

Modelovanje rizika na Banjalučkoj berzi

Risk modeling on the Banja Luka Stock Exchange

Ivica Terzić, Univerzitet Singidunum, Zoran Jeremić, Univerzitet Singidunum, i Marko Milojević, Univerzitet Singidunum

Sažetak— Globalna finansijska kriza je pokazala da mnoge metrike rizika nisu uspele da predvide krahove finansijskih tržišta širom sveta. Posledice krize su se poput domino efekta prenele i na manje razvijena tržišta, učinivši ih praktično nelikvidnim. Cilj ovog rada je da testiramo metrike rizika zasnovane na VaR pristupu na manje likvidnim tržištima na primeru Banjalučke berze. Testirana je aplikativnost nekoliko najčešće korišćenih VaR modela i njihova verifikacija. Glavni nalazi istraživanja pokazuju da model VaR-a zasnovan na pristupima istorijske simulacije i Risk Metrics metodologije daje zadovoljavajuću procenu izloženosti tržišnom riziku kada je u pitanju investiranje na tržištu kapitala Republike Srpske.

Ključne riječi – rizik; VaR; istorijska simulacija; Risk Metrics; Banjalučka berza

Abstract – The global financial crisis has shown that many risk metrics failed to predict crashes of financial markets around the world. The consequences of the crisis are transferred like a domino effect to emerging markets, making them practically illiquid. The aim of this study is to test a risk metric based on VaR approach for less liquid markets on the example of Banja Luka Stock Exchange. We tested the applicability of some commonly used VaR models and their validation. The main findings of the research show that the VaR based on historical simulation and Risk Metric approaches gives a good assessment of exposure to market risk when it comes to investing in the capital market of the Serb Republic.

Keywords – Risk; VaR; Historical Simulation; Risk Metrics; Banja Luka Stock Exchange

I. UVOD

Tržišni rizik je rizik sa kojim se ulagač suočava usled nedostatka znanja o budućim promenama osnovnih tržišnih promenljivih kao što su stope prinosa hartija od vrednosti, kamatne stope, devizni kursevi itd. Ove promenljive, takođe poznate i kao faktori rizika, određuju cenu hartija od vrednosti, finansijskih derivata, portfolija itd.¹

U uobičajenim tržišnim uslovima, ponašanje faktora rizika je relativno lakše predvideti jer se ne menja u značajnoj meri na kratke i srednje staze: buduće ponašanje se može ekstrapolirati u određenoj meri na osnovu kretanja

u prošlosti. Međutim, u stresnim uslovima, ponašanje faktora rizika postaje prilično nepredvidljivo a njihovo ponašanje u prošlosti je od male pomoći u predviđanju budućih dešavanja. Upravo u tom trenutku statistički merljiv rizik preti da se pretvori u nemerljivu neizvesnost.

Model analize rizika je matematički model analiza kretanja cena, stopa prinosa i rizika i na kraju drugih parametara koji omogućavaju da se odredi distribucija verovatnoće ukupne vrednosti portfelja u posedu finansijske institucije.² U različitim oblastima finansijskog rizika su predlagani brojni različiti modeli analize rizika.

Uvođenje složenih modela u cilju opisa rizika je jedan način da se reši problem, ali sa sobom povlači i sebi svojstvene opasnosti. Profesionalci na finansijskim tržištima izumeli su model "vrednosti pri riziku" (*value-at-risk model*, odnosno *VaR*) kao način merenja i poređenja rizika na različitim tržištima. VaR metodologija merenja rizika je široko rasprostranjena tehnika u upravljanju finansijskim rizicima i predstavlja značajna korak unapred u odnosu na tradicionalne mere rizika, koje su većinom zasnovane na praćenju senzitivnosti u odnosu na tržišne varijable.

