

О. Трофимчук¹, О. Кожухівська², П. Бідюк³, А. Кожухівський²¹Інститут телекомунікацій

та інформаційних технологій НАН України,

²Черкаський державний технологічний університет,

кафедра інформатики та інформаційної безпеки,

³Інститут прикладного системного аналізу НТУУ “КПІ”

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ VaR ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВОГО РИЗИКУ В УКРАЇНІ

© Трофимчук О., Кожухівська О., Бідюк П., Кожухівський А., 2013

Виникнення ринкового ризику, пов'язаного з виконанням валютних операцій, може призводити до значних фінансових втрат, а тому такі ситуації вимагають поглибленого аналізу і менеджменту валютних ризиків. Валютний ризик зумовлений некоректно виконаними валютними фінансовими операціями. Розглянуто можливість застосування методів оцінювання міри ризику VaR для банківського валютного портфеля: дельта-нормальний, а також методів історичного та імітаційного моделювання. У результаті виконання обчислювальних експериментів з використанням фактичних українських даних встановлено, що модель на основі дельта-нормального методу виявилась неадекватною внаслідок невиконання припущення стосовно нормальності розподілу доходності курсів валют. Метод на основі історичного моделювання надає можливість отримати задовільний результат лише за умов стабільної ситуації на ринку. Він має незадовільні властивості адаптації до коливань ринкових факторів, а тому його не можна використовувати для аналізу нестійких фінансових ринків. Прийнятні за якістю результату прогнозування втрат отримано за методом Монте-Карло, який гіпотетично може враховувати можливі зміни курсів валют на ринку. Встановлено, що похибки прогнозів можливих втрат виникають лише за наявності непередбачуваних різких змін курсу, але модель на основі цього методу швидко пристосовується до змін на ринку.

Ключові слова: ринковий ризик, методика VaR, аналіз валютного портфеля, український валютний ринок, обчислювальні експерименти.

The emergence of a market risk due to performing operations with currency can result in substantial financial losses. That is why such situations require carrying out of profound analysis and management of respective risks. The market risk of this kind is characterized with possible losses of financial resources due to incorrectly performed operations with currency. The paper considers the possibility of application of the VaR methodology to the bank currency portfolio: delta-normal, as well as the methods of historical modeling and Monte Carlo simulation. As a result of performing the computational experiments with the use of actual Ukrainian data it was established that the delta-normal technique turned out to be inadequate due to violation of assumption regarding normality of currencies exchange rates. The historical modeling technique provides acceptable results in conditions of stable market situations only. It showed unsatisfactory characteristics of adaptation to varying market factors and cannot be applied for analysis of unstable financial markets. Quite acceptable results of forecasting possible losses were received by making use of Monte Carlo simulation that hypothetically can take into account possible variations of the market exchange rates. It was established that the risk forecasting errors appear only due to non-predictable abrupt changes of exchange rates. However the model of this type is adapting quickly to the changes.

Key words: market risk, VaR methodology, currency portfolio analysis, Ukrainian currency market, computing experiments.

Вступ

Оскільки функціонування фінансових інститутів тісно пов'язане із виконанням значних обсягів операцій з валютними ресурсами, то виникає задача поглибленого аналізу і менеджменту

можливих ринкових ризиків. Ризик, пов'язаний із валютними операціями, полягає у можливості фінансових втрат внаслідок некоректно виконаних операцій. З позицій менеджменту ризиків активність банківських установ спрямована, переважно, на прийняття ризику з подальшим отриманням економічної компенсації. Деякі типи ризиків відображають ціну реалізації банківського бізнесу, а тому їх не можна позбутись повністю. Фінансова організація повинна забезпечити надійний обґрунтований взаємозв'язок між узагальненими параметрами можливих ризиків і капіталом, наявними фінансовими ресурсами і доходами [1, 2].

Сьогодні існують різні підходи до кількісного оцінювання можливих втрат, розроблено множини методів обчислення валютних ризиків, які широко використовуються у фінансових організаціях. Вибір того чи іншого методу ґрунтується на наявній інформації, кваліфікації персоналу, який займається розв'язанням задач менеджменту ризиків, а також наявністю комп'ютерного програмного інструментарію. Незважаючи на те, що ринок такого інструментарію доволі широкий, його висока вартість, а також проблеми з практичним використанням часто спричиняють необхідність його розроблення самими фінансовими організаціями. Це надає можливість швидко розширювати комп'ютерні аналітичні системи новими необхідними функціями, а також постійно підвищувати кваліфікацію персоналу.

Робота присвячена застосуванню методології *VaR* для обчислення можливих фінансових втрат під час аналізу валютного ринку України з використанням розробленого програмного забезпечення.

Постановка завдання

Мета роботи: виконати аналіз впливу коливань валютних курсів на доходність валютних операцій; представити алгоритми розрахунку значень *VaR* за дельта-нормальним методом, а також методами історичного та імітаційного моделювання; представити приклади застосування методів обчислення *VaR* на основі фактичних даних; виконати порівняльний аналіз застосування вказаних методів оцінювання *VaR* і дати рекомендації стосовно можливостей їх застосування на українському фінансовому ринку.

