N-1)$, ..., $r(N-k+1)$ додели одговарајући пондер: $[(1-\lambda)/(1-\lambda^N)]$, $[(1-\lambda)/(1-\lambda^{N-1})]$, λ , ..., $[(1-\lambda)/(1-\lambda^N)] \lambda^{N-1}$, где је (λ) фактор опдања, а $[(1-\lambda)/(1-\lambda^N)]$ је константа, која обезбеђује да збир пондера буде један. Након што се приносима доделе одговарајући пондери, у наредном кораку се ВаР утврђује на основу емпиријске дистрибуције историјских пондерисаних приноса. Прецизније речено, апроксимација ВаР за изабрани ниво поверења се врши на основу емпиријске кумулативне дистрибуције временски пондерисаних приноса r_{t-1}, \dots, r_{t-N} .

Стандардни модел историјске симулације представља специјалан случај модела пондерисаног временом. Да би се разумела веза између стандардног модела историјске симулације и претпоставки на којима

8 Pritsker, M., (2001), "The Hidden Dangers of Historical Simulation", Board of Governors of the Federal Reserve System, p. 3.

почива модел пондерисан временом, потребно је оцену квантила изразити како је то предложио Жиковић (2010):

$$VaR_{t+1cl} = \sum_{j=r-N+1}^t r_j I\left(\sum_{i=1}^N f_i(\lambda; N) I(r_{t+1-i} \leq r_j) = cl\right) \quad (2)$$

при чему су

- $f_i(\lambda; N)$ - ponder koji se odnosi na принос (r_j)
 $I(\cdot)$ - индикатор функције

Када је $f_i(\lambda; N) = 1/N$ оцена квантила код модела пондерисаног временом је еквивалента оцени квантила код стандардног модела историјске симулације. Основна разлика између ова два модела јесте у спецификацији квантила. У случају стандардног модела историјске симулације сваком приносу се додељује исти пондер, док се код модела пондерисаног временом приносима додељују различити пондери у зависности од времена њиховог појављивања. Импликација овога је да ће у случају стандардног модела процена ВаР за изабрани ниво поверења (cl) да кореспондира са $N(1-cl)$ најмањим приносом из посматраног узорка (N), док у случају модела пондерисаног временом тачан број опсервације зависи од тога да ли су екстремни губици опсервирани у ближој или даљој прошлости.

Теоријски посматрано, иако се ради о незнатном унапређењу, комбиновањем стандардног модела историјске симулације са ЕХР приступом, омогућава да се реши проблем спорог прилагођавања историјске симулације на нове екстремне губитке. Разлог зашто се стандардни модел историјске симулације споро прилагођава на појаву екстремних приноса се налази у процедури једнаких пондера. Процена ВаР, за дати ниво поверења (cl), како је то већ истакнуто, кореспондираће са $N(1-cl)$ највећим губитком. Отуда, након појаве новог екстремног губитка, $N(1-cl)$ највећи губитак пре појаве новог екстремног губитка ће да постане $N(1-cl)-1$ највећи губитак. Уколико су ова два губитка блиска, с аспекта њихове магнитуде, појава екстремног губитка, који сада представља највећи губитак у узорку, неће имати већи утицај на процену ВаР. Захваљујући употреби експоненцијално опадајућих пондера, модел пондерисан временом би требало одмах да реагује на појаву новог екстремног губитака. Приписујући најновијој опсервацији пондер нешто већи 1% за фактор опадања од 0,99 и нешто већи од 3% за фактор опадања од 0,97 (ове вредности се узимају као стандарди за факторе опадања), под условом да је најновија опсервација уједно и највећи губитак у узорку, у оба случаја она аутоматски постаје

процена ВаР за ниво поверења од 99%.⁹Пошто се појава веома великих губитака одмах рефлектује на процену ВаР, то овај модел отклања један од значајних недостатака стандардног модела историјске симулације. Теоријски посматрано, предложено решење представља ефикасан однос између статистичке прецизности и адаптивности на недавне новости.

