

VIDINIAI MODELIAI FINANSINĖS INSTITUCIJOS PREKYBINIO PORTFELIO RIZIKAI VALDYTI

Audrius Džikevičius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas (Išmonių ekonomikos ir vadybos katedra)

Nepastoviose finansų rinkose tiek rinkos dalyviams, tiek ir rinkos prižiūrėtojams yra reikalingi rizikos vertinimo, valdymo ir kontrolės modeliai. Rinkos dalyviams reikalingi rizikos valdymo modeliai jų atvirų pozicijų rizikai valdyti, o rinkos prižiūrėtojai per tinkamas rizikos valdymo sistemas privalo užtikrinti finansų sistemos integralumą bei stabilumą.

Nepakankamas dėmesys finansinių rizikų valdymui ar netinkama bei ydinga praktika sukėlė visą eilę didelių finansinių skandalų, net stambių finansinių kompanijų bankrotų (pvz., Barings, Metallgesellschaft, Long Term Capital Management, Orange County, Sumitomo) [6]. Tokiu būdu tiek patys rinkos dalyviai, tiek rinkos prižiūrėtai kuria ir skatina kurti bei diegti vidines finansinių ir kitokių rizikų vertinimo, valdymo ir monitoringo sistemas arba modelius.

Šiame straipsnyje tiriamos *vidinių modelių* (angl. - internal models) panaudojimo galimybės finansų institucijos prekybinio portfelio rizikai valdyti. Vidinis modelis - tai toks modelis, kurį finansų institucija pati įdiegia pagal savo atliekamų prekybinių operacijų specifiką. Didžioji vidinių modelių dalis, taikomų praktikoje, remiasi vadinamąja "Value at Risk" koncepcija.

Toliau pateikiamos kelių pagrindinių sąvokų reikšmės.

Prekybinis portfelis - tai prekybos tikslais naudojamų finansinių priemonių balansinės ir nebalansinės pozicijos.

Pozicija - organizacijos turto, nebalansinių pretenzijų, balansinių ir nebalansinių išpareigojimų straipsnių dydis.

Rinkos rizika - tikimybė, kad rinkos kintamieji, pvz., valiutų kursai, palūkanų normos, nuosavybės vertybinių popierių kainos pasikeis nepalankia linkme.

VaR (Value at Risk) - maksimali portfelio nuostolių suma, išreikšta piniginiiais vienetais, per tam tikrą laiko periodą bei esant tam tikram pasiklovimo lygmeniui.

Nuo "tradicinių" rizikos valdymo metodų link *VaR* koncepcijos. Rizikos valdymo teorija vystėsi sparčiai, operatyviai reaguodama į greitus aplinkos pokyčius. Galima išskirti keletą rizikos valdymo teorijos vystymosi etapų [3]:

- ✓ *"Tradicinė" rizikos valdymo samprata* yra susijusi su pirmaisiais metodais, kiekybiškai įvertinančiais riziką. Į šią grupę įeina tokie metodai kaip spragos (gap), trukmės, statistinė bei scenarijų analizė.
- ✓ *Portfelio teorija* šiek tiek kitaip interpretuoja rizikos valdymą, koncentruodamasi į skirtingų rizikos veiksnių tarpusavio ryšius. Portfelio teorija remiasi prielaida, jog investitorius renkasi vertybinių popierių portfelį pagal du kriterijus - tikėtiną pelną bei šio pelno vidutinį kvadratinį nuokrypį. Vidutinis kvadratinis nuokrypis yra laikomas portfelio rizikos matu.
- ✓ Staigiai įvairėjant finansinių priemonių portfelių sudėčiai bei struktūrai, iškilo būtinybė kurti kitokio pobūdžio rizikos valdymo modelius. Vienas jų yra šiuo metu visuotinai pripažinta *VaR koncepcija*.