VaR je metod za merenje izloženosti riziku finansijske aktive ili portfolija tokom određenog vremenskog horizonta. Njegova jednostavnost leži u tome što se potencijalni rizik može sumirati u jednom broju.³ Najčešći VaR pristupi koje koriste finansijske institucije su istorijska simulacija i Risk Metrics model. Ovi VaR modeli dobro funkcionišu kao mera rizika za tržišta koja posluju u normalnim okolnostima i samo tokom kratkog perioda vremena kao što je jedan dan u berzanskom trgovanju. Njihova upotreba davala je sasvim zadovoljavajuće rezultate u vreme male volatilnosti finansijskih tržišta. Međutim, globalna finansijska kriza je pokazala da ove metrike rizika nisu uspele da predvide krahove finansijskih tržišta u nestabilnom finansijskom okruženju. Ovi modeli dali su vrlo loše i nepouzdanе rezultate za rizike u uslovima koji nisu normalni uslovi poslovanja, za duže vremenske periode i za nelikvidne portfelje. Iz tog razloga mnoge finansijske

² C. Marrison, "Fundamentals of Risk Measurement", McGraw Hill, New York, 2002.

³ M. Crouhy, D. Galai, and M. Robert, "The essentials of risk management", McGraw-Hill, New York, 2006.

¹ C. Alexander, „Practical financial econometrics“, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2008.

institucije počele su da revidiraju svoje metrike rizika, i potreba za upravljanjem finansijskim rizikom i razvojem novih modela je postala izraženija nego ikada pre.

Situacija oko primene kvantitativnih modela merenja rizika postaje još složenija kada su u pitanju mlada finansijska tržišta koja još uvek prolaze kroz period tranzicije. Obično je reč o tržištima koja poseduju skoro sve karakteristike neefikasnih tržišta od niske likvidnosti, male dubine i širine, kao i izuzetno visoke volatilnosti. Upravo sama ta činjenica, daje dodatni izazov da se uhvatimo u koštac sa pokušajem primene kvantitativnih procena izloženosti riziku na tim tržištima. Retki su radovi koje se bave modelovanjem rizika na tržištima u razvoju. Nekoliko autora je ocenjivalo performanse standardnih VaR modela na nekim od tržišta bivše SFRJ, ali su analize bile sprovedenije na malom broju vremenskih serija i nisu davali zadovoljavajuće rezultate, jer su rezultati obično potcenjivali tržišni rizik.⁴

Stoga, cilj ovog rada je da istraži i oceni uspešnost najpopularnijih i najčešće korišćenih VaR modela na tržištima kapitala u razvoju, sa posebnim osvrtom na tržište kapitala u Republici Srpskoj. S obzirom da primena VaR metodologija ima široku lepezu primene, kao što je portfolio menadžment, risk menadžment i regulatorni zahtevi, od izuzetne je važnosti da razvijemo metodologije koje će obezbediti pouzdanu procenu izloženosti riziku, pre svega na volatilnim i manje likvidnim tržištima. U radu ćemo ispitati mogućnosti primene standardnih VaR modela u evaluaciji tržišnog rizika u Republici Srpskoj i da na konzistentan i verodostojan način ocenimo uspešnost tih VaR metoda za procenu rizika na tržištu akcija.

Doprinos ovog rada je dvostruk. Prvo, ovo je jedna od prvih studija koja ispituje mogućnosti primene standardnih VaR modela na tržištu kapitala Republike Srpske. Drugo, rezultati istraživanja mogu poslužiti kao važne smernice svim individualnim i institucionalnim investitorima prilikom budućeg investiranja na ovom finansijskom tržištu.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju dajemo kratak opis testiranih VaR modela i tehnike za njihovu validaciju. Treći deo rada predstavlja opis analiziranih podataka i statističke karakteristike tržišta akcija u Republici Srpskoj. Glavni nalazi istraživanja i rezultati backtestinga takodje su prikazani i objašnjeni u ovom delu. U četvrtom delu dajemo zaključna razmatranja sumirajući glavne rezultate empirijskog istraživanja.

II. METODOLOGIJA

VaR je nesumnjivo postao industrijski standard za računanje rizika, jer odslikava važan aspekt rizika, odnosno koliko loše se stvari mogu odvijati uz određenu

verovatnoću, p . Osim toga, lak je za interpretaciju i razumevanje.