Вплив коливань валютних курсів на доходність

Модель валютного метчингу. Незважаючи на те, що реалізація всіх фінансових ризиків тією чи іншою мірою позначається на результатах діяльності банку, але функціональний зв'язок між ризиками існує не для усіх їх видів. Залежність між величиною прибутків (збитків), одержаних у результаті утримання банком відкритої валютної позиції, та ринковими змінами валютних курсів, описується моделлю валютного метчингу [3]:

$$\Delta P_v = VP(s_p - s), \quad (1)$$

де ΔP_v – прибуток (збиток), отриманий від переоцінювання валютних коштів у зв'язку із зміною валютного курсу; VP – валютна позиція банку; s_p, s – прогнозований і поточний курси валют відповідно.

Валютна позиція (ВП) – це індикатор валютного ризику банку, який визначається співвідношенням між сумою активів у певній іноземній валюті (A_v) та сумою зобов'язань (пасивів) у тій самій валюті (L_v):

$$VP = A_v - L_v. \quad (2)$$

ВП банку може бути *відкритою* або *закритою* і розраховуватись окремо за кожною іноземною валютою, що входить до мультивалютного портфеля банку. ВП вважається відкритою, якщо сума активів в іноземній валюті не збігається із сумою пасивів у тій самій валюті. Якщо сума активів в іноземній валюті урівноважена сумою пасивів у тій самій іноземній валюті ($A_v = L_v$), то така позиція називається *закритою* або позицією зведення чи відповідності. У такому випадку валютного ризику майже немає, адже зміна курсу однієї валюти стосовно іншої однаково позначиться на вартості активів і на вартості пасивів, а це не призведе ні до втрат, ні до появи доходів внаслідок зміни валютного курсу.

Оцінювання валютного ризику VaR за дельта-нормальним методом

Для того, щоб продемонструвати недоліки і переваги дельта-нормального методу, розглянемо як можна оцінити можливі майбутні зміни вартості портфеля валютних коштів.

Алгоритм розрахунку VaR . Вартість портфеля валютних коштів P_t у базовій валюті (валюті розрахунку), обчислюється за виразом:

$$P_t = \sum_{i=1}^N P_t^i = \sum_{i=1}^N k_t^i \cdot v_t^i, \quad (3)$$

де P_t – часовий ряд вартостей усього портфеля валютних коштів у базовій валюті на момент часу t ($t = \overline{0, T}$, де $T + 1$ – кількість значень часового ряду P_t); $P_t^i = k_t^i \cdot v_t^i$ – вартість компоненту портфеля в i -й валюті у базовій валюті; k_t^i – обмінний курс i -ї валюти портфеля до базової валюти на дату t ($i = \overline{1, N}$, де N – кількість валют у портфелі); v_t^i – обсяги i -ї валюти у портфелі на дату t (розмір відкритої валютної позиції в одиницях валют). Розглянемо послідовність розрахунку ризикової вартості VaR , яка відображає можливі обсяги майбутньої зміни вартості портфеля валютних коштів P_t .

Етап 1. Розрахунок щоденної зміни валютних курсів. Значення щоденної зміни курсів валют портфеля розраховується за формулою геометричної доходності:

$$x_t^i = \ln\left(\frac{k_t^i}{k_{t-1}^i}\right), \quad (4)$$

де k_t^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату t , $t = \overline{1, T}$; k_{t-1}^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату $t-1$. Логарифм темпу зміни валютного курсу характеризує інтенсивність зміни валютного курсу і є випадковою величиною, розподіл якої близький до нормального з середнім значенням, близьким до нульового.

Етап 2. Розрахунок волатильності валют. Для розрахунку волатильностей кожної валюти окремо, без урахування її зв'язку з іншими валютами портфеля, необхідно обчислити для кожної валюти вибіркове середнє значення та стандартне квадратичне відхилення часового ряду її доходностей $\{x_t^i\}$ за формулами:

$$\overline{X^i} = \frac{\sum_{t=1}^T x_t^i}{T}, \quad (5)$$

де $\overline{X^i}$ – очікуване (середнє) значення часового ряду змін $\{x_t^i\}$,

$$S^i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T (x_t^i - \overline{X^i})^2}{T-1}}, \quad (6)$$

де S^i – середньоквадратичне відхилення часового ряду змін $\{x_t^i\}$.

Етап 3. Оцінювання можливих втрат за відкритою валютною позицією в i -й валюті VaR_i . Величина ризикової вартості VaR^i окремої відкритої позиції в i -й валюті обчислюється за формулою:

$$VaR^i = k_{1-a} P_t^i S^i. \quad (7)$$

Оскільки волатильність i -ї валюти за виразом (6) визначена на односторонньому інтервалі, то й ризикова вартість VaR^i інтерпретується як максимально очікуваний обсяг зниження загальної вартості окремо взятого компонента валютного портфеля в i -й валюті протягом одного дня з імовірністю (зазвичай 95% або 99%) залежно від значення квантилю k_{1-a} у формулі (7).