Pirmieji bandymai vertinti *VaR* buvo daromi dar aštuntajame dešimtmetyje. Pirmieji tokio pobūdžio tyrimai buvo atliekami pačių finansų rinkų dalyvių. Jie, sukūrę savas rizikos valdymo sistemas, patys jas platino kitoms panašaus pobūdžio institucijoms. Žinomiausias *VaR* modelis buvo sukurtas investicinės kompanijos JP Morgan ir pavadintas RiskMetrics vardu. Po to, kai 1994 metų lapkritį JP Morgan šią sistemą padarė visiems laisvai prieinamą, rizikos valdymas, naudojant *VaR*, tapo labai populiarus tarp finansų rinkų dalyvių. Dabar bankai, savitarpio fondai, draudimo kompanijos, pensijų fondai ir nefinansinio pobūdžio kompanijos plačiai naudoja *VaR* finansinei ir kitokiai rizikai valdyti. Pastaruoju metu *VaR* modeliais yra valdomos ne tik rinkos rizikos, bet ir likvidumo, kredito ir pinigų srautų rizikos.

Rizikos valdymo sistema ir VaR. Finansų rinkos dalyviai kuria ir diegia prekybinio portfelio rizikos valdymo sistemas. Principinė tokios sistemos elementų schema vaizduojama 1. pav.

Prekybinio portfelio rizikos valdymas apima tokius pagrindinius žingsnius [5]:

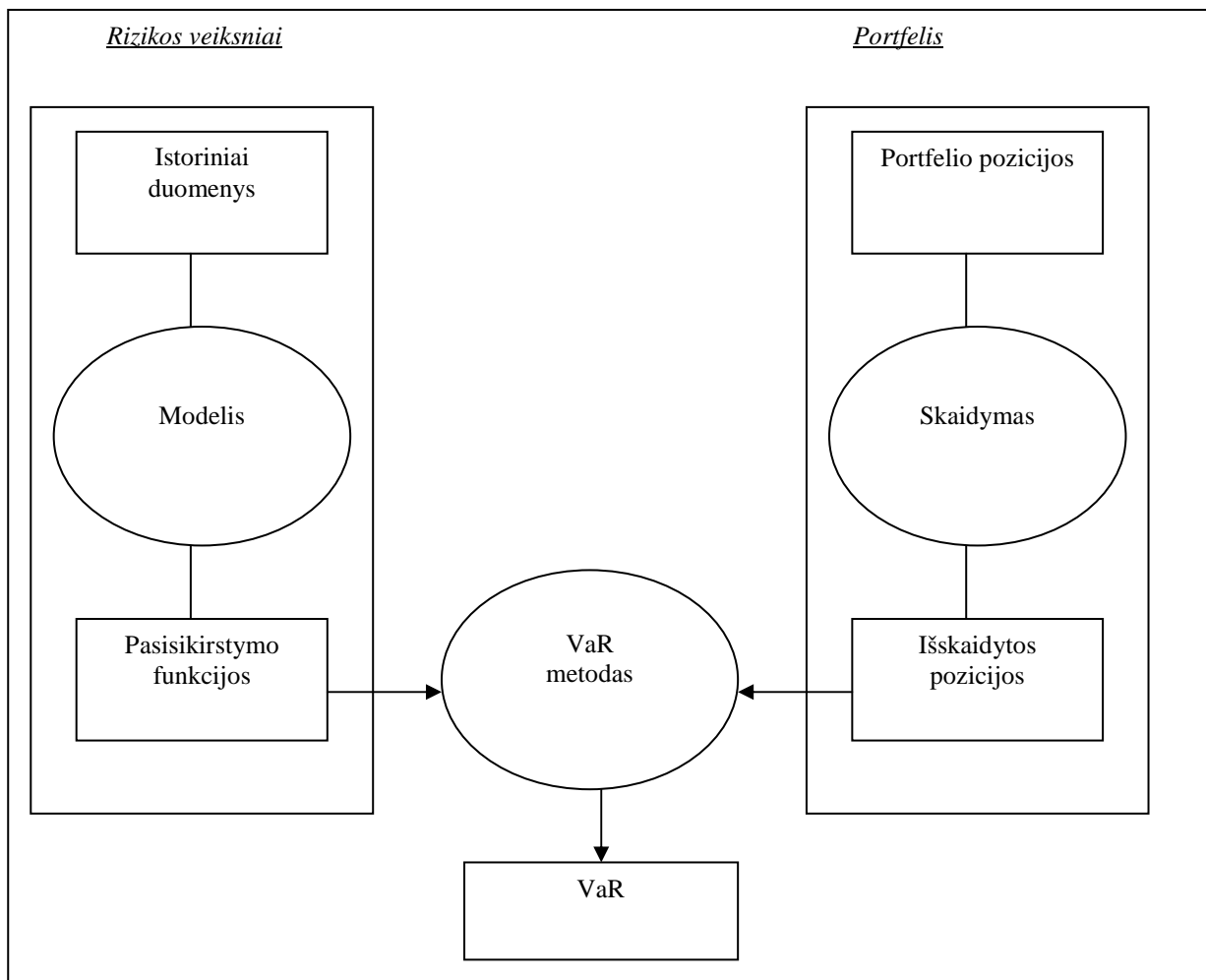
- remiantis rinkos duomenimis, pasirenkame rizikos veiksnių pasiskirstymo dėsnius (normalųjį, lognormalųjį, empirinį ir pan.),
- apibrėžiame portfelio pozicijas ir išskaidome jas pagal rizikos veiksnius; pasirenkame *VaR* skaičiavimo metodą ir apskaičiuojame portfelio *VaR*.