Formalnu matematičku definiciju VaR-a glasi:

$$\text{VaR}_\alpha(X) = \inf\{x: F_X(x) \geq \alpha\} = \inf\{x: P(X > x) \leq 1 - \alpha\} \quad (1)$$

gde je $\alpha \in (0,1)$ specifičan interval poverenja, a F_X je kumulativna funkcija gustine. Ako razmotrimo vremensku seriju dnevnih "ex post" prinosa ($rt = 100(\ln Pt - \ln Pt-1)$) gde je P_t cena akcije u trenutku t , i odgovarajućih vremenskih serija "ex ante" VaR prognoza (VaR_α), prethodna formula dobija sledeću formu:

$$P(r_{t+1} \leq -\text{VaR}_\alpha) = \alpha \quad (2)$$

Negativni znak u formuli ispred VaR broja potiče na osnovu konvencije o izveštavanju VaR-a kao pozitivnog broja.

U radu su korišćeni model istorijske simulacije koji se računa prema formuli 3,

$$\text{VaR}_\alpha^{ci} = F^{-1}(\alpha) = X_t \quad (3)$$

$$F_n(t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n I(X_t \leq t)$$

kao i Risk Metrics model koji se računa prema formuli 4.

$$\text{VaR}_\alpha^{ci} = \mu_t + \sigma_t * \alpha_{ci} \quad (4)$$

$$\sigma_t = \sqrt{0,94\sigma_{t-1}^2 + 0,06\sigma_{t-1}^2}$$

U finansijskoj literaturi u osnovi postoje dva pristupa koja koriste backtesting u cilju komparacije VaR rezultata. U radu ćemo verifikaciju i poredjenje VaR procena izvršiti u smislu neuslovljene pokrivenosti i nezavisnosti.

Christoffersen (1998)⁵ ističe da problem utvrđivanja tačnosti VaR modela može da se svede na problem utvrđivanja da li „hit sekvenca“, zadovoljava dve ključne osobine, a to su neuslovljena pokrivenost i nezavisnost.

Osobina neuslovljene pokrivenosti odnosi se na verovatnoću ostvarivanja gubitka koji prelazi iznos procenjenog VaR-a, tj., da broj izuzetaka od VaR-a ne sme biti viši od $\alpha \times 100\%$ puta. Ukoliko očekujemo da se gubici, koji prelaze iznos utvrđenog VaR-a, javljaju češće od $\alpha \times 100\%$ puta, onda nas to navodi na zaključak da VaR mera sistematski podcenjuje rizik portfolija. Suprotno, ako očekujemo da se odstupanja od VaR-a suviše retko pojavljuju, to bi nam bio signal da je VaR mera previše konzervativna.

Što se tiče osobine nezavisnosti, ona postavlja jako ograničenje kada su u pitanju načini na koje se mogu javiti

⁵ Christoffersen, P. (1998). Evaluating interval forecasts. *International Economic Review* 39, 841–62.

⁶ Konvencionalno utvrđen naziv za funkciju koja predstavlja redjanje izuzetaka od VaR-a

⁴ Terzić, I. and Milojević, M. (2013). Evaluating measures of market risk in circumstances of global financial crisis-empirical evidence from five countries. *CBU International Conference Proceedings*, pp 75-81

odstupanja od VaR-a. Konkretno, bilo koja dva elementa iz „hit sekvence“ ($It+j(\alpha)$, $It+k(\alpha)$) moraju biti nezavisni jedan od drugog. Ovaj uslov zahteva da prethodno odstupanje od VaR-a, $\{ \dots, It-1(\alpha), It(\alpha) \}$, ne mora da prenese bilo kakve informacije o tome da li će se ili se neće desiti dodatno odstupanje od VaR-a. Ako je, na primer, više verovatno da će se odstupanje od VaR-a desiti nakon prethodnog odstupanja od VaR-a, onda to implicira da je verovatnoća da će $It+1(\alpha) = 1$ uslovljena događajem da $It(\alpha) = 1$ prelazi iznos VaR-a, α , što dalje ukazuje da je iznos VaR-a previše mali i trebalo bi da bude povećan.⁷

III. EMPIRIJSKO ISTRAŽIVANJE I REZULTATI

Testiranje VaR modela sprovedli smo na Berzanskom indeksu Republike Srpske (BIRS) u periodu od 4. oktobra 2005. do 1. juna 2015. godine. Dnevne vrednosti kretanja BIRS indeksa su preuzete sa sajta Banjalučke berze. BIRS je cenovni indeks, ponderisan tržišnom kapitalizacijom akcija koje su uključene u njegovu korpu. Broj akcija koji je trenutno uključen u indeksnu korpu iznosi 20. Vrednosti indeksa su konvertovane u logaritamske prinose prema sledećoj formuli:

$$r_t = \ln(P_t/P_{t-1}) * 100 \quad (5)$$

za $t = 1, 2, \dots, T$, gde je P_t tekuća vrednost indeksa i P_{t-1} je vrednost iz prethodnog perioda.