Питање које се овде намеће јесте у којој ће мери промене у процени ВаР да кореспондирају са стварним повећањем тржишног ризика, односно која је вероватноћа да ће се валидна текућа процена ВаР повећати сутра услед повећања тржишног ризика. Резултати истраживања аутора модела показују да је грешка у процени ВаР за 30% до 43% нижа него у случају примене ЕХР приступа. Односно да је за 14% нижа него у случају примене стандардног модела историјске симулације.¹⁰ Бројни аутори напомињу да у односу на постојеће приступе, побољшања остварена имплементирањем овог модела историјске симулације настају практично бесплатно, са становишта рачунарске комплексности, тешкоће програмирања и броја потребних података. Нажалост, бројне симулације и истраживања показују да се модел не понаша како се очекује на основу процедуре на којој почива. Ови закључци се односе на тржишта развијених земаља и тржишта у настајању азијских и латиноамеричких земаља. Тестирање апликативности ТWHS модела на тржиштима која су предмет истраживања у раду до сада нису спроведена, према сазнањима аутора.

ПОДАЦИ И МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

За тестирање валидности модела су коришћени дневни логаритамски приноси општих берзанских индекса тржишта у настајању балканских земаља. Тестирани индекси су *BIRS*, *MONEX20*, *MBI10*, *BELEXline* и *CROBEX*. Подаци су прикупљени са Блумберговог веб сајта за период од 02.02.2009. до 02.02.2012. године. Прикупљени подаци покривају период временски променљиве волатилности на тржишту ЕУ. Логаритамски приноси су генерисани на следећи начин:

9 Stancic, P., et al., (2013), "Testing The Applicability Of The Brw Approach In The Emerging Stock Markets", *Actual Problems Of Economics*, No. 6, June, pp. 480-486.

10 Boudoukh, J., Richardson M., Whitelaw F. R., (1998), "The Best of Both Worlds: A hybrid Approach to Calculating Value at Risk", *Risk*, Vol. 11, No 5, p. 66.

$$r_{i,t} = h \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (10)$$

при чему су:

- $P_{i,t}$ - логаритамски принос за дан (t)
- $P_{i,t}$ - вредност посматраног индекса на затварању за текући дан
- $P_{i,t-1}$ - вредност посматраног индекса на затварању претходног дана

Дневне процене ВаР су начињене за период од 02.02.2011. до 02.02.2012. године. Да би се обезбедио исти узорак за тестирање валидности модела за свако тржиште овај период је узет као период за тестирање валидности модела. Остатак опсервација, период од 02.02.2009. до 01.02.2011. године, употребљен је за добијање иницијалних процена ВаР.

Као репрезент стандардног модела историјске симулације, коришћен је HS500 модел. Процене ВаР пименом овог модела су утврђене као квантил емпиријске дистрибуције приноса. Тако је процена ВаР за дан 03.02.2011. године (први дан за који се вршила процена ризика) добијена применом првих 500 опсервација. За наредни дан, 04.02.2011. године, процена је добијена на тај начин што је из узорка искључена прва опсервација (податак о приносу на дан 02.02.2009. године), а у узорак је укључена 501. опсервација. На тај начин је добијена процена тржишног ризика за 05.02.2011. годину. Поступак је тако поновљен 253 пута. На тај начин су добијене 253 процене тржишног ризика.

Као репрезент модела историјске симулације пондерисаног временом у раду су коришћена два модела ТWHS500 са фактора опадања од 0,97 и ТWHS500 са фактора опадања 0,99. За утврђивање тачног износа ВаР код ова два модела је коришћена интерполација коју су предложили творци модела. ТWHS500 процене ВаР су начињене за факторе опадања од 0,97 и 0,99. Фактори опадања су изабрани имајући у виду прелиминарна истраживања Жиковића и Прохаске (2010) везана за утврђивање оптималног фактора опадања на тржиштима у настајању, као и чињеницу да су творци модела у својим истраживањима управо користили ове факторе опадања.

РЕЗУЛТАТИ ТЕСТИРАЊА ВАЛИДНОСТИ МОДЕЛА

У овом делу рада представљени су и анализирани резултати тестирања валидности модела. Модели су процењени у погледу тачности њихових процена ВаР током последњих 253 дана периода посматрања. Овај период је означен као период тестирања валидности модела. Сваки модел је тестиран на следећи начин: дневне процене ВаР, које су добијене за нивое поверења од 99%, поређене су са стварним кретањима приноса у периоду од 02.02.2011 до 02.02.2012. године. У случају када је стварни губитак био већи од процене ВаР начињене за тај дан, евидентирано је да се десило прекорачење. Затим је утврђен укупан број/процент прекорачења током периода тестирања валидности. Дужина прозора од 500 дана је изабрана имајући у виду истраживања Жиковића (2007). Са скраћењем дужине прозора, би се повећала кондиционалност, али и опасност од изостављања екстремних приноса, као и вероватноћа јављања ефекта „духа“. Поред тога, емпиријски оцењивач квалитета је конзистентан само када величина прозора тежи бесконачности, те у раду није разматрана могућност примене краћих прозора, нпр. од 50 или 100 дана.