Vidiniuose modeliuose, besiremiančiuose *VaR* koncepcija, rizika yra apibrėžiama kaip *maksimalus tikėtinas nuostolis, esant tam tikram pasiklovimo lygiui, per tam tikrą laiko periodą* [1] (žr. 2. pav.). *VaR* riziką matuoja piniginių verčių išraiška (litais, eurai ir pan.), taigi jis yra visiems nesunkiai suprantamas net aukščiausiai finansinės institucijos vadovybei [4]. Tačiau šio rodiklio apskaičiavimas yra pakankamai sudėtingas ir darbu imlus uždavinys.

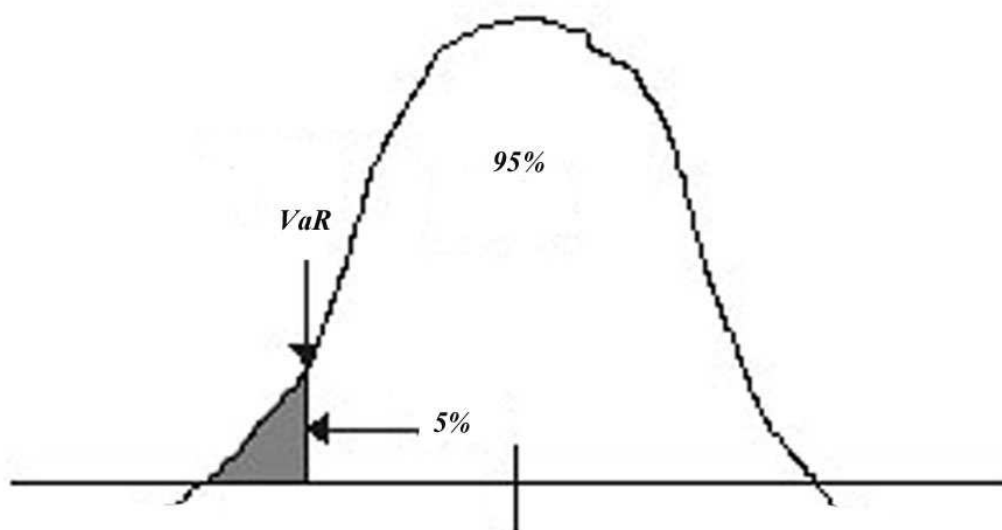
VaR apibrėžimas remiasi dviem pagrindiniais elementais - laiko periodu, išreikštu dienomis, ir pasiklovimo lygmeniu. Mokslinėje-metodinėje literatūroje nėra vieningos nuomonės, kokių dydžių elementus naudoti. Pavyzdžiui, Bazelio komitetas siūlo naudoti 10 darbo dienų periodą ir 99% pasiklovimo lygmenį, o JP Morgan siūlo naudoti 1 darbo dienos periodą ir 95% pasiklovimo lygmenį [2, 7]. Portfelio rizika yra tiesiogiai susijusi tiek su laiko periodu, tiek ir su pasiklovimo lygiu. Tokiu būdu ilgesnis laiko periodas ir aukštesnis pasiklovimo lygmuo padidins skaičiuojamą prekybinio portfelio riziką.