Етап 4. Розрахунок кореляційної матриці валют портфеля. Для врахування взаємної корельованості обмінних курсів валют портфеля при обчисленні оцінки VaR необхідно знайти

кореляційну матрицю валют портфеля, для чого спочатку потрібно розрахувати коваріації C_{ij} можливих комбінацій рядів випадкових величин $\{x_t^i\}$ і $\{x_t^j\}$ за виразом:

$$C_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_t^i - \overline{X^i}) \cdot (x_t^j - \overline{X^j}), \quad (8)$$

а також коефіцієнти кореляції K_{ij} випадкових величин $\{x_t^i\}$ і $\{x_t^j\}$:

$$K_{ij} = \frac{C_{ij}}{S_i S_j}. \quad (9)$$

Квадратна матриця розмірністю $n \times n$, в якій на перетині i -го рядка та j -го стовпця розташований елемент K_{ij} , є кореляційною матрицею обмінних курсів валют портфеля. Ця матриця симетрична: $K_{ij} = K_{ji}$, для всіх $i, j = \overline{1, N}$, а елементи головної діагоналі одиничні.

Етап 5. Розрахунок сукупної оцінки можливих втрат VaR загальної вартості валютного портфеля. Сукупна оцінка можливих втрат загальної вартості валютного портфеля VaR розраховується на основі ризикових вартостей VaR^i окремих валют портфеля і кореляційної матриці обмінних курсів валют:

$$VaR = \sqrt{\overline{VaR} \cdot \mathbf{K} \cdot \overline{VaR}^T}, \quad (10)$$

де $\overline{VaR} = \left\| VaR^1 \quad VaR^2 \quad \dots \quad VaR^N \right\|$ – вектор-рядок окремих оцінок VaR^i складових портфеля в i -й валюті; \mathbf{K} – кореляційна матриця обмінних курсів валют портфеля до базової валюти. Ця методика припускає щоденне оновлення даних і розрахунок логарифмів темпів росту курсів, коваріаційної і кореляційної матриць, волатильностей, всіх оцінок VaR^i .

Оцінювання валютного банківського ризику VaR за методом історичного моделювання

Метод історичного моделювання – це непараметричний метод для оцінювання VaR . Послідовність застосування цього методу для оцінювання банківських валютних ризиків така. Спочатку необхідно вибрати період часу глибиною T (наприклад, 250 робочих днів). За ці дні формується вибірка із щоденних змін курсів валют для всіх N складових валютного портфеля:

$$\Delta k_t^i = k_t^i - k_{t-1}^i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (11)$$

де k_t^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової валюти на дату t , $t = \overline{1, T}$; k_{t-1}^i – значення обмінного курсу i -ї валюти до базової на дату $t-1$. Для кожного із T сценаріїв змін курсу моделюється гіпотетичний курс k^* кожної валюти у майбутньому, як її поточний курс k_0 плюс приріст курсу, який відповідає вибраному сценарію:

$$k_t^{i*} = k_{i,0} + \Delta k_t^i. \quad (12)$$

Потім виконується повна переоцінка поточного портфеля валют за курсами, змодельованими на основі історичних сценаріїв, і для кожного сценарію обчислюється, на скільки б змінилася вартість сьогоднішнього (поточного) портфеля валют (окремо за довгою і за короткою валютною позицією банку):

$$\Delta V_t = V_t^* - V_0, \quad t = \overline{1, T} \quad (13)$$

де $V_0 = \sum_{i=1}^N k_{i,0} \cdot v_{i,0}$ – поточна вартість валютного портфеля; $v_{i,0}$ – поточний обсяг i -ї валюти у портфелі (вартість відкритої валютної позиції в одиницях валют); $V_t^* = \sum k_t^{i*} \cdot v_{i,0}$ – вартість валютного портфеля у базовій валюті згідно з t -м історичним сценарієм.

Отримані T змін портфеля ранжируються за спаданням для довгої валютної позиції і навпаки для короткої. Ранжировані значення нумеруються від 1 до T . У відповідності до бажаного рівня довіри величина VaR визначається, як такий максимальний збиток, що не перевищується в $(1-\alpha)T$ випадках, тобто дорівнює абсолютній величині зміни з номером, що дорівнює цілій частині числа

8. Обчислити можливі збитки за i -ю валютною позицією:

$$VaR^i = \overline{P_T^i} - P_T^{ia}. \quad (18)$$

Обчислення VaR для портфеля валют за методом Монте-Карло

Оскільки валютні курси досить сильно корелюють один з одним, моделювання майбутніх валютних курсів для кожної валюти портфеля має відбуватися із урахуванням цієї кореляції. Для розв'язання цієї задачі використовується розклад Холецкого. Розклад Холецкого застосовують до симетричної кореляційної матриці валют $\|K\|$, яку можна представити у вигляді добутку трикутної матриці нижчого порядку з нулями у верхньому правому куті на таку ж транспоновану матрицю так (розглянемо випадок портфеля з двох валют):

$$\|K\| = \begin{vmatrix} 1 & K_{12} \\ K_{12} & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{12} & a_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{vmatrix} = T \cdot T^T \Rightarrow \text{знаходимо елемент матриці } T.$$

Тепер для отримання послідовності випадкових чисел e_1 для моделювання курсу 1-ї валюти, і e_2 – для моделювання курсу 2-ї валюти обчислюється вираз:

$$\begin{vmatrix} e_1 \\ e_2 \end{vmatrix} = \|T\| \cdot \begin{vmatrix} h_1 \\ h_2 \end{vmatrix}, \quad (19)$$

де h_1 і h_2 – послідовності стандартно розподілених нормальних випадкових чисел. VaR для портфеля валют обчислюється за формулою:

$$VaR = \sum_{i=1}^N |VaR_i|, \quad (20)$$

де VaR_i – прогнозна оцінка втрат за кожною валютною позицією, розрахована за методом Монте-Карло із урахуванням кореляції між валютами.