Према Џориону (2007) модел јесте валидан уколико је број прекорачења једнак 1-ниво поверења. У овом случају, то значи да укупан број прекорачења, тј. дана када је стварни губитак био већи од процене ВаР начињене за тај дан, не сме да буде већи од 3. Другим речима, проценат прекорачења ВаР не сме да пређе 1% од укупног броја процена ВаР.

Број, односно проценат прекорачења ВаР током периода тестирања валидности модела од 02.02.2011 до 02.02.2012. године, посебно за сваки модел и за свако тржиште, су приказани у табели 1.

Табела 1 - Број/процент прекорачења

Индекси	HS500		TWS500 са фактором опадања од 0,99		TWS500 са фактором опадања од 0,97	
	Бр. прекорачења	%	Бр. прекорачења	%	Бр. прекорачења	%
BIRS	11	4,35	6	2,37	6	2,37
MONEX20	6	2,37	6	2,37	8	3,16
МБИ10	1	0,4	3	1,19	4	1,58
BELEXline	4	1,58	3	1,19	6	2,37
CROBEX	4	1,58	4	1,58	3	1,19

Извор – Аутори

На основу резултата приказаних у табели 1 може се закључити да је проценат прекорачења код сваког модела већи од теоријске вредности. Изузетак је само у случају HS500 у случају **тржишног индекса** МБИ10. Према Џорионовом критеријуму не може се закључити да ли ови моделе могу поуздано да се користе на тржиштма у настајању, као ни то који је од ова три модела постигао боље перформансе.

Како би се формално испитало да ли се тестирани модели могу сматрати валидним, неопходно је тестирати хипотезу да је проценат прекорачења једнак теоријској вредности, наспрам алтернативне хипотезе која гласи да се проценат прекорачења разликује од теоријске вредности. За ту сврху у раду коришћен је Купицеов тест безусловног покрића. Купицеов тест безусловног покрића представља најчешће коришћен модел за тестирање валидности модела ВаР. Валидност модела је тестирана за ниво значајности теста од 95%. Овај ниво значајности теста генерише јасне доказе о користи модела и имплицира да се модел одбаци само ако за то постоје снажни докази¹¹. Резултати Купицеовог теста безусловног покрића, за ниво поверења од 95%, дати су у табели 2.

11 Samanta, G.P. et al. (2010). "Measuring Market Risk – An Application of Value-at-risk to Select Government Bonds in India". Reserve Bank of India Occasional Papers, Vol. 31, No. 1, 2-32.

Табела 2. Резултати Купицевог теста безусловног

Индекси	HS500		TWSH500 са фактором опадања од 0,99		TWSH500 са фактором опадања 0,97	
	критична вред.	p-вред.	критична вред.	p-вред.	критична вред.	p-вред.
BIRS	14,9469	0,0001	3,3068	0,0690	3,3068	0,0690
MONEX20	3,3068	0,0690	3,3068	0,0690	7,2547	0,0071
MBI10	1,2251	0,2684	0,0724	0,7879	0,6872	0,4071
BELEXline	0,6872	0,4071	0,0724	0,7879	3,3068	0,0690
CROBEX	0,6872	0,4071	0,6872	0,4071	0,0724	0,7879