VaR vertinimo metodai. *VaR* gali būti apskaičiuojamas įvairiais metodais. Metodo pasirinkimas priklauso nuo tokių veiksnių kaip portfelio struktūra, finansinės institucijos tipas, rinkos sąlygos [8].

Prieš skaičiavimo būdo pasirinkimą reikia atsakyti į šiuo du klausimus: a) ar palūkanų normos, kainos ir kiti rinkos dydžiai yra pasiskirstę pagal normalųjį pasiskirstymo dėsnį, bei b) ar aktyvų verčių ir kainų pokyčiai yra tiesiniai.



1. pav. Rizikos valdymo sistemos elementai [pagal 5]



2. pav. VaR apibrėžimas

VaR skaičiuoti naudojami šie pagrindiniai metodai [3]: a) delta-normalusis (Delta-Normal), b) Monte Karlo imitacinis modeliavimas (Monte Carlo Simulation) ir c) imitacinis modeliavimas istorinių duomenų pagrindu (Historical Simulation).

Delta - normalusis metodas remiasi tokiomis dvejomis prielaidomis:
 - portfelio pelningumas yra tiesiškai priklausomas nuo rizikos kintamųjų;

- pelningumai yra pasiskirstę pagal normalųjį pasiskirstymo dėsnį.
VaR vienam aktyvui yra apskaičiuojama pagal formulę:

$$\text{VaR} = (RV)(PL)\sigma\sqrt{t}$$

čia: RV - rinkos vertė;
PL - pasiklovimo lygis;
 σ - standartinis nuokrypis;
t - darbo dienų skaičius.

Kadangi delta-normalusis metodas remiasi pagal normalųjį pasiskirstymo dėsnį pasiskirstymo dėsnį pasiskirsčiusiais kintamaisiais, duomenis reikia patikrinti, ar jie atitinka šią sąlygą. Tam geriausiai tinka Kolmogorovo Smirino testas su 95% pasiklovimo lygmeniu.

Rizikos veiksnio rinkos vertė yra dabartinė aktyvo rinkos vertė.

VaR vertina laukiamus portfelio nuostolius per tam tikrą laiko periodą. Kadangi rinkos rizika yra tiesiogiai susijusi su aktyvo laikymo periodu, ilgesniais laiko periodais kainų pokyčiai labiau keis portfelio rinkos vertę. Dauguma finansinių institucijų, vertindami prekybinių vertybinių popierių rinkos riziką, naudoja vienos darbo dienos periodą, nes trumpalaikių investicijų portfeliai dažniausiai apima išdo obligacijas ir užsienio valiutas, kurių pozicijos gali būti likviduotos vienos dienos bėgyje.

Prekybinio portfelio rizikai vertinti būtina apskaičiuoti koreliacijos koeficientus tarp rizikos veiksnių. Dispersinė matrica, paskaičiuota istorinių duomenų pagrindu gali neturėti jokios prasmės, jei rinkos sąlygos žymiai skitęsi nuo praeities. Bazelio komitetas prisilaiko konservatyvaus požiūrio ir kapitalo pakankamumui nustatyti siūlo naudoti paprastas rizikos veiksnių rizikos grupes. Toks požiūris ignoruoja kryžminės koreliacijos egzistavimą, todėl taip apskaičiuotas VaR bus aukštesnis.