Koristeći istu seriju podataka, primenili smo dva VaR modela da procenimo 1-dnevni VaR za dva različita interval poverenja od 95% i 99%. Procenjene VaR vrednosti obuhvataju period od 8. novembra 2007 do 1. juna 2015. Prvih 500 podataka koristimo da bi izračunali i procenili prvi VaR broj. Ostatak observacija koristimo u svrhu backtestinga modela. 1875 procenjenih VaR vrednosti izračunato je prema formulama 3 i 4.

U Tabeli 1 je prikazana deskriptivna statistika logaritamskih dnevnih stopa prinosa BIRS indeksa. Prosečni dnevni prinos je blizu nule. Bezuslovna standardna devijacija iznosi 0,92%. BIRS ima kurtosis iznad 3, t.j. 7,71, što ukazuje da raspodela prinosa ima zadebljane repove. Još jedna primetna karakteristika analizirane serije prinosa je prisustvo asimetričnosti koja je blago pozitivna i iznosi 0,37. Dodatni statistički testovi sprovedeni za nivo značajnosti od 5%, koje takodje možemo videti u Tabeli 1, ukazuju da prosečan prinos nije značajno različit od nule, dok su mera simetrije i spljoštenosti statistički značajno različiti od ciljnih vrednosti. Iz navedenog zaključujemo da stope prinosa BIRS indeksa nemaju normalnu raspodelu.

⁷ Christoffersen, P. (1998). Evaluating interval forecasts. *International Economic Review* 39, 841–62.

TABELA 1 DESKRIPTIVNA STATISTIKA BIRS INDEKSA

Descriptive Statistics		Significance Test		5,00%
		Target	P-Value	SIG?
AVERAGE:	-0,03%	0,00	8,26%	FALSE
STD DEV:	0,92%			
SKEW:	0,37	0,00	0,00%	TRUE
EXCESS-KURTOSIS:	7,71	0,00	0,00%	TRUE

U Tabeli 2 prikazani su rezultati i dijagnostika backtesting-a za HS 1% i 5%, kao i RM 1% i 5% VaR BIRS indeksa akcija u periodu 8.11.2007. - 1.6.2015. Da bi VaR model mogao da bude pouzdan, mora zadovoljiti istovremeno oba backtesta koja smo objasnili u metodološkom delu rada, odnosno i svojstvo neuslovljene pokrivenosti i nezavisnosti. Nakon izračunavanja dnevnog VaR za oba nivoa poverenja, pristupili smo testiranju validnosti modela, odnosno komparaciji predviđenih vrednosti VaR-a sa ostvarenim kretanjem prinosa indeksa u analiziranom periodu.

TABELA 2 REZULTATI I DIJAGNOSTIKA BACKTESTINGA ZA RM I HS 1% i 5% VaR BIRS INDEKSA U PERIODU 8.11.2007. - 1.6.2015.

BIRS	Test Statistics			
	RiskMetrics		Historical Simulation	
	1%	5%	1%	5%
T ₀	1834	1770	1855	1802
T ₁	41	105	20	73
T ₀₀	1794	1675	1836	1733
T ₀₁	40	95	19	69
T ₁₀	40	95	19	69
T ₁₁	1	10	1	4
\hat{p}	2,19%	5,60%	1,07%	3,89%
L(\hat{p})	2,09E-86	1,82E-176	8,34E-49	1,04E-134
L(\hat{p})	9,88E-91	9,18E-177	8,00E-49	7,63E-136
\hat{p}_{01}	2,18%	5,37%	1,02%	3,83%
\hat{p}_{11}	2,44%	9,52%	5,00%	5,48%
L(\hat{p}_{11})	2,11E-86	7,16E-176	1,84E-48	1,30E-134
LR _{uc}	19,923	1,370	0,082	5,216
LR _{ind}	0,012	2,738	1,580	0,457
LR _{cc}	19,935	4,108	1,663	5,673
BIRS	Hypothesis Testing (Chi-Square Test)			
	Significance level =			5%
	RiskMetrics		Historical Simulation	
LR _{uc}	Reject VaR model	Don't Reject VaR model	Don't Reject VaR model	Reject VaR model
LR _{ind}	Don't Reject VaR model	Don't Reject VaR model	Don't Reject VaR model	Don't Reject VaR model