Особливості верифікації моделі для оцінювання VaR валютного портфеля за історичними даними

Оцінка VaR валютного портфеля банку враховує збитки, які отримає банк в результаті коливання ринкових курсів валют. Проте на розмір відкритої валютної позиції банку, і відповідно на розмір валютного ризику, впливають також такі операції: (1) – купівля, продаж наявної і безготівкової іноземної валюти, зокрема термінові операції, за якими виникають вимоги і зобов'язання в іноземних валютах, незалежно від способів і форм розрахунків за ними; (2) – нарахування, отримання, сплатення іноземної валюти у вигляді прибутків і витрат; (3) – надходження коштів в іноземній валюті до статутного капіталу; (4) – погашення банком безнадійної заборгованості в іноземній валюті; (5) – формування резервів в іноземній валюті; (6) – купівля-продаж основних коштів і товарно-матеріальних цінностей за іноземну валюту; (7) – інші обмінні операції з іноземною валютою [3–7]. Тобто операції фізичної зміни структури валютної позиції. Для того, щоб оцінити зміни структури валютної позиції банку, що не залежать від коливання обмінних курсів, використовують індекс Пааше.

Нехай загальна вартість валютного портфеля P_t у базовій валюті на момент часу t визначається формулою:

$$P_t = \sum_{i=1}^N k_t^i \cdot |v_t^i|, \quad (21)$$

де $P_t^i = k_t^i \cdot v_t^i$ – валютна позиція банку за i -ю валютою у базовій валюті. Індекс Пааше J_{vi} характеризує ступінь впливу структурних змін валютної позиції на загальний обсяг валютної позиції з урахуванням обмінних курсів на початок періоду, що аналізується, $[t-1, t]$ [3]:

$$J_{vi} = \frac{k_{t-1}^i \cdot v_t^i}{k_{t-1}^i \cdot v_{t-1}^i}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (22)$$

Процес верифікації моделі для оцінювання валютного ризику такий. На момент часу t можна розрахувати значення фактичної зміни вартості портфеля Δ_t і порівняти його із значенням VaR_t . Особливість порівняння полягає у необхідності виключити з урахування фактора зміни фізичних обсягів валют портфеля, оскільки показник VaR не враховує зміни обсягу кожної валюти у портфелі. З урахуванням цього перевірка адекватності VaR -моделі виконується у наведеній нижче послідовності.

Визначити Δ_t^i як збитки за i -ю валютною позицією за період часу $[t-1, t]$, як різницю між вартістю i -ї валютної позиції на момент часу t без урахування зміни фізичної структури, що відбулася на періоді $[t-1, t]$ і її вартістю на момент часу $t-1$ за формулою:

$$\Delta_t^i = \begin{cases} \left| \frac{P_t^i}{J_{vi}^t} - P_{t-1}^i \right|, & \text{якщо } \frac{P_t^i}{J_{vi}^t} - P_{t-1}^i < 0 \\ 0, & \text{якщо } \frac{P_t^i}{J_{vi}^t} - P_{t-1}^i > 0 \end{cases}, \quad (23)$$

де J_{vi}^t розраховується за виразом (22) на момент часу t . Тоді на кожному момент часу t періоду виконання бек-тестування ($t = \overline{1, T}$) розраховується збиток від коливання валютних курсів для валютного портфеля загалом:

$$\Delta V_t = \sum_{i=1}^N \Delta_t^i. \quad (24)$$

Порівняння щоденних значень VaR_t і відповідних їм фактичних змін вартості портфеля ΔV_t . Випадок, коли виконується умова

$$\Delta V_t > VaR_t, \quad (25)$$

тобто зміна вартості від'ємна (збиток) і при цьому за абсолютною величиною перевершує VaR , вважається випадком перевищення прогнозованих втрат. Далі підраховується кількість перевищень L .

Адекватність моделі перевіряється за виконання співвідношення:

$$\frac{L}{T} < a. \quad (26)$$

Аналіз результатів оцінювання втрат VaR . Для оцінювання VaR використано банківський валютний портфель, який складається з трьох позицій у валютах: долар США, євро і російський рубль. Для оцінювання VaR і виконання тестування моделей на історичних даних використано такі дані: (1) – щоденні значення ринкових курсів долара США, євро і російського рубля з 01.01.2006 – 30.06.2010; (2) – щоденні дані банківських курсів з трьох валют за період з 01.06.2006 – 30.06.2010; (3) – щоденні значення відкритих валютних позицій банку у трьох вищезазначених валютах за період з 01.01.2006 – 30.06.2010. Для обчислення значення VaR використано історичні дані курсів валют і значення валютної позиції банку у гривневому еквіваленті.

Аналіз результатів оцінювання VaR за дельта-нормальним методом

На вхід моделі подаються ринкові значення курсів валют, банківські значення курсів валют та банківських валютних позицій у валютах портфелю. Визначення стандартного відхилення, яке є мірою волатильності курсу валют при використанні дельта-нормального методу, виконується за припущення про нормальний розподіл доходностей курсу валют. На рис. 1 і 2 зображено результати прогнозування втрат банку від зміни вартості валютного портфеля у результаті коливання курсів для різних довірчих рівнів (95% і 99%). Глибина ретроспективи для оцінювання стандартного відхилення становить 250 днів.