Monte Karlo imitacinio modeliavimo metodas vertina VaR remiantis modeliavimo rezultatais, gautais panaudojant statistinius bei matematinius modelius. Metodo esmę sudaro kartotinis stochastinių procesų, lemiančių mus dominančių finansinių priemonių kainas, modeliavimas. Kiekviena modeliavimo iteracija duoda tikėtiną prekybinio portfelio vertę tiksline horizonto pabaigoje. Jeigu mes atliksime pakankamą skaičių modeliavimo iteracijų, sumodeliuotas portfelio reikšmių pasiskirstymas konverguos link nežinomo "tikro" portfelio reikšmių pasiskirstymo, tokiu būdu mes iš sumodeliuoto pasiskirstymo galime spręsti apie "tikro" pasiskirstymo VaR [3].

Šis modeliavimo procesas apima tam tikrą specifinių žingsnių skaičių. Visų pirma, yra pasirenkamas dominančios kainos (-ų) modelis. Pasirinkę modelį, mes pasirinktinai remdamiesi prieinamais istoriniais arba rinkos duomenimis, apskaičiuojame jo parametrus - nuokrypius, koreliacijos koeficientus ir t.t. Antrame žingsnyje atsitiktiniams kintamiesiems suformuojame fiktyvias kainos kitimo trajektorijas. Naudojant modeliavimą Monte Karlo metodu, šias kainų kitimo trajektorijas formuojame remdamiesi atsitiktiniais skaičiais arba, tiksliau tariant, pseudo-atsitiktiniais skaičiais, gautais iš vadinamųjų "atsitiktinių skaičių generatorių". Kiekviena "atsitiktinių" skaičių grupė pateikia finansinės priemonės hipotetinę galutinę kainą, tokias pačias procedūras mes atliekame kiekvienai kitai portfelyje esančiai priemonei tam, kad gautume hipotetinę galutinę portfelio, kaip visumos, vertę. Tuomet mes kartojame modeliavimo procedūrą pakankamą kartų skaičių tam, kad būtume įsitikinę, jog portfelio verčių sumodeliuotas pasiskirstymas yra pakankamai artimas "tikrojo" (bet nežinomo) portfelio verčių pasiskirstymui, t.y. tam, kad gautume patikimą pakaitą nežinomam pasiskirstymui. Kuomet tai yra atlikta, iš gauto pasiskirstymo apskaičiuojame VaR.

Naudojant *istorinį imitacinio modeliavimo metodą*, yra modeliuojamas portfelį sudarančių aktyvų pelningumo pasiskirstymas, laikantis prielaidos, kad portfelis nekis periodą, apimantį istorinių duomenų masyvą.

Taikant šį metodą, pirmiausia identifikuojame skirtingas portfelį sudarančias finansines priemones ir surenkame duomenis, atspindinčius jų pelningumo kitimą tam tikru periodu. Tuomet pritaikome esančiam portfeliui svorius ir modeliuojame hipotetinį pelningumą, kurį gautume, jeigu laikytume portfelį pasirinktu periodu. Taip pat daroma prielaida, kad šis istorinis pelningumo pasiskirstymas gerai pakeičia pelningumo pasiskirstymą, kuris bus stebimas ateinančiu periodu. Atitinkamas kvantilis parodo portfelio VaR.

Tarkime, kad turime t stebėjimų nuo 0 periodo iki periodo T. Tegu $R_{i,t}$ yra aktyvo i pelningumas periodu t, w_i yra santykinis i-ojo aktyvo svoris portfelyje, o portfelį sudaro n aktyvų, tuomet portfelio pelningumas R_t^p periodu t yra lygus:

$$R_t^p = \sum_{i=1}^n w_i R_{i,t}$$

čia: t = 0, ..., T.