Извор – Аутори

Као што се може видети из табеле 2, за ниво поверења од 99%, Купицев тест безусловног покрића на свим тржиштима задовољио је само модел TWSH500 са фактором опадања од 0,99. Модел HS500 није задовољио Купицев тест у случају тржишног индекса BIRS, док модел TWSH500 са фактором опадања од 0,97 није задовољио тест безусловног покрића у случају тржишног индекса MONEX20. Овакви резултати су у супротности са емпиријским истраживањима споменутим у раду, по којима због присуства аутокорељације и хетероскедастичности у серијама приноса са тржишта у настајању непараметарски модели не могу поуздано да кооптирају тржишне ризике на овим тржиштима. Изненађујуће добре перформансе показао је модел HS500. Једно од објашњења за овај интересантан феномен може да буде то да су екстремни губици, који су се догодили пре или током периода тестирања валидности модела, утицали да процене VaP буду веома високе и на тај начин је остварено задовољавајуће безусловно покриће, без узимања у обзир стварног нивоа ризика. Друго, добре перформансе HS500 модела се могу приписати претпостављеној високој волатилности, која је последица другог периода посматрања (дужине прозора), те појави екстремних приноса током тог период посматрања. Са друге стране, добијени резултати везани за употребу модел TWSH500 упућују на закључак да је овај модел веома осетљив на избор фактора опадања. За висок фактор опадања (0,97), модел бележи слабе перформансе. Овако висок фактор опадања значи сувише брзо опадање значаја прошлих опсервација, чије се дејство снажно осећа због присуства значајне аутокорељације.

Добијени резултати су у складу са резултатима истраживања Радивојевића и сарадника (2010), који су истраживали апликативност HS модела на тржишту капитала Србије, уз напомену да закључке тог рада треба узети са резервом, јер како и сами аутори наводе, *backtesting* период је био исувише кратак, као и Терзића и сарадника (2013), који су такође испитивали апликативност HS на тржишту капитала Србије за различите нивое поверења и дужине прозора. Сличне резултате у погледу валидности HS модела изнели су Терзић и Милојевић (2013).

ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду резултате истраживања, може се извући закључак да се два најпознатија и најатрактивнија непараметарска модела историјске симулације могу поузано користити за процену тржишног ризика на тржиштима у настајању, каква су тржишта земаља бивше Југославије. Овакви резултати су у супротности са бројним емпиријским истраживањима која указују на да процене ВаР добијене применом ових модела не могу поуздано да се користе за управљање тржишним ризицима на тржиштима у настајању, али су у складу са резултатима истраживања домаћих аутора. Међутим, приликом прихватања овог закључка треба бити опрезан, пре свега, због ограничења самог Купицевог теста, као и добро познате чињенице да када нису задовољене елементарне претпоставке на којима су модел ВаР изграђени, процене ВаР неће бити валидне, и у најбољем случају могу да обезбеде само безусловно покриће. Купицев тест, иако је у складу са правилима Базелског комитета о валидности модела, даје само безусловну процену јер узима у обзир сва прекорачења током целог периода који се користи за процену валидности модела. У условима временски променљиве волатилност веома је значајна процена условне тачности модела, тј. употреба неког теста условног покрића. У раду није коришћен ни један такав тест, будући да је циљ рада био да се испита валидност модела у контексту задовољења правила валидности ВаР модела када се користе за утврђивање адекватности капитала и према правилима Базелског комитета.

Резултати истраживања такође указују на значај избора оптималног фактора опадања код TWSH модела ВаР. TWSH500 модел је за фактор опадања од 0,99 генерисао најбоље процене тржишног. За овај фактор опадања TWSH500 модел је прошао тест валидности на свим тестираним тржиштима. Међутим, за фактор опадања од 0,97 овај модел није прошао Купицев тест безусловног покрића на тржишту капитала Црне Горе

(MONEX20). На основу претходно реченог у вези са TWHС моделом, може се закључити да је овај модел ВаР веома осетљив на избор фактора опадања. Ово упућује на закључак да ад хок избор фактора опадања не може да буде у функцији утврђивања адекватности капитала, већ да је неопходан развој формалних процедура за избор оптималног фактора опадања.

Приликом прихватања закључака истраживања треба имати на уму чињеницу да поједина истраживања, која су апострофирана у раду, показују да постоји значајан обим грешке у процена ВаР када су модели историјске симулације подешен према захтевима Базел II стандарда. Такође, закључке у погледу валидности треба прихватити са опрезом јер је у тестирању валидности коришћен само тест безусловног покрића, као и чињеници да је фактор опадања у случају TWHС модела изабран у складу са упутствима аутора модела, те да није коришћена ниједна процедура за његову оптимизацију. Отуда, будућим истраживачима је остављен, пре свега, задатак да валидност модела испитају и применом тестова условног покрића, те применом *Defoure* процедуре.