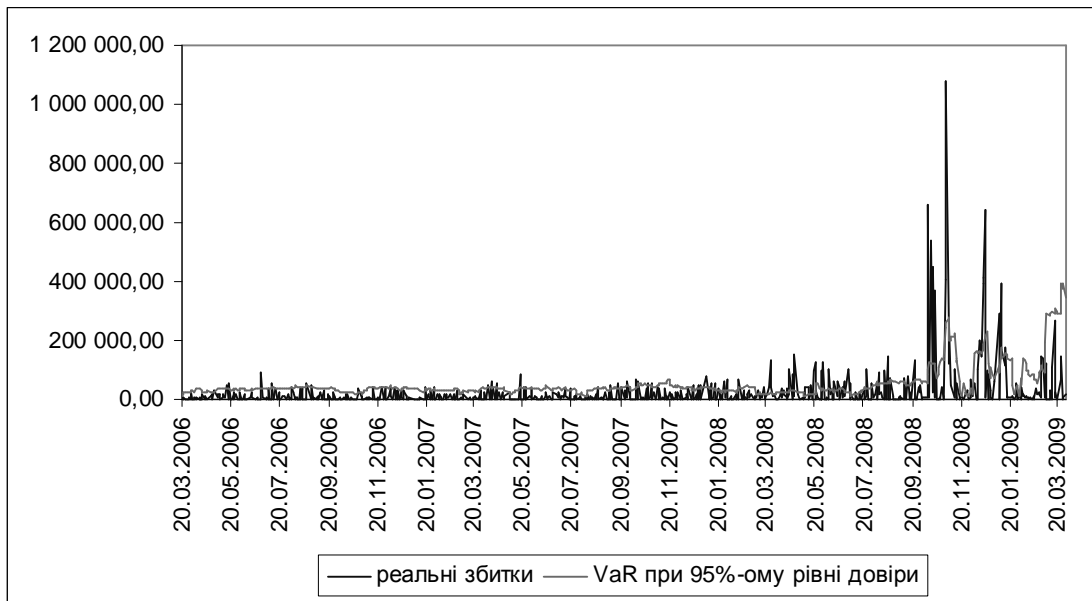


Рис. 1. Реальні і прогнозовані за дельта-нормальним методом збитки банку від коливання курсів валют для рівня довіри 95%

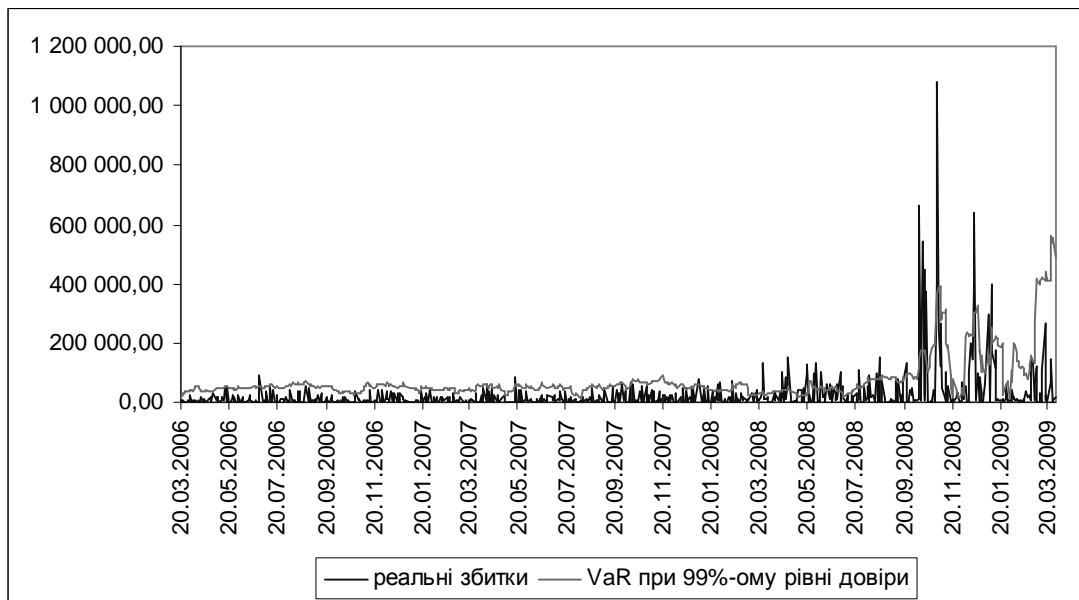


Рис. 2. Реальні і прогнозовані за дельта-нормальним методом збитки банку від коливання курсів валют для рівня довіри 99 %

Для перевірки адекватності моделі використано рекомендації Базельського комітету з банківського нагляду для різних рівнів довіри (95 %, 99 % та 97 %). Кожних три місяці підраховується кількість помилок прогнозу на попередньому періоді у 250 днів, починаючи з 20.03.2006 р. Глибина ретроспективи для оцінювання *VAR* – також 250 днів. Результати верифікації зведені у табл. 1.