Iz Tabele 2 možemo zaključiti da je analizirani indeks BIRS imao broj izuzetaka od VaR-a koji je u skladu sa nivoom značajnosti od 1% za model istorijske simulacije i 5% za Risk Metrics model, odnosno prošao Kupikov test (neuslovljena pokrivenost). Takođe, zaključujemo da je za ova dva modela i iste nivoe značajnosti istovremeno zadovoljen i Kristofersenov test nezavisnosti. Tako su ispunjena dva striktna uslova i možemo zaključiti da se navedena dva modela mogu uzeti kao potencijalno dobra za ispravnu procenu tržišnog rizika. Rezultati testova nezavisnosti i neuslovljene pokrivenosti za interval poverenja od 95% kod istorijske simulacije i 99% kod Risk Metrics modela, ako ih posmatramo zbirno, navode nas na odbacivanje VaR modela, kada je u pitanju verodostojna procena izloženosti tržišnom riziku, tj. potencijalnom maksimalnom gubitku investitora na ovom tržištu kapitala u razvoju. U tom slučaju ovi modeli bi potcenili rizik.

IV. ZAKLJUČAK

Nedavna globalna finansijska kriza je pokazala da postoji hitna potreba za unapredjenjem i promenama u čitavoj finansijskoj industriji, a posebno u oblasti upravljanja i merenja finansijskih rizika. U ovom radu smo upravo istraživali primenu savremenih metoda za procenu tržišnog rizika na manje razvijenim tržištima, kao što je tržište kapitala u Republici Srpskoj. Testirali smo aplikativnost VaR modela sa nivoima poverenja od 95% i 99% zasnovanih na pristupu istorijske simulacije i eksponencijalno ponderisanih pokretnih proseka (Risk Metrics). Glavni nalazi istraživanja pokazuju da model VaR-a zasnovan na pristupima istorijske simulacije i Risk Metrics metodologije daje zadovoljavajuću procenu izloženosti tržišnom riziku kada je u pitanju investiranje na tržištu kapitala Republike Srpske. S obzirom da su oba modela za određene intervale poverenja prošla oba modela verifikacije, neophodno je sprovesti dodatno rangiranje tih modela, što će biti predmet daljih istraživanja autora. To je neophodno uraditi iz prostog razloga što je moguće da dodje i do precenjivanja izloženosti riziku, naročito kod modela istorijske simulacije, za vreme niske volatilnosti tržišta, što bi u tom slučaju izazvalo nepotrebno povećanje kapitalnih limita banaka zasnovanih na internim VaR modelima. Na bazi toga, buduća istraživanja u vezi modelovanja rizika na Banjalučkoj berzi biće usmerena na razvijanje jedne opšte klase modela koji mogu biti korišćeni od strane risk menadžera za modelovanje dinamike raspodele prinosa portfolija i predviđanje izloženosti stvarnom riziku na tržištu kapitala u Republici Srpskoj. Rezultati ovog istraživanja se preporučuju finansijskim menadžerima i međunarodnim investitorima.

LITERATURA

- [1] C. Alexander, „Practical financial econometrics“, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2008.
- [2] C. Marrison, “Fundamentals of Risk Measurement”, McGraw Hill, New York, 2002.
- [3] M. Crouhy, D. Galai, and M. Robert, “The essentials of risk management”, McGraw-Hill, New York, 2006.
- [4] Terzić, I. and Milojević, M. (2013). Evaluating measures of market risk in circumstances of global financial crisis-empirical evidence from five countries. *CBU International Conference Proceedings*, pp 75-81.
- [5] Christoffersen, P. (1998). Evaluating interval forecasts. *International Economic Review* 39, 841–62.