SUMMARY

THE APPLICABILITY OF NONPARAMETRIC MODELS OF HISTORICAL SIMULATION IN THE EMERGING MARKETS

Subject of the paper is to analyze the performance of two the most popular nonparametric VaR models of Historical Simulation: standard model of Historical Simulation and Time Weighted Historical Simulation model. The testing was performed in the emerging financial markets of the Balkan countries. The main aim of the paper is to arrive at the answer to the question whether these VaR models can be reliably applied to the emerging markets such as these, in terms of meeting the backtesting rules of the Basel Committee. The research methodology involves the use of appropriate quantitative analysis, Exponential Smoothing Approach and unconditional coverage test. The results of the research show that the HS500 and the TWHС500 with a decay factor of 0.99 can be reliably used for the emerging markets, despite the fact that they are based on the assumption of IID which is not compatible with the characteristics of these markets.

Keywords: Value at Risk, Historical Simulation, volatility, emerging markets

ЛИТЕРАТУРА:

1. Boudoukh, J., Richardson M., Whitelaw F. R., (1998), "The Best of Both Worlds: A hybrid Approach to Calculating Value at Risk", *Risk*, Vol. 11, No 5, pp. 64-67.
2. Finger, C., (2006), "Testing RiskMetrics volatility forecasts on emerging markets data", *RiskMetrics Monitor*, pp. 3-19.
3. Jorion, P., (2007), *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 3th edition, McGraw Hill, New York.
4. Радивојевић, Н., (2011), «Капитални захтеви Народне банке Србије за покриће тржишног ризика банака: приступ интерних модела вредности при ризику», Ревизор, вол. 14, бр. 53, стр. 101-111.
5. Radivojevic, N., et al., (2010), «Testing the Applicability of Parametric and Nonparametric Methods of Value at Risk at the Serbian Capital Market», *Banking*, No. 11-12, pp. 46-61.
6. Радивојевић, Н., ет ал., (2010), «Апликативност историјске симулације вредности при ризику на тржишту капитала Србије», Индустрија, Економски институт, вол. 38, бр. 3, стр. 19-29.
7. Rossignolo, A., Fethib, M., Shaban, M., (2012), "Value-at-Risk models and Basel capital charges Evidence from Emerging and Frontier stock markets," *Journal of Financial Stability*, No. 8, pp. 303-319.
8. Rossignolo, F. Adrian, Meryem Duygun Fethib, Mohamed Shaban (2013), "Market crises and Basel capital requirements: Could Basel III have beendifferent? Evidence from Portugal, Ireland, Greece and Spain (PIGS)," *Journal of Banking & Finance*, Vol. 37, pp. 1323-1339.
9. Stancic, P., et al., (2013), "Testing The Applicability Of The Brw Approach In The Emerging Stock Markets", *Actual Problems Of Economics*, No. 6, June, pp. 480-486.
10. Samanta, G.P. et al. (2010). "Measuring Market Risk – An Application of Value-at-risk to Select Government Bonds in India". *Reserve Bank of India Occasional Papers*, Vol. 31, No. 1, 2-32.
11. Terzić, I., et al. (2013). " Value at Risk performance in developed and emerging stock markets", *International Journal of Information Technology and Business Management*, Vol. 16, No. 1. pp. 129-134.
12. Terzić, I., Milojević, M., (2013). "Evaluating measures of market risk in circumstances of global financial crisis – empirical evidence from five countries", *CBU INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATION AND INNOVATION IN SCIENCE AND EDUCATION*, april 7-14, pp. 75-81.
13. Zikovic, Sasa, and Randall K. Filer. (2013). "Ranking of VaR and ES models: performance in developed and emerging markets". *Czech Journal of Economics and Finance*, 63(3): 327-359.

14. Zikovic, Sasa. 2010. *Market Risk in Transitions Countries: Value at Risk Approach*. Rijeka: University of Rijeka.
15. Zikovic, S., Prohaska, Z., (2010), "Optimization of Decay Factor in Time Weighted (BRW) Simulation, Implications for VaR performance in Mediterranean Countries, *Ekonomska istraživanja*, Vol. 23, No. 1.
16. Zikovic, S., (2007), "Testing Popular VaR Models in EU New Member and Candidate States", *Journal of Economics and Business*, No. 25, pp. 325-346.

Овај рад је примљен **01.07.2015.** а на састанку редакције часописа
прихваћен за штампу **09.11.2015.** године.