Kiekvienu stebėjimu t gaunamas konkretus portfelio pelningumas R_t^p . Istorinių stebėjimų visuma perteikia portfelio pelningumo reikšmių pasiskirstymo funkciją, iš kurios sužinome VaR.

VaR vertinimo metodų palyginamoji analizė. Susipažinę su skirtingais VaR skaičiavimo metodais, žemiau apibendrinsime jų privalumus ir trūkumus.

Delta-normalusis metodas remiasi prielaida, kad modeliuojami atsitiktiniai dydžiai yra pasiskirstę pagal normalųjį dėsnį arba gali būti aproksimuojami normaliuoju pasiskirstymo dėsniumi. Ši prielaida, jeigu ją realiai galima taikyti, žymiai supaprastina ir pagreitina skaičiavimo procedūras, nes prekybinio portfelio rizika apskaičiuojama kaip tiesinė portfelį sudarančių elementų ir / ar jų sukeliančių veiksnių kvadratinė nuokrypių funkcija. Be to, turint tam tikrą apskaičiuotą portfelio VaR, galima nesunkiai pereiti nuo vieno pasiklovimo lygmens prie kito, nuo vienokio ilgumo periodo prie kitokio. Taigi modeliavimas Delta-normaliuoju metodu yra labai patogus ir palyginti paprastas VaR apskaičiavimo metodas, tačiau taikytinas tik atsitiktiniams dydžiams, kuriuos galima aproksimuoti normaliuoju pasiskirstymo dėsniumi.

Praktikoje daugelio finansinių priemonių ar ekonominių veiksnių kitimą galima aproksimuoti normaliaisiais pasiskirstymo dėsniais, todėl šis modeliavimo metodas gali būti gana plačiai pritaikomas praktikoje, tačiau modeliuojant kai kurias išvestines finansines priemones (pvz., pasirinkimo sandorius), kurių vertės kitimas su tą vertę veikiančiais veiksniais yra susijęs ne tiesine priklausomybe, tenka ieškoti kitų imitacinio modeliavimo technikų, nes šių finansinių priemonių verčių kitimo negalima aproksimuoti normaliuoju pasiskirstymo dėsniumi.

Monte Karlo imitacinio modeliavimo metodas yra vienas sudėtingiausių, tačiau tuo pačiu metu ir universaliausių bei galingiausių finansinių priemonių portfelių rizikos modeliavimo technikų, kurią galima pritaikyti praktiškai bet kokių finansinių priemonių, jų portfelių ar investicijų projektų rizikai vertinti.

Vertinant prekybinio portfelio riziką šiuo metodu yra sudaromas sudėtingas portfelio stochastinis modelis, kurio kintamieji yra laikomi atsitiktiniais dydžiais ir kurie, be to, yra tarpusavyje susiejami koreliaciniais ryšiais. Toks modelis leidžia sumodeliuoti daugybę galimų jo kitimo scenarijų, iš kurių apskaičiuojamas portfelio vertės reikšmių tikimybinis pasiskirstymas, iš kurio galime apskaičiuoti portfelio riziką ir ją išreikšti konkrečiu, aiškiai suprantamu ir vienodai traktuojamu skaičiumi, - VaR.

Imitacinis modeliavimas, remiantis istoriniais duomenimis, arba istorinio modeliavimo metodas nesiremia normaliojo pasiskirstymo prielaida. Priešingai, taikant šį metodą, nesiekiami tam tikrą atsitiktinį dydį aproksimuoti koku nors teoriniu pasiskirstymo dėsniumi. Čia visas dėmesys yra koncentruojamas į tiriamo atsitiktinio dydžio empirinį pasiskirstymo dėsnį, atspindintį istorinių duomenų kitimą.