З табл. 1 видно, що модель для оцінювання *VaR* валютного портфеля за дельта-нормальним методом неадекватна. Для виявлення причин неадекватності моделі перевіряються ретроспективи, що використовувалися для знаходження оцінок *VaR*, на нормальний розподіл за критерієм Пірсона. Доходності для курсу долара США не мають нормального розподілу. Доходності для євро розподілені близько до нормального розподілу, а на деяких періодах мають нормальний розподіл.

Таблиця 1

**Результати проведення ретроспективного тестування розрахунку VaR
за дельта-нормальним методом**

Період	Результати бек-тестування					
	95 %		97 %		99 %	
	Кільк. перевищень	% правильних прогнозів	Кільк. перевищень	% правильних прогнозів	Кільк. перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06 по 21.03.07	13	94,80%	8	96,80%	3	98,80%
з 20.06.06 по 21.06.07	16	93,60%	7	97,20%	4	98,40%
з 22.09.06 по 21.09.07	16	93,60%	8	96,80%	6	97,60%
з 21.12.06 по 21.12.07	21	91,60%	9	96,40%	6	97,60%
з 23.03.07 по 21.03.08	30	88,00%	20	92,00%	15	94,00%
з 24.09.07 по 22.09.08	57	77,20%	51	79,60%	40	84,00%
з 24.12.07 по 22.12.08	65	74,00%	62	75,20%	49	80,40%
з 20.03.08 по 30.03.09	62	75,20%	58	76,80%	42	83,20%

У табл. 2 наведено результати ретроспективного тестування моделі при розрахунку VaR за кожною валютою. Якщо значення C_{cn}^2 за євро менше ніж за долларом США, то розподіл доходностей курсу євро ближчий до нормального (нормальний на деяких періодах), ніж розподіл долара США – то метод дає меншу кількість помилок прогнозу за євро, ніж за долларом США. Тобто кількість похибок зростає, коли значення C_{cn}^2 збільшується і віддаляється від $C_{кр}^2$. Модель оцінювання VaR за дельта-нормальним методом для євро за нормального розподілу ретроспективи доходностей курсу є адекватною. У табл. 3 наведені результати проведення ретроспективного тестування розрахунку VaR за методом історичного моделювання.

Таблиця 2

**Результати ретроспективного тестування дельта-нормального методу оцінки VaR при
95 %-му рівні довіри у випадку оцінки VaR за кожною валютною позицією портфеля окремо**

Період		Результати бек-тестування			
		Долар США		Євро	
		Кільк. перевищень	% правильних прогнозів	Кільк. перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06	по 21.03.07	18	92,80%	9	96,40%
з 20.06.06	по 21.06.07	14	94,40%	6	97,60%
з 22.09.06	по 21.09.07	17	93,20%	7	97,20%
з 21.12.06	по 21.12.07	15	94,00%	5	98,00%
з 23.03.07	по 21.03.08	37	85,20%	9	96,40%
з 22.06.07	по 23.06.08	53	78,80%	14	94,40%
з 24.09.07	по 22.09.08	61	75,60%	16	93,60%
з 24.12.07	по 22.12.08	63	74,80%	45	82,00%
з 20.03.08	по 30.03.09	58	76,80%	47	81,20%

**Результати проведення ретроспективного тестування розрахунку VaR
за методом історичного моделювання**

Період	Результати бек-тестування					
	95 %		97 %		99 %	
	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06 по 21.03.07	4	98,40%	2	99,20%	1	99,60%
з 20.06.06 по 21.06.07	5	98,00%	3	98,80%	1	99,60%
з 22.09.06 по 21.09.07	3	98,80%	2	99,20%	0	100,00%
з 21.12.06 по 21.12.07	5	98,00%	1	99,60%	0	100,00%
з 23.03.07 по 21.03.08	16	93,60%	3	98,80%	0	100,00%
з 22.06.07 по 23.06.08	35	86,00%	12	95,20%	2	99,20%
з 24.09.07 по 22.09.08	50	80,00%	17	93,20%	3	98,80%
з 24.12.07 по 22.12.08	74	70,40%	37	85,20%	9	96,40%
з 20.03.08 по 30.03.09	77	69,20%	46	81,60%	11	95,60%

З табл. 3 видно, що збитки починають перевищувати оцінку *VaR* при 95% рівні довіри на періоді з березня 2008 року, коли почали спостерігатися непередбачувані зміни курсу долара США і Євро. При 99% рівні довіри (якого вимагає Базельський комітет) кількість помилок прогнозу починає зростати з кінця вересня 2008 р. У період примусового зниження курсу долара США у другому-третьому кварталі 2008 р. та на періоді 4-й квартал 2008 р. – 1-й квартал 2009 р. модель для оцінювання ризику *VaR* за методом історичного моделювання перестає бути адекватною.

У разі зменшення глибини ретроспективи точність моделі зменшується; чим більша глибина прогнозу, тим вища точність прогнозу. Але при малій ретроспективі модель скоріше адаптується до змін ринку і у період нестабільності модель дає менше помилок, ніж з великою ретроспективою. Наприклад, за період коливань на ринку на початку 2008 р. при малих ретроспективах модель все ще залишається адекватною, а при великих – кількість помилок за цей період перевищує допустимий рівень.

Порівняння методів оцінювання *VaR*. Для застосування методології *VaR* на фінансовому ринку України використано розглянуті вище методи оцінювання. Для порівняння методів використано результати застосування методів при 95 % рівні довіри і глибині ретроспективи у 250 днів (табл. 4).

На рис. 3 наведено результати прогнозування збитків банку для усіх трьох методів за стабільної ситуації на фінансовому ринку у період з березня 2006 р. по січень 2008 р. На рис. 4 наведено результати застосування методів у період різких коливань курсів валют і кризових явищ на періоді з початку 2008 р. по березень 2009 р. У табл. 4 наведено результати зворотного тестування для кожної із моделей і підраховано кількість помилок за результатами роботи моделей на кількох періодах тривалістю 250 днів кожний.

Порівняльний аналіз бек-тестування моделі оцінки ризику VaR за різними методами

Період		Результати бек-тестування при 95% рівні довіри					
		Дельта-нормальний метод		Метод історичного моделювання		Метод Монте-Карло	
		Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів	Кіл-ть перевищень	% правильних прогнозів
з 21.03.06	по 21.03.07	13	94,80%	4	98,40%	0	100,00%
з 20.06.06	по 21.06.07	16	93,60%	5	98,00%	0	100,00%
з 22.09.06	по 21.09.07	16	93,60%	3	98,80%	0	100,00%
з 21.12.06	по 21.12.07	21	91,60%	5	98,00%	0	100,00%
з 23.03.07	по 21.03.08	30	88,00%	16	93,60%	0	100,00%
з 22.06.07	по 23.06.08	47	81,20%	35	86,00%	3	98,80%
з 24.09.07	по 22.09.08	57	77,20%	50	80,00%	4	98,40%
з 24.12.07	по 22.12.08	65	74,00%	74	70,40%	7	97,20%
з 20.03.08	по 30.03.09	62	75,20%	77	69,20%	7	97,20%

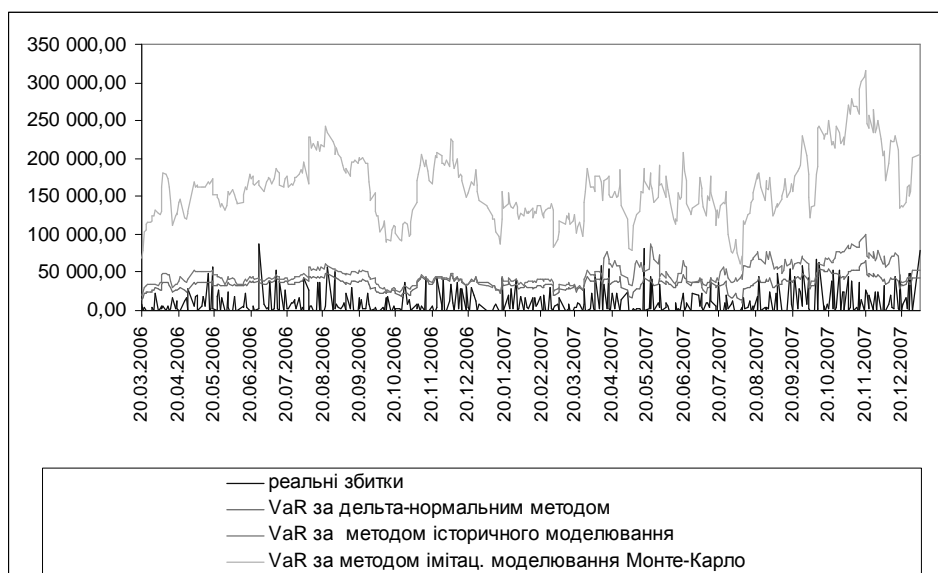


Рис. 3. Результати роботи різних методів для оцінки VaR для стабільної ситуації на ринку

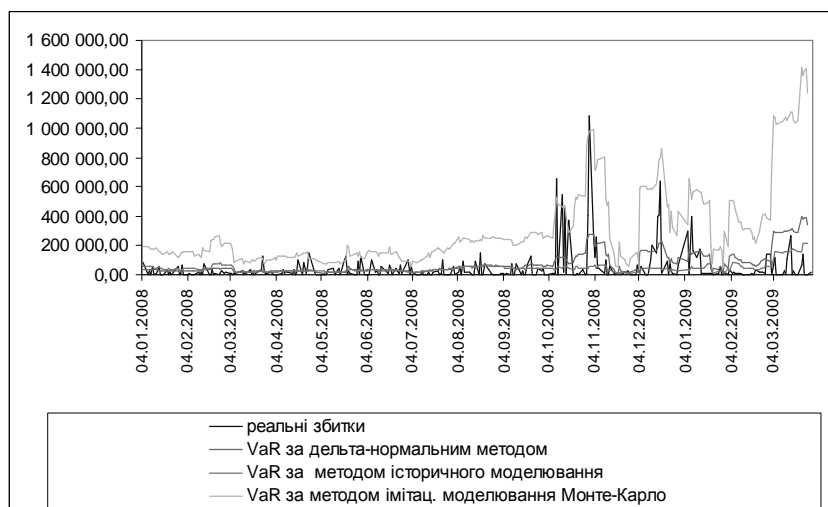


Рис. 4. Результати застосування трьох методів оцінювання VaR при значних коливаннях ринку

Як показують графіки, у період стабільної ситуації на ринку валют, метод імітаційного моделювання Монте-Карло і метод історичного моделювання показують найкращі результати, прогнозні значення збитків покривають реальні здебільшого. Моделі є адекватними, проте точнішою є модель оцінювання *VaR* за методом історичного моделювання. Дельта-нормальний метод неадекватний для оцінювання ризику на українському ринку, як показують результати прогнозування. Це підтверджують результати виконання бек-тестування. Результати аналізу недоліків і переваг використаних методів для оцінювання *VaR* зведено у табл. 5.

Таблиця 5

Порівняльний аналіз роботи різних методів для оцінки ризику *VaR*

Критерії \ Метод	Дельта - нормальний	Історичного моделювання	Метод імітаційного моделювання Монте-Карло
Оцінювання	Локальне	Повне	Повне
Врахування історичного розподілу	Як оцінка нормального розподілу	Аналогічно тому, яке було у минулому	Повністю
Врахування “допустимої” волатильності	Можливе	Ні	Так
Припущення про нормальний розподіл доходностей	Так	Ні	Ні
Оцінка екстремальних подій	Погана	Погана	Можлива
Моделльний ризик	Може бути значним	Допустимий	Високий
Об’єм ретроспектив	Середній	Дуже великий	Малий
Обчислювальна складність	Невисока	Висока	Дуже висока
Наглядність	Середня	Висока	Низька
Обчислювальні потужностей	Низькі	Середні	Високі

Висновки

Міра *VaR* має недоліки і переваги, проте вона дає можливість оцінювати ризик уніфіковано для кожної країни і кожного банку. Застосування цієї методології для країн, що розвиваються, є проблематичним через недостатню розвиненість фінансових ринків, значну “тінізацію” економіки і прибутків, вплив на показники ринку з боку учасників ринку і держави. Для порівняння результатів застосування методології на українському валютному ринку представлено три методи оцінювання *VaR* банківського валютного портфеля: дельта-нормальний, метод історичного моделювання та метод імітаційного моделювання Монте-Карло.

Модель оцінювання ризиків на основі дельта-нормального методу виявилась неадекватною через невиконання припущення про нормальний розподіл доходностей курсів валют. Зазначимо, що розподіл доходності курсу євро на деяких періодах близький до нормального, а тому модель оцінювання *VaR* валютної позиції за євро на цих періодах виявилась адекватною.

Метод історичного моделювання показав задовільний результат лише за умов стабільної ситуації на ринку. Він погано адаптується до різких коливань на ринку і тому в нинішніх умовах не може використовуватися на фінансовому ринку України.

Найкращі результати оцінювання можливих збитків отримано за методом імітаційного моделювання Монте-Карло, який гіпотетично враховує всі можливі зміни курсів валют на ринку. Помилки у прогнозах можливих втрат виникають лише за наявності непередбачуваних різких змін курсу, але модель на основі цього методу швидко пристосовується до змін на ринку. Для застосування цього методу в режимі он-лайн необхідно мати великі обчислювальні потужності, що для банків з незначним ринковим ризиком є марними витратами. Для цих банків рекомендується використовувати стандартний підхід на основі фіксованих коефіцієнтів для оцінювання фінансових ризиків. Для банків з великими ринковими ризиками найкращим є метод Монте-Карло. Для оцінювання малоймовірних різких коливань курсів (цін, котирувань) рекомендується використовувати стрес-тестування, яке дає уявлення про розмір втрат за кризових явищ на ринку.

1. Лобанов А.А., Чугунов А.В. *Энциклопедия финансового риск-менеджмента*. – М.: Альпина Паблишер, 2003. – 786 с. 2. Jorion Ph. *Financial risk-management: Second edition*. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. – 708 p. 3. *Управління банківськими ризиками: Навч. посібник / Примостка Л.О., Чуб П.М., Карчева Т.Г. та ін; За ред. Примостки О.Л.* – К.: КНЕУ, 2007. – 600 с. 4. *Методичні вказівки з інспектування банків “Система оцінки ризиків” / Затв. постановою правління Національного банку України від 15.03.2004 № 104.* – 2004 – 43 с. 5. *Базельский комитет по банковскому надзору. Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: новые подходы.* – Базель, 2004. – <http://www.cbr.ru> 6. Яблоков А.И. *Методика оцінювання та управління валютним ризиком VaR // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем*, 2007, № 13, С. 121–128. 7. Милосердов А.А., Герасимова Е.Б. *Рыночные риски: формализация, моделирование, оценка качества моделей.* – Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2004. – 116 с.

УДК/519.766.4

П. Жежнич, М. Гірняк, О. Пастух¹

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж;

¹Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СТАТТІ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕНЦИКЛОПЕДІЇ

© Жежнич П., Гірняк М., Пастух О., 2013

Запропоновано формалізований опис структури статті енциклопедії та подається базова модель статті. Здійснено її аналіз та запропоновано оптимальний підхід та вимоги.

Ключові слова: електронна енциклопедія, інформаційне наповнення, інформаційна модель, енциклопедична стаття.

The article presents a formal description of the encyclopedic entry structure and provides a basic model of the encyclopedic article (entry). It is carried out its analysis and proposed the optimal approach and requirements.

Key words: electronic encyclopedia, encyclopedic content, information model, encyclopedic entry.

Постановка проблеми

Сьогодні Інтернет – найбільше джерело інформації, яким користується більшість людей. Незважаючи на те, що до наших послуг пропонується велика кількість інформаційних ресурсів у