Metodas yra paprastas ir lengvai suvokiamas. Kaip ir prognozuojant ekonominius procesus, yra laikomasi prielaidos, kad tiriami dydžiai kiti pagal tą patį dėsnį, kuris buvo būdingas iki šiol. Tai pakankamai "protinga" prielaida, nors visuomet egzistuoja tikimybė, kad tiriamo atsitiktinio dydžio "elgsena" įgaus naujų požymių. Kadangi nesiremiama jokiais supaprastinančiomis prielaidomis, neskaičiuojami atsitiktinio dydžio parametrai (koreliacijos koeficientai, kvadratiniai nuokrypiai ir pan.), išnyksta rizika, kad, pasirinkus netinkamą modelį, bus gauti neteisingi ir klaidinantys rezultatai.

Istorinio modeliavimo trūkumai yra susiję su realia tikimybe, kad ateitis nebūtinai bus tokia kaip ir praeitis.

Išvados. Didėjantis finansų rinkų kintamumas verčia tiek pačius rinkos dalyvius, tiek ir rinkos prižiūrėtojus kurti ir diegti vidinius finansinės rizikos vertinimo, valdymo bei kontrolės modelius.

Šiuo metu labiausiai paplitę modeliai remiasi VaR koncepcija. Šių modelių populiarumą ir visuotinį pripažinimą lėmė tai, kad sudėtingo finansinių priemonių portfelio rizika išreiškiama vienu lengvai suvokiamu dydžiu, matuojamu piniginiiais vienetais. Vienok rizikos dydžio apskaičiavimo procedūra nėra paprasta.

Praktikoje labiausiai paplitę trys VaR apskaičiavimo metodai: delta-normalusis, Monte Karlo bei istorinis modeliavimas. Atlikus šių metodų palyginamąją analizę galima daryti tokias išvadas: a) delta-normalusis metodas remiasi normalumo prielaida, todėl palyginti paprastas, tačiau netinka portfeliams, į kurių sudėtį įeina finansinės priemonės, kurių verčių kitimo negalima aproksimuoti normaliuoju pasiskirstymo dėsniumi; b) Monte Karlo imitacinio modeliavimo metodas yra pritaikomas bet kokiems portfeliams, tačiau reikalaujantis daug žmogiškųjų ir finansinių išteklių; c) istorinio modeliavimo metodas remiasi istoriniais duomenimis, todėl jo taikymui būtina ilgametė finansų rinkos duomenų bazė.

Literatūra

1. Benninga Simon, Wiener Zvi. Value-at-Risk (VaR) // *Mathematica in Education and Research*, Vol.7, No.4, 1998.
2. BIS. An International Model-Based Approach to Market Risk Capital Requirements, 1995.
3. Dowd Kevin. *Beyond Value at Risk: the New Science of Risk Management*. John Wiley & Sons Ltd. 1999. - 274 p.
4. Hopper Gregory P. Value at Risk: a New Methodology for Measuring Portfolio Risk // *Business Review*, July/August 1996.
5. Jorion P. *Financial Risk Manager Handbook*. John Wiley & Sons, Inc., 2001.
6. Jorion P. *Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk*, McGraw-Hill, New York, 2000.
7. JP Morgan / Reuters. *RiskMetrics Technical Document*. 4th ed. 1996.
8. Simons K. Value at Risk - New Approaches to Risk Management, *New England Economic Review*, September / October, 37, 1996.

INTERNAL MODELS FOR RISK MANAGEMENT OF A FINANCIAL INSTITUTION'S TRADING PORTFOLIO

Summary

Increasing volatility of financial markets forces both market participants and regulators towards development of internal models for risk measurement, management and control.

Most of the models rest on concept of Value at Risk. Value at Risk is a measure of the maximum potential change in value of a portfolio of financial instruments with a given probability over a pre-set horizon.

VaR value could be computed in a number of different methods. Computation of VaR is hard and challenging task. There are three main approaches for calculations: Delta-Normal, Historical Simulation and Monte Carlo Simulation. Advantages and disadvantages of the tree are described in